

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**



**STUDIE ODTOKOVÝCH
POMĚRŮ V KATASTRÁLNÍM
ÚZEMÍ LIBŠTÁT PRO POTŘEBY
POZEMKOVÝCH ÚPRAV**

2020

**JAN-FRANTIŠEK
KUBÁT**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kubát Jméno: Jan-František Osobní číslo: 458762
Zadávací katedra: K143
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Inženýrství životního prostředí

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie odtokových poměrů v k.ú. Libštát pro potřeby pozemkových úprav

Název bakalářské práce anglicky: Study of runoff and erosion control measure in Libštát for water management

Pokyny pro vypracování:

Pomocí metody USLE rozčleňte vymezené katastrálním území podle erozní ohroženosti. Na ohrožených lokalitách pomocí hydrologického modelu SMODERP posuďte možná technická opatření k ochraně území a vnitřního obvodu obce Libštát před povodňovými průtoky.

Identifikované kritické body a úseky zkonzultujte s místními obyvateli v rámci terénního průzkumu.

Ve variantním řešení na úrovni studie se zaměřte na srážky s různou dobou opakování a tvaru srážky a na možnosti akumulace vody a na její bezpečné odvádění do vodoteče.

Seznam doporučené literatury:

Manuál k modelu SMODERP

Open chanel hydraulics (Akan, 2006)

Ochrna zemědělské půdy před erozí (Janeček 2012)

Metodický návod k provádění pozemkových úprav a Technický standard plánu společných zařízení (SPÚ, 2019)

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Petr Kavka, Ph.D.

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci „*Studie odtokových poměrů v k. ú. Libštát pro potřeby pozemkových úprav*“ vypracoval samostatně za pomoci odborných konzultací a uvedené literatury.

V Praze dne

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svým rodičům za podporu a vytvoření podmínek, díky kterým jsem se mohl věnovat studiu i v této mimořádné době. Děkuji také vedoucímu mé závěrečné práce, panu Petru Kavkovi, který mi velmi pomohl i na dálku bez osobního kontaktu, za poskytnutí rad, programů a počítačového vybavení.

Práci jsem psal v době, kdy byl v České republice vyhlášen nouzový stav z důvodu celosvětové pandemie zapříčiněné novým virem SARS-Cov-2.

Toto poděkování píšou ve chvíli, kdy je v České republice oficiálně méně než 1000 nakažených. Doufám, že situace nebude gradovat natolik, aby bylo nutné přistoupit k ještě tvrdším opatřením jako v okolních státech. A přeji si, abychom se všichni co nejdříve mohli vrátit k normálnímu průběhu našich životů.

ABSTRAKT

Obsahem této bakalářské práce je studie odtokových poměrů a určení erozní ohroženosti v katastrálním území Libštát. Pro tento účel byly využity geografické informační systémy pro distribuované výpočty charakteristik vodní eroze a odtoků v částech povodí.

Eroze byla vypočtena pomocí empirické univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) v prostředí ArcMap 10 a vyšší.

Pro výpočet odtokových poměrů byl využit simulační model povrchového odtoku a erozního procesu (SMODERP2D) spustitelný v prostředí ArcMap 10 a vyšší.

KLÍČOVÁ SLOVA

odtok, eroze, hydrologické modelování, SMODERP, USLE, pozemkové úpravy, suché nádrže, protipovodňová opatření

ABSTRACT

The content of this bachelor thesis is a study of runoff conditions and determination of erosion threat in the cadastral area of Libstat. For those purposes, geographic information systems were used for distributed calculations of characteristic water erosion and runoff in parts of the river watershed.

Erosion was calculated using the empirical universal soil loss equation (USLE) in ArcMap 10 or higher.

The surface runoff and erosion process simulation model tool (SMODERP2D) executable in the ArcMap 10 or higher environment was used to calculate the runoff ratios.

KEY WORDS

runoff, erosion, hydrological modeling, SMODERP, USLE, landscaping, dry reservoirs, flood protection measure

OBSAH

1	ÚVOD	10
1.1	CÍLE PRÁCE	11
2	TEORETICKÁ ČÁST	12
2.1	TVORBA KRAJINY	12
2.2	POZEMKOVÉ ÚPRAVY.....	12
2.2.1	OBVOD POZEMKOVÝCH ÚPRAV	13
2.2.2	KOMPLEXNÍ POZEMKOVÉ ÚPRAVY.....	13
2.2.3	PLÁN SPOLEČNÝCH ZAŘÍZENÍ.....	13
2.2.4	ÚZEMNÍ SYSTÉM EKOLOGICKÉ STABILITY.....	14
2.2.5	OPATŘENÍ K ZPŘÍSTUPNĚNÍ POZEMKŮ.....	14
2.2.6	VODOHOSPODÁŘSKÁ OPATŘENÍ	15
2.2.7	PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ.....	15
2.3	EROZE	16
2.3.1	PŘÍPUSTNÁ ZTRÁTA PŮDY VODNÍ EROZÍ	18
2.3.2	EROZNÍ OHROŽENOST POMOCÍ USLE.....	19
2.3.2.1	EROZNÍ ÚČINOST PŘÍVALOVÉHO DEŠTĚ R.....	20
2.3.2.2	ERODOVATELNOST PŮDY K	20
2.3.2.3	DÉLKA A SKLON SVAHU L, S.....	21
2.3.2.4	OCHRANNÝ VLIV VEGETACE C	21
2.3.2.5	ÚČINOST PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ P	22
2.4	HYDROLOGICKÉ MODELOVÁNÍ	23
2.4.1	HYDROLOGICKÉ MODELY.....	23
2.4.2	SMODERP	24
2.4.2.1	SMODERP2D	24

2.4.2.2	VÝSTUPY MODELU SMODERP2D	24
2.4.3	VSTUPNÍ DATA PRO MODELOVÁNÍ.....	25
2.4.3.1	DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU	25
2.4.3.2	VYUŽITÍ ÚZEMÍ.....	25
2.4.3.3	PŮDNÍ DATA	26
2.4.3.4	SRÁŽKY	26
3	PRAKTICKÁ ČÁST	27
3.1	POPIS ÚZEMÍ	27
3.1.1	OBVOD POZEMKOVÝCH ÚPRAV	28
3.1.2	TERÉNNÍ PRŮZKUM.....	29
3.1.3	PŘÍRODNÍ PODMÍNKY	30
3.1.4	KLIMATICKÉ PODMÍNKY.....	30
3.1.5	PEDOLOGIE	31
3.1.6	GEOLOGIE	32
3.1.7	MORFOLOGIE.....	32
3.1.8	HYDROLOGIE	32
3.2	URČENÍ EROZNÍ OHROŽENOSTI	34
3.2.2	VSTUPNÍ DATA PRO URČENÍ FAKTORŮ USLE.....	34
3.2.2.1	VYUŽITÍ ÚZEMÍ (LAND USE)	34
3.2.2.2	PŮDNÍ DATA	35
3.2.2.3	MODEL TERÉNU.....	36
3.2.2.4	VEGETAČNÍ POKRYV	36
3.2.3	FAKTORY USLE.....	37
3.2.4	VÝPOČET DLOUHODOBÉHO SMYVU.....	42
3.3	SRÁŽKODTOKOVÁ ANALÝZA.....	44
3.3.1	VSTUPNÍ DATA PRO SMODERP2D	45

3.3.1.1	SUBPOVODÍ	45
3.3.1.2	MODEL TERÉNU	45
3.3.1.3	VYUŽITÍ ÚZEMÍ.....	45
3.3.1.4	SRÁŽKY	46
3.3.1.5	PŮDNÍ DATA	49
3.3.2	HODNOCENÉ BODY	49
3.3.3	PROFILY VHODNÉ PRO AKUMULACI	50
3.3.4	TRANSFORMACE POVODŇOVÉ VLNY	54
3.3.5	TRANSFORMAČNÍ ÚČINEK SOUSTAV	57
3.3.6	SCHOPNOSTI SOUSTAV TRANSFORMOVAT	61
3.3.7	POUŽÍVÁNÍ MODELU SMODERP2D.....	65
4	ZÁVĚR.....	67

1 ÚVOD

V posledních letech se výrazně zvyšuje průměrná roční teplota oproti předpokladům více, než se očekávalo, tedy i počasí se stává extrémnějším. V návaznosti na tento vývoj klimatické situace se častěji vyskytují tzv. přivalové srážky, jež v malých povodích způsobují bleskové povodně, erozní události apod.

Bohužel pro malá povodí vodních toků neexistují průtokové řady, zde se stává hydrologické modelování takřka jediným efektivním způsobem, jak simulovat srážku a získat tak návrhové průtoky pro návrh opatření na plochách těchto malých povodí (subpovodí). Tím pádem neexistují ani informace o povodních, kterými mohlo být území postiženo.

Tyto povodně ohrožují obce nalézající se v ohrožených povodích. Srážky mohou zapříčinit také vodní erozi – odnos půdy z pozemků. Takto odnášená půda se může usazovat v nádržích, tocích a dalších místech. Na unášenou půdu, konkrétně na její drobné částice, se adsorbují těžké kovy, živné látky, mikropolutanty atd. Problémem při splachu z hnojených polí se, mimo jiné, stává fosfor, jenž se dostane do nádrže a dojde k eutrofizaci (přeživení látkami). Dále při vodní erozi ztrácíme svrchní vrstvu zemědělské půdy, která je neúrodnější, a máme snahu minimalizovat její ztrátu na únosnou mez.

V České republice je tato mez stanovena na $4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ a je limitována zákonem, k tomuto zákonu ale neexistuje vyhláška, která by určovala sankce za jeho nedodržování. Jde o tzv. protierozní vyhlášku, o níž se mluví několik posledních let. Bohužel stále nevešla v platnost. Z tohoto důvodu není stanovená hodnota přímo vymahatelná, protože neexistuje postih, který by toto nedodržování trestal.

Vyvstálé problémy se řeší v rámci komplexních pozemkových úprav (KoPÚ) ve spolupráci se státním pozemkovým úřadem (SPÚ). Do komplexních pozemkových úprav spadá i jiné než jen hydrologie a eroze, ale také tam patří scelování pozemků v jednotné celky, zpřístupňování pozemků a územní systém ekologické stability.

Mou motivací bylo být u nově vznikajícího návrhu, a proto jsem si ve své práci vybral k. ú. Libštát, kde KoPÚ vznikají nově od podzimu 2019.

1.1 CÍLE PRÁCE

- Stanovit erozní ohroženost území Libštát.
- Vypracovat studii rozmístění technických protipovodňových opatření ve varietním řešení pro srážky s různou dobou opakování pro zvolenou údolnici.

Erozní ohroženost území Libštát byla stanovena v kapitole 3.2.4 a je k nahlédnutí v příloze 1. Jako technická opatření byly navrženy suché nádrže ve varietním řešení, jejichž soustavy a transformační schopnosti jsou v kapitolách 3.3.5 a 3.3.6.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část se zabývá obecnějším popisem problematiky pozemkových úprav. Je zacílena na krajinu, erozi, odtoky a společná zařízení a dále je v ní více popsána vodní eroze a hydrologické modelování.

2.1 TVORBA KRAJINY

Působením člověka prošla krajina v České republice složitým vývojem, vysoce ovlivněným střídajícími se politickými a hospodářskými režimy. Při velkoplošném obdělávání půdy zanikaly polní cesty, přirozené liniové prvky a další přírodní a krajinotvorné prvky. V minulosti nebyly respektovány a udržovány vlastnické vztahy, čímž bylo zapříčiněno, že původní vlastnické vztahy zanesené v Katastru nemovitostí neodpovídají skutečnosti. (SPÚ 2010)

Pro zlepšení této situace existuje nástroj krajinného inženýrství, a to pozemkové úpravy.

2.2 POZEMKOVÉ ÚPRAVY

V rámci pozemkových úprav se řeší vlastnické vztahy a dochází k tvorbě nové katastrální mapy území, nad kterou jsou úpravy zpracovávány. Tyto úpravy se řeší na úrovni katastrů se zástupci, tzv. sborem zástupců. Díky těmto úpravám vznikají nové a ucelenější pozemky s lepšími geometrickými tvary.

„Současně se jimi zajišťují podmínky pro zlepšení kvality života ve venkovských oblastech včetně napomáhání diverzifikace hospodářské činnosti a zlepšování konkurenceschopnosti zemědělství, zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, lesní hospodářství a vodní hospodářství zejména v oblasti snižování nepříznivých účinků povodní a sucha, a řešení odtokových poměrů v krajině a zvýšení ekologické stability krajiny. Výsledky pozemkových úprav slouží pro obnovu katastrálního operátu a jako neopomenutelný podklad pro územní plánování. S pozemkovými úpravami je spojena řada dalších činností prováděných v průběhu zpracování návrhu pozemkových úprav i při následných realizacích prvků plánu společných zařízení nebo při zeměměřických činnostech. Zachování účelu a cíle pozemkových úprav je jednou ze základních podmínek pro rozhodnutí PÚ i ke způsobu zpracování návrhu pozemkových

úprav zpracovatelem. Je třeba zdůraznit, že pozemkové úpravy jsou prováděny ve veřejném zájmu. Také jsou, až na výjimky, financovány z veřejných zdrojů.“ (Homoláčová a Groušlová 2019)

Práce se zabývá erozí a hydrologickým modelováním, které jsou součástí pozemkových úprav.

2.2.1 OBVOD POZEMKOVÝCH ÚPRAV

Součástí PÚ je stanovit území, pro které se PÚ budou provádět, tzv. obvod pozemkových úprav (ObPÚ). Obvod se stanovuje dle katastru, kde jsou PÚ prováděny. Určuje se vnitřní a vnější obvod. Vnitřním obvodem jsou hranice obce a mohou zde být další samostatně stojící budovy mimo její hranice. Vnější obvodem se rozumí hranice katastru s možným rozšířením do okolních katastrů, je-li to z nějakého důvodu nutné, například návaznost ÚSES. (Homoláčová a Groušlová 2019)

2.2.2 KOMPLEXNÍ POZEMKOVÉ ÚPRAVY

V České republice dochází k pozemkovým úpravám nejčastěji skrze komplexní pozemkové úpravy (KoPÚ). Jak už název napovídá, řešení je komplexní čili se zabývá celou řadou problémů. V důsledku komplexnosti je na projektanty KoPÚ kladen nelehký úkol. Snaží se nejen vyjít vstříc obyvatelům, ale i přírodě. Většinou dochází k tomu, že projektant se snaží vysvětlit, proč jsou lepší i přírodě bližší opatření. Základním dokumentem je plán společných zařízení (PSZ).

„Právě v něm je možné navrhnout celou řadu prvků a opatření plnících veřejný zájem, která lze rozdělit na opatření ke zpřístupnění pozemků, protierozní, vodohospodářská a opatření k ochraně a tvorbě životního prostředí.“ (SPÚ 2019)

Mimo KoPÚ ještě existují jednoduché pozemkové úpravy (JPÚ) (Homoláčová a Groušlová 2019).

2.2.3 PLÁN SPOLEČNÝCH ZAŘÍZENÍ

PSZ je hlavní částí projekční práce k tvorbě a ochraně krajiny, zpřístupňování krajiny, zlepšování hydrologických poměrů a ochraně obce v katastrálním území, kde se PÚ řeší.

Jednotlivé části plánu PSZ jsou: vymezení územního systému ekologické stability (ÚSES), zpřístupnění pozemků pomocí polních a lesních cest a jejich případná rekonstrukce, protierozní opatření na ochranu zemědělského půdního fondu (ZPF) a vodohospodářská opatření (meliorace, odvodnění, závlahy). V dnešní době připadá valná část na zpřístupnění pozemku (Jarošek et al. 2019).

2.2.4 ÚZEMNÍ SYSTÉM EKOLOGICKÉ STABILITY

Ekologická stabilita je schopnost ekosystémů uchovat a reprodukovat své podstatné charakteristiky pomocí autoregulačních procesů. Je to schopnost ekosystémů vyrovnávat změny způsobené vnějšími i vnitřními činiteli a zachovávat své přirozené vlastnosti a funkce. (zákony č. 17/1992, 114/1992 Sb.)

Územní systém ekologické stability (ÚSES) je základním kamenem biologické krajinné infrastruktury a slouží jako migrační kanál. Cílem ÚSES je vytvořit vzájemně propojené strukturní prvky ekologicky hodnotnějších a stabilních ploch v krajině, které umožní život a vývoj genofondu. Hlavními návrhovými prvky ÚSES jsou biocentra, biokoridory a interakční prvky. ÚSES v krajině vytváří důležité a nepostradatelné ekologicky stabilní plochy, ale k jejímu dosažení je nutné i dalších věcí. Je to například trvale udržitelné hospodaření v krajinách, které jsou silně ovlivněny antropogenní činností. (Bínová et al. 2017)

2.2.5 OPATŘENÍ K ZPŘÍSTUPNĚNÍ POZEMKŮ

„Jedná se o opatření, jejichž hlavním účelem je zajistit přístupnost pozemků, umožnění racionálního hospodaření a zajištění propustnosti krajiny. Těmito opatřeními jsou polní nebo lesní cesty, mostky, propustky, brody, železniční přejezdy apod.“ (Homoláčová a Groušlová 2019)

Polní cesty se dělí dle významu na hlavní, vedlejší a doplňkové. Bohužel většina polních cest v praxi je navrhována s nepropustným povrchem, například asfaltové. Tento povrch zvyšuje teplotu, a tím výpar bere nezbytnou plochu pro možný vsak. Na nezpevněných polních cestách většinou roste zeleň, alespoň ve středním pásu. (Jarošek et al. 2019)

2.2.6 VODOHOSPODÁŘSKÁ OPATŘENÍ

Vodohospodářská opatření se navrhují z několika důvodů. Těmi důvody mohou být – potřeba zadržení a úprava vodního režimu v místě dopadu srážek, bezpečný odvod z území, ochrana před povodněmi a suchem, ochrana vodních zdrojů povrchových i podzemních, rekonstrukce už stojících vodních děl a staveb sloužících k závlaze. (Homoláčová a Groušlová 2019)

Jako vodohospodářská opatření mohou být navrženy různé technické stavby. Těmi základními jsou:

- malé vodní nádrže s různou funkcí, suché nádrže
- příkopy
- průlehy

V své práci se věnuji protipovodňovým opatřením, konkrétně návrhu suchých nádrží pro transformaci povodňové vlny, u kterých je potřeba pro návrh provést srážkoodtokovou analýzu území, jimž se věnuje kapitola 2.4.

2.2.7 PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ

Protierozní opatření se navrhují na ochranu ZPF, zejména ke snižování smyvu půdy do vodních nádrží a vodních toků, a tím ke snižování zanášení vodních toků splavenou půdou. Navrhují se opatření proti vodní erozi, proti větrné erozi a další různá opatření, kterými mohou být například stabilizace svahů (Homoláčová a Groušlová 2019). Ve své práci se věnuji určení erozní ohroženosti a erozi, která bude více popsána v kapitole 2.3.

2.3 EROZE

„Vodní eroze je definovaná jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic.“ (Novotný et al. 2014)

Je nutné rozlišovat přirozenou erozi, která je způsobena půdotvornými procesy a erozi zrychlenou, která je zapříčiněna lidskou činností. Je na místě znát několik typů zrychlené eroze, a to vodní erozi, větrnou, sněhovou a erozi způsobenou orbou. (Novotný et al. 2014)

VODNÍ EROZE

Více než 50 % výměry orné půdy je v ČR ohroženo vodní erozí. (Novotný et al. 2014)

Vodní eroze vzniká rozrušováním půdního povrchu kinetickou energií kapek srážky a vznikem povrchového odtoku. Takto vzniklý povrchový odtok zapříčiňuje smyv nejčastěji ze zemědělských pozemků.

„Při erozi dochází ke ztrátě svrchní nejúrodnější částí půdního profilu – ornice, zhoršení chemicko-fyzikálních vlastností půdy, dochází k zmenšení půdního profilu, zvyšuje štěrkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozují plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv a sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin.“ (Janeček 2012)

Unášené půdní částice a na nich adsorbované látky znečišťují vodní zdroje, zmenšují akumulační schopnost vodních nádrží, snižují průtočnost vodních toků, snižují viditelnost skrze vodní plochu, mění podmínky ve vodním prostředí, a tím zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na údržbu a těžbu usazenin v nádržích a tocích, při povodňových průtocích ohrožují a poškozují budovy, komunikace, koryta, nádrže. (Janeček 2012)

Na většině ploch, které jsou ohroženy vodní erozí neexistuje jednotná postupná ochrana, jež by nějakým způsobem omezovala ztrátu půdy na únosnou mez, která by bránila další ztrátě mocnosti půdního profilu. (Janeček 2012)

Vodní erozi ovlivňuje celá řada faktorů, jako je sklonitost a délka svahu, rozdělení erozně nebezpečných srážek, obsah humusu v půdě, který zvyšuje stabilitu půdní struktury, v jakém vegetačním období erozní událost přichází a také jaké plodiny se na daném pozemku nachází. (Novotný et al. 2014)

TYPY VODNÍ EROZE

„Aby bylo možno posoudit, zda vodní eroze na lokalitě probíhá, případně vyhodnotit její závažnost, je nutné vědět, jaké formy může nabývat. V zásadě je možné vodní erozi na zemědělské půdě dělit na erozi plošnou a erozi výmolnou, přechod mezi nimi je pozvolný a souvisí s přechodem plošného odtoku vody v odtok soustředěný.“ (Novotný et al. 2014)

K plošné erozi dochází rozrušováním a smyvem půdních částic po celé ploše, který způsobuje plošný odtok a postupně snižuje mocnost půdy. Plošná eroze je velmi selektivní, dochází k odnosu přednostně jemných částic, což se projevuje snížením obsahu živin a změnou zrnitostní křivky půdy. Dojde ke změně chemicko-fyzikálních vlastností půdy, a tím zhoršení schopnosti zadržovat vodu, snížení výnosu, úbytek humusu, který slouží k tvorbě půdní struktury, čímž dojde k snížení schopnosti půdy odolávat jak vodní, tak i větrné erozi. (Novotný et al. 2014)

Výmolná eroze je zapříčiněna postupným přechodem plošné eroze v soustředěný odtok, tím dochází k vytváření mělkých rýh, k tzv. rýžkové erozi. Dále rýžková eroze přechází v erozi rýhovou, výmolnou a stržovou dle své intenzity. Tyto typy eroze většinou vznikají na delších svazích v členitém terénu. (Novotný et al. 2014)

OVLIVNĚNÍ KVALITY VODNÍCH ZDROJŮ

Při erozní události dochází k tvorbě povrchového odtoku a odnosu drobných půdních částic. Při poklesu rychlosti vodního toku na přítoku do vodní nádrže dochází k usazování unášených částic ve vodní nádrži.

„Ty jsou pak zrnitostně selektovány od nejhrubších, které sedimentují jako první, po nejjemnější, které vydrží ve vznosu nejdéle. Zrnitostní separace není konstantní, ale je vázaná na velikost erozní epizody a průtoku, který materiál do nádrže přinesl. Při extrémních událostech tak jsou hrubší částice vneseny podstatně dále do zdrže, zatímco

při epizodách méně významných, kdy došlo jen k malému nárůstu průtoku, hrubší částice v zrnitostním spektru splavenin zcela chybí a u vtoku sedimentují částice jemnozrné. Uvedená zákonitost tak má za následek prostorovou zrnitostní nehomogenitu sedimentu a jeho často i výrazné zrnitostní zvrstvení.“ (Novotný et al. 2014)

K znečištění dochází ve dvou úrovních, ve fyzikální a chemické (biochemické). První úrovní je znečištění fyzikální, kdy jde o zákal vody a snížení průhlednosti. Zákal vody má negativní vliv na vodní faunu i flóru, tento jev je však většinou krátkodobý a řešitelný dostatečným zásobním prostorem pro sedimentaci v nádrži. Druhou úrovní je znečištění chemické. Jde hlavně o transport adsorbovaných chemických látek z povodí do vodních toků a nádrží. Půda se při svém životě setká s mnohá různými látkami s různou toxicitou, u zemědělských půd se většinou jedná o hnojiva, která jsou často směsí fosforu, dusíku a draslíku. Z těchto látek je limitující fosfor, jelikož se ho ve vodním prostředí nachází nejméně a označuje se jako limitující prvek pro rozvoj eutrofizace ve vodním prostředí. Na jedné straně je fosfor velmi významný prvek nutný pro život veškeré zeleně, ale na druhé se v přírodním prostředí nevyskytuje v takové míře. Odtud vzniká potřeba hnojit hnojivy, která fosfor obsahují, aby byl zajištěn vysoký výnos. Fosfor adsorbuje na jemné půdní částice a další vazby, které se ve vodě rozpouštějí jen málo. Když dojde k erozi události, je takto vázaný fosfor smyt a transportován dále do vodních toků a nádrží. Problém spočívá u vodních nádrží v tom, že za správných podmínek (většinou anaerobních) se může uvolňovat zpět do vodního prostředí, a tak se stát dostupný pro řasy a sinice, čímž přispívá k rozvoji eutrofizace a dalších následků s tím spojených. (Novotný et al. 2014)

2.3.1 PŘÍPUSTNÁ ZTRÁTA PŮDY VODNÍ EROZÍ

„Hodnoty přípustné ztráty půdy erozí jsou stanoveny především z hlediska dlouhodobého zachování funkcí půdy a její úrodnosti.“ (Janeček 2012)

Přípustná ztráta půdy vodní erozí na hospodářských pozemcích je v ČR stanovena na $4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Jedná se o dlouhodobý průměr pro přibližnou dobu opakování 20 let. (Janeček 2012)

POSOUZENÍ EROZNÍ OHROŽENOSTI

„Pozemky s mělkými půdami s hloubkou do 30 cm by neměly být využívány pro polní výrobu a doporučuje se jejich převedení do kategorie trvalých travních porostů nebo je zalesnit. U půd středně hlubokých a hlubokých nad 30 cm je doporučeno aplikovat hodnotu přípustné ztráty půdy ve výši $4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$.“ (Janeček 2012)

V ČR se pro stanovení erozní ohroženosti nejvíce využívá univerzální rovnice ztráty půdy (USLE), kterou odvodili Wischmeier a Smith 1978.

2.3.2 EROZNÍ OHROŽENOST POMOCÍ USLE

Jedná se o empirickou rovnici stanovenou na základě zkušeností, měření a polních experimentů, které probíhaly v USA po dobu 30 let. *„Vycházející z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku, jehož parametry jsou definovány a odvozeny z rozměrů standardních elementárních odtokových ploch o délce 22,13 m a sklonu 9 %, jejichž povrch je po každém přívalem dešti mechanicky kypřen ve směru sklonu svahu jako úhor bez vegetace. Hodnota přípustné ztráty půdy slouží ke stanovení míry erozního ohrožení pozemku a je definována jako maximální velikost eroze půdy, která dovoluje dlouhodobě a ekonomicky dostupně udržovat dostatečnou úroveň úrodnosti půdy.“ (Janeček 2012)*

Ztráta půdy se spočítá dle USLE (Wischmeier a Smith 1978):

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

kde:

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

R – faktor erozní účinnosti přívalem 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 vegetace (–)

P – faktor účinnosti protierozních opatření (–)

2.3.2.1 EROZNÍ ÚČINOST PŘÍVALOVÉHO DEŠTĚ R

„Faktor erozní účinnosti deště R a vztah pro jeho výpočet byl stanoven na základě měření. Data ukazují, že jsou-li ostatní faktory USLE konstantní, je ztráta půdy z obdělávaného pozemku přímo úměrná součinu celkové kinetické energie přívalového deště (E) a jeho maximální 30minutové intenzity (i_{30}).“ (Janeček 2012)

Vztah pro určení R faktoru (Wischmeier a Smith 1978):

$$R = E \cdot \frac{i_{30}}{100} \quad (2)$$

kde:

R – faktor erozní účinnosti deště ($MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$)

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

i_{30} – maximální 30minutová intenzita deště ($cm \cdot h^{-1}$)

Hodnota R faktoru se stanovuje ročně z dlouhodobých záznamů o srážkách. Pro většinu zemědělských ploch na území České republiky je hodnota faktoru stanovena na $40 MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$. Pro vysokohorské oblasti se může hodnota faktoru lišit, jelikož jsou většinou zalesněny nebo zatravněny, a tak erozně lépe chráněny. Nejčastější výskyt erozně účinných dešťů bývá v letních měsících (červen až srpen), které ohrožují vegetací nechráněné plochy. (Janeček 2012)

2.3.2.2 ERODOVATELNOST PŮDY K

Faktor erodovatelnosti půdy K ($t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$) vyjadřuje závislost na struktuře a textuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu. (Novotný et al. 2014, s. 30)

Faktor erodovatelnosti půdy lze stanovit několika způsoby (Janeček 2012):

- podle vztahu odvozeného pro faktor K
- podle nomogramu
- přibližně podle hlavních půdních jednotek (HPJ) bonitační soustavy půd nebo podle taxonomického klasifikačního systému půd ČR

Pro první dva postupy je nutné mít odebrané vzorky přímo v terénu z různých míst a pozemků lokality, kterou řešíme. Nomogramy a vztahy pro určení faktoru K lze nalézt například v metodice Janeček 2012, která je v práci hojně citována a je ji možné dohledat v seznamu citované literatury.

2.3.2.3 DĚLKA A SKLON SVAHU L, S

Faktory vlivu sklonu a délky svahu se většinou uvádějí spolu a dohromady se jim říká topografický faktor LS. Faktor L vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na intenzitu eroze, faktor S pak vliv sklonu. Tento faktor se stanovuje většinou s využitím GIS a digitálního modelu terénu. (Janeček 2012)

Faktory můžeme stanovit více způsoby, například dle metodiky Janeček 2012 s využitím revidované univerzální rovnice ztráty půdy (RUSLE) s přihlédnutím k práci Renard et al. 1997, která je uvedena v seznamu literatury, nebo za použití modelování pomocí GIS dle Mitasova et al. 1996 a další.

FAKTOR DĚLKY SVAHU L

„Intenzita eroze se zvyšuje s rostoucí délkou svahu, která je definována jako horizontální vzdálenost od místa vzniku povrchového odtoku k bodu, kde se sklon svahu snižuje natolik, že dochází k ukládání erodovaného materiálu nebo se plošný odtok soustředí do odtokové dráhy.“ (Janeček 2012)

FAKTOR SKLONU SVAHU S

„Ztráta půdy se zvyšuje se vzrůstajícím sklonem svahu, a to rychleji než je tomu u délky svahu.“ (Janeček 2012)

2.3.2.4 OCHRANNÝ VLIV VEGETACE C

Ochranné působení vegetačního krytu se projevuje přímou ochranou před kinetickou energií a poškozujícím působením dopadajících dešťových kapek a zpomalování vzniku a rychlosti povrchového odtoku, dále působení na fyzikální vlastnosti půd, jako jsou pórovitost, propustnost, a tím celková retenční kapacita, tím že dojde k omezení zanášení pórů jemnými částicemi. Rostliny mechanicky ucelují půdy svým kořenovým systémem. (Janeček 2012, s. 20)

Ochranný faktor vegetace se rozděluje dle agrotechnických operací do pěti období (Wischmeier a Smith 1978) (Janeček 2012):

- období podmínky hrubé brázdy
- období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení
- období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimů do 30.4.
- období od konce 3. období do sklizně
- období strniště

Váha hodnot faktoru C se rozdělí na základě faktoru R v průběhu roku na měsíce, týdny, dny apod.

Pokud není možné získat přesnou strukturu pěstovaných plodin, lze C faktor rozdělit podle průměrného zastoupení plodin v zájmové lokalitě a doplnit hodnoty dle tabulek, například jako v metodice Janeček 2012.

2.3.2.5 ÚČINOST PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ P

Hodnoty faktoru P se stanovují na základě účinnosti navržených protierozních opatření. Pokud nejsou uplatněna žádná protierozní opatření, potom $P = 1$. (Janeček 2012)

2.4 HYDROLOGICKÉ MODELOVÁNÍ

Hydrologické modelování je v současnosti jeden z nejvyužívanějších metod k hodnocení potenciálních srážko-odtokových událostí v malých povodích. V malých povodích většinou nemáme žádné pozorované profily ve vodních tocích, jako u větších, kde data pro navrhování poskytuje za úplatu ČHMÚ anebo navrhujeme mimo vodní tok. Jelikož není možné popsat všechny proměnné, v důsledku neznalosti přesnějšího stavu povodí a všech procesu, dochází u modelů k různé míře zjednodušení. (Kavka et al. 2018)

2.4.1 HYDROLOGICKÉ MODEL Y

Hydrologických modelů existuje nespočet druhů a zaměření, mohli bychom je dělit například podle měřítka záběru, časového měřítka, složitosti vzorců a dalších. Tím nejzásadnějším je rozlišovat modely, které jsou založeny na sběru velkého množství dat a určení empirických vztahů, a modely které obsahují skutečné rovnice popisující probíhající procesy, tzv. fyzikálně založené. Jednotlivé modely většinou nějaký způsobem zjednodušují problematiku procesů na ty více významné a popisují je a jejich vzájemné interakce. (Kavka et al. 2018). Níže vypsány modely se také nachází v metodice Janeček 2012.

Příklady modelů (Kavka et al. 2018):

- SMODERP – fyzikální epizodní model
- Erosion 2D/3D – fyzikální epizodní model
- WEPP – fyzikální model
- SCS-CN křivky – empirický model (HEC-HMS)

SCS-CN

Jde o empirický model, v ČR se jedná o jednu z nejrozšířenějších metod pro určení úhrnu efektivní srážky. Metoda je implementována v mnoha modelech, komerčních a otevřených (HEC-HMS). (Kavka 2017)

„Metoda CN – křivka určuje objem přímého odtoku na základě předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené

při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadržen. Odtok začíná po počáteční ztrátě, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové retence.“ (Janeček 2012)

Pro výpočty v této práci byl využit simulační model povrchového odtoku a erozního procesu, zkráceně SMODERP, který je popsán v kapitole 2.4.2.

2.4.2 SMODERP

Jedná se o fyzikálně založený model, který je určený pro návrh drobných vodohospodářských opatření v krajině. Jde o model epizodního charakteru, kdy výsledky lze použít jako parametry pro návrh technických opatření. Model obsahuje procesy infiltrace (Philipova rovnice) i povrchové retence. Model a jeho použití v 1D verzi lze nalézt v metodice Janeček 2012. Dále je dostupný zdarma na stránkách ČVUT Fsv na Katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství. Verze 1D byla nahrazena verzí ve 2D, která zahrnuje procesy plošného odtoku, soustředěného odtoku v rýhách a odtok ve vodotečích. (Kavka et al. 2018)

2.4.2.1 SMODERP2D

„Základní odvození povrchových procesů v modelu SMODERP2D vychází z rovnice kontinuity a pohybové rovnice. Pohybová rovnice je zjednodušená pomocí teorie kinematické vlny. Tímto způsobem je tok řízen mocninným vztahem, jehož parametry byly měřeny.“ (Kavka 2017)

Výpočet je prováděn pro jednotnou rastrovou síť. Přesnost rozlišení výstupů modelu je stejná jako vstupní digitální model terénu. Pro celé řešené území je v jednotlivých buňkách během každého časového kroku řešena bilance vstupů a výstupů a následně je vypočteno odteklé množství za daný časový krok. V modelu se řeší tři základní složky bilance (Kavka 2017):

- infiltrace do půdy
- efektivní srážka
- přitekklé a odteklé množství

2.4.2.2 VÝSTUPY MODELU SMODERP2D

Z modelu máme tři základní výstupy – rastrové, vektorové a datové. V rastroch nalezneme maximální a kumulativní hodnoty v každé buňce zájmového území.

Ve vektorových vrstvách se nachází polygon vstupního vodního toku a určené zájmové body, které jsou nově přečíslovány. V datových souborech jsou vypsané hydrogramy, když je bod mimo vodní tok, jsou v souborech informace pro danou buňku rastru, ale pokud se bod nachází ve vodním toku, vypisují se informace pro celý úsek vodního toku i v případě, že bod neleží na konci úseku vodního toku. (Kavka 2017)

2.4.3 VSTUPNÍ DATA PRO MODELOVÁNÍ

Hydrologické modelování velmi závisí na kvalitě a dostupnosti vstupních dat. Ty také ovlivní rychlost, přesnost a cenu zpracování hydrologické studie. Tato data mohou být zpoplatněna. Obecně jsou vstupními daty pro modelování informace o morfologii, využití území, vlastnostech půd a srážkách. (Kavka et al. 2018)

2.4.3.1 DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU

Základním vstupem pro hydrologické modelování je digitální model terénu (DMT). Model terénu může být v podobě rastru nebo mračna bodů. Modely mohou mít různé míry přesnosti například $2 \cdot 2$ m, ale i $100 \cdot 100$ m. Volba přesnosti záleží na velikosti daného území, s čímž souvisí doba výpočtu, ale i kvality výstupů. Ideální rozlišení modelů pro hydrologické modelování se pohybuje kolem $10 \cdot 10$ m v malých povodích. (Kavka et al. 2018)

Příklady modelů:

- DMR 4G s rozlišením $5 \cdot 5$ m
- DMR 5G s rozlišením $2 \cdot 2$ m
- SRTM 25 s rozlišením $25 \cdot 25$ m

2.4.3.2 VYUŽITÍ ÚZEMÍ

Z vrstev využití území dostáváme informace o plochách, liniových prvcích, vodní síti, cestách atd. Pro hydrologické modelování je vhodné tyto kategorie spojit do jednodušších. Na základě těchto kategorií mohou být v modelech distribuovány další charakteristiky. Tato data poskytuje například ministerstvo životního prostředí v podobě CORINE LandCover nebo s lepším rozlišením jsou dostupná data ZABAGED®. Dále mohou být zpřesňována informacemi z registru půd Land Parcel Identification System (LPIS), který obsahuje informace o hospodářských pozemcích. (Kavka et al. 2018)

2.4.3.3 PŮDNÍ DATA

Důležitým vstupem u hydrologického modelování jsou data o půdě, zejména hydraulické charakteristiky půd, především se jedná o hydraulickou vodivost K_s . Hydraulická vodivost závisí na mnoha fyzikálních vlastnostech půdy, nejčastěji je spojována se zrnitostním složením. Vzhledem k tomu, že hodnoty hydraulické vodivosti nabývají velkého rozptýlu, navíc s přihlédnutím k tomu, že pro lesní a zemědělské půdy je použit jiný způsob klasifikace, je dobré provést v řešeném území půdní rozbor. (Kavka et al. 2018)

V ČR jsou půdní data dostupná v podobě komplexního průzkumu půd (KPP), kde se jedná o digitalizované tištěné mapy. Na zemědělské půdě existují informace o půdě v kódu BPEJ resp. HPJ, pro které existuje převodní klíč např. dle metodiky Janeček 2012. (Kavka et al. 2018)

Pro lesní půdy existuje lesnická typologie, jsou dostupná data, ale není veřejně dostupný převodní klíč na hydrologické informace. (Kavka et al. 2018)

2.4.3.4 SRÁŽKY

Velmi důležitý vstup pro hydrologické modelování jsou úhrny srážek, jejich časové rozložení a situace v povodí. Nelze předpokládat, že návrhová srážka určité doby opakování vyvolá odtok o stejné době opakování, jelikož hydrogramy jsou výsledkem komplexního působení více faktorů. (Kavka et al. 2018)

V nepozorovaných profilech a v ploše povodí tak zůstává hydrologické modelování jediným možným nástrojem použitelným pro praxi. Na území ČR není rozdělení srážek homogenní, jak z hlediska úhrnů, tak jejich průběhu a výskytu. Je tedy nutné přistupovat ke každé modelové situaci individuálně. (Kavka et al. 2018)

Hyetogramy je možné získat například z webové aplikace ČVUT Fsv Katedry krajinného inženýrství a hydromeliorecí.

aplikace: <https://rain1.fsv.cvut.cz/?PROJECT=rain%2Fwebapp>

3 PRAKTICKÁ ČÁST

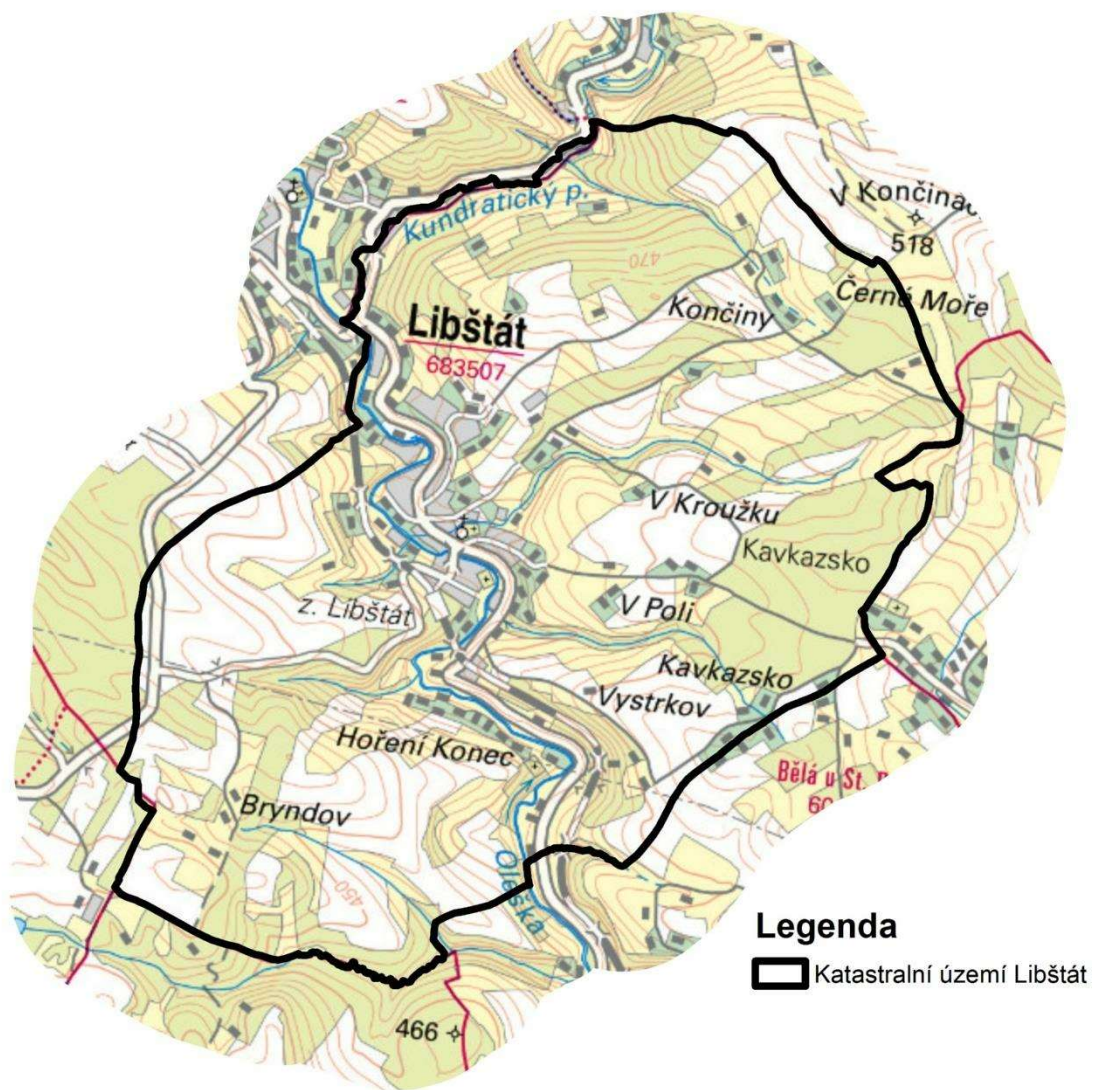
Praktická část se zabývá, popisem území Libštát, výpočty erozní ohroženosti, výpočty modelu SMODERP a návrhem protipovodňových opatření. Všechny výpočty probíhaly v prostředí ArcMap 10 a vyšší. Data pro výpočty a tvorbu mapových výstupů byla zapůjčena Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním.

3.1 POPIS ÚZEMÍ

Tato kapitola se zabývá stručným popisem charakteristik území Libštát.

- Liberecký kraj
- okres Semily
- katastrální území Libštát
- rozloha: 10,12 km²

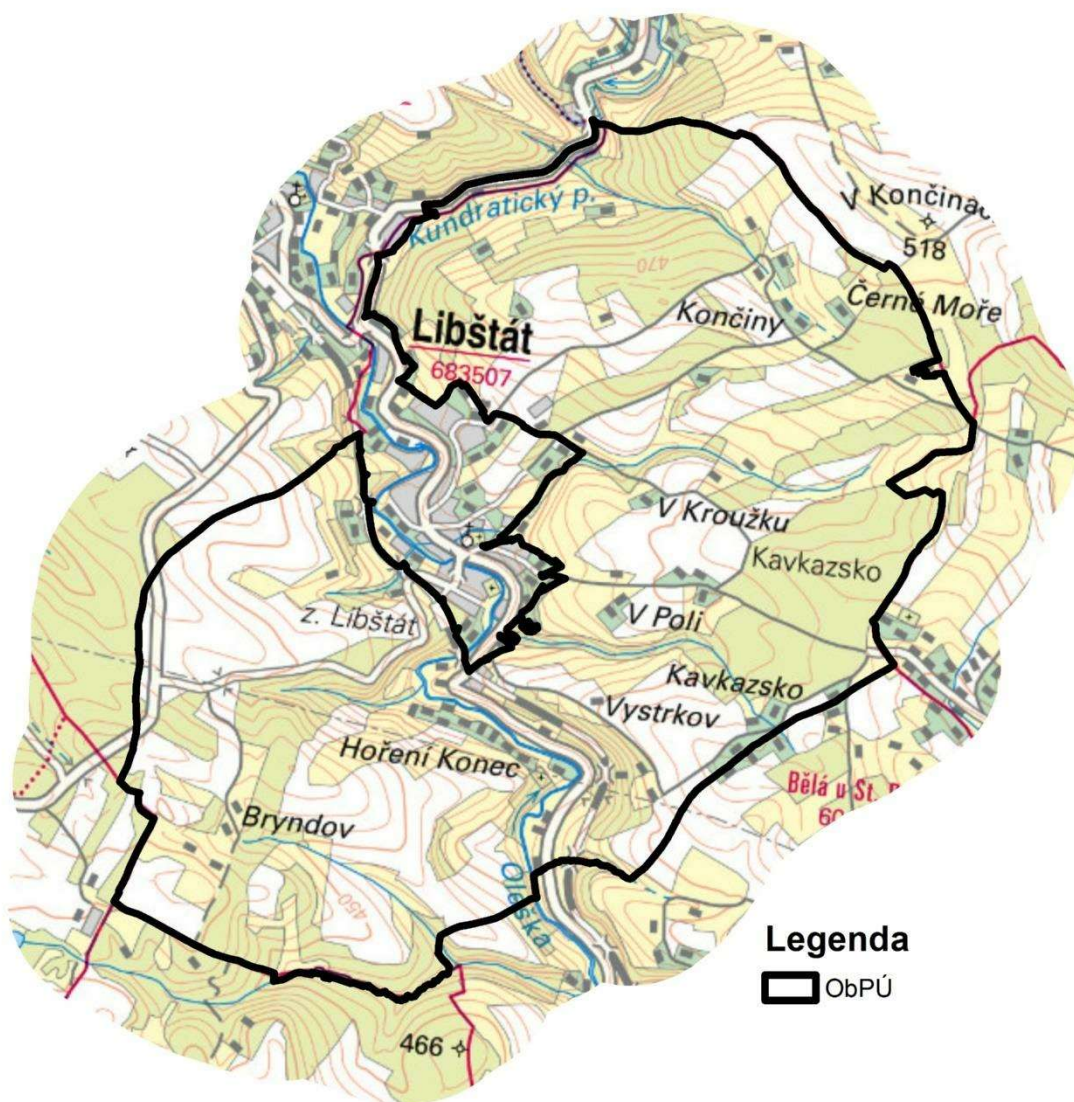
Zájmová oblast (obrázek 1) se nachází v Libereckém kraji v okrese Semily, jihovýchodně od Jablonce nad Nisou. Leží pod Krkonošským národním parkem.



Obrázek 1: Katastrální území Libštát (podkladní mapa ZM10 ČÚZK)

3.1.1 OBVOD POZEMKOVÝCH ÚPRAV

Od projektanta pozemkových úprav byl poskytnut obvod pozemkových úprav (obrázek 2), pro který byly řešeny výpočty v kapitole 3.2.



Obrázek 2: Obvod pozemkových úprav pro k. ú. Libštát (podkladní mapa ZM10 ČÚZK)

3.1.2 TERÉNNÍ PRŮZKUM

Terénní průzkum probíhal jeden den. Průzkumu jsem se zúčastnil spolu s Ing. Zuzanou Skřivanovou, Ph.D., během průzkumu byly identifikovány některé problémové body v území. V rámci tohoto průzkumu proběhlo setkání se sborem zástupců. Jednání probíhalo na začátku pozemkových úprav na žádost obyvatel, většinou se sbor zástupců schází až po bližším se seznámení projektanta pozemkových úprav s územím. Identifikované problémové body byly částečně prodiskutovány se sborem zástupců.

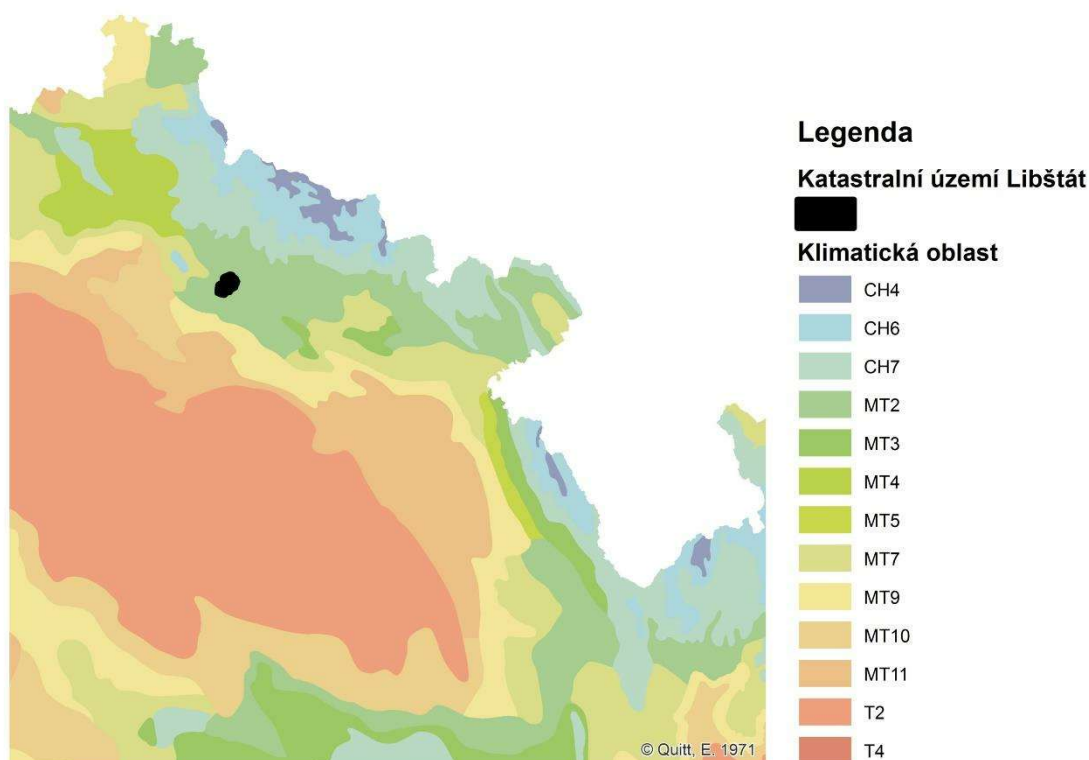
Takto identifikovaným bodům se pak věnuje srážkoodtoková analýza území. Konkrétně jednomu bodu údolnice, který tvoří subpovodí.

3.1.3 PŘÍRODNÍ PODMÍNKY

Příroda v zájmové oblasti je velmi rozmanitá, středem území protéká řeka Oleška, podél níž se táhne střídavě železniční trať. Území je celkem členité a nacházejí se zde louky, pole, pastviny, remízky, drobné potůčky a potoky. Území je porostlé jehličnatými i listnatými stromy.

3.1.4 KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Území spadá do jedné klimatické oblasti dle Quitta, jak je patrné z obrázku 3. Jedná se o klimatickou oblast mírně teplou – MT2. Jaro je zde krátké a mírné, léto je také krátké až mírně chladné a vlhké, podzim je krátký a mírný, zima je normálně dlouhá s normálním trváním sněhové pokrývky. (Quitt 1971)



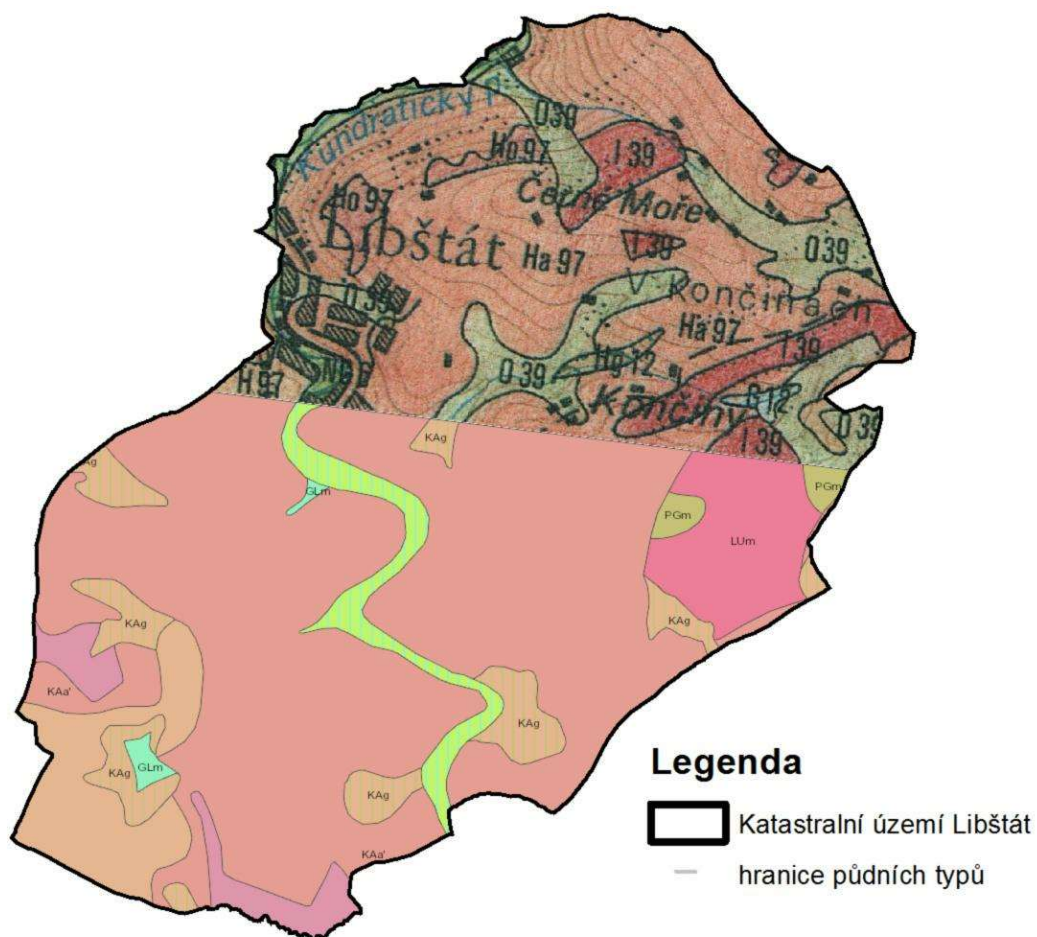
Obrázek 3: Klimatické oblasti s vyznačením k. ú. Libštát (podkladová data: Přírodní Poměry, Quitt E. 1971)

Dle měřených dat (ČHMÚ 2020) za období od 1981 do 2010 je průměrná teplota vzduchu v území 7 °C a průměrný roční úhrn srážek mezi 700 a 800 mm.

Podle interaktivní mapy (AVČR 2011) je průměrná rychlost větru v 10 m n. m. mezi 2,5 $m \cdot s^{-1}$ v níže položených oblastech a dosahuje až k 5 $m \cdot s^{-1}$ ve vyšších polohách.

3.1.5 PEDOLOGIE

Z obrázku 4 lze vyčíst, že v údolní nivě se vyskytují oglejené fluvizemě s občasnou modální glejí. Od řeky Olešky do kopců se na většině území rozprostírají mesobazické kambizemě, s narůstající nadmořskou výškou na jižním výběžku přechází v modální kambizemě.



Obrázek 4: Půdy nacházející se v k. ú. Libštát (podkladová data: Půdní mapa 1 : 50 000 nová a stará, Česká geologická služba)

3.1.6 GEOLOGIE

Území se nachází v soustavě Český masiv, v regionu sudetského mladšího paleozoika s horninami pískovce, tufu, andezitu, bazaltu, pelitu a s hlinitými, pískovcovými a štěrkovými sedimenty. (INSPIRE 2020)

Dělení (INSPIRE 2020):

- Systém: Hercýnský
- Provincie: Česká vysočina
- Subprovincie: Krkonošsko-jesenická soustava
- Oblast: Krkonošská
- Celek: Krkonošské podhůří
- Podcelek: Podkrkonošská pahorkatina
- Okrsek: Lomnická vrchovina

3.1.7 MORFOLOGIE

Území se rozléhá v krkonošském podhůří. Nejvyšším význačným bodem území je kopec U Jeřábu (517 m n. m.), který se nachází na jihozápadním cípu území. Nejnižším bodem v území je pak vodoteč Olešky (353 m n. m.) na samém okraji katastru. Průměrný sklon pro celé území je 8°, ale když se začneme přibližovat k řece Olešce, začnou sklony výrazně narůstat k 15° až 25°. Libštát se svažuje z obou stran směrem k řece Olešce a tvoří jakýsi zářez.

3.1.8 HYDROLOGIE

Zájmová oblast leží v hydrologickém rajonu (5151) podkrkonošském permokarbonu v povodí řeky Labe. (INSPIRE 2020)

Dominantním vodním tokem je řeka Oleška (1-05-01-035). Do této řeky se vlévá většina vodních toků, které v území pramení. V území se nachází také několik malých vodních nádrží, většinou na vodních tocích. Na některých pozemcích se vyskytuje funkční odvodnění podzemní meliorací.

Jedním z toků, který se vlévá do řeky Olešky, je bezejmenný vodní tok s hydrologickým číslem 1-05-01-045, nad kterým probíhalo hydrologické modelování.

Na obrázku 5 jsou zobrazena povodí v oblasti a povodí přilehlá.

Legenda

 ObPÚ

Číslo povodí IV. řádu


 105010430

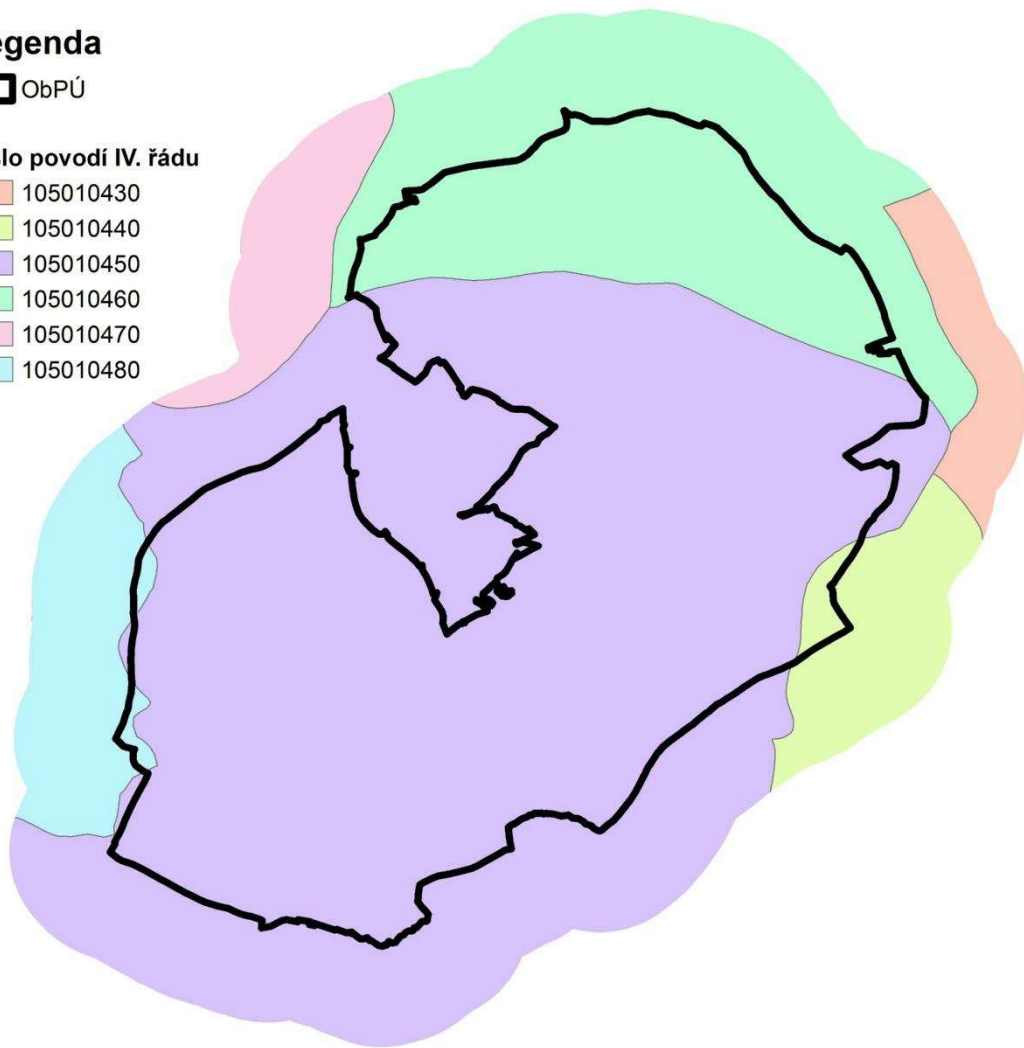
 105010440

 105010450

 105010460

 105010470

 105010480



Obrázek 5: Povodí IV. řádu v katastrálním území Libštát (podkladní data: DIBAVOD)

3.2 URČENÍ EROZNÍ OHROŽENOSTI

K určení erozní ohroženosti zájmového území byla využita empirická metoda pomocí rovnice USLE.

3.2.2 VSTUPNÍ DATA PRO URČENÍ FAKTORŮ USLE

V kapitole jsou uvedeny základní informace o datech použitých pro stanovení erozní ohroženosti v k. ú. Libštát.

3.2.2.1 VYUŽITÍ ÚZEMÍ (LAND USE)

Informace o využití území byly generovány pomocí skriptu, který vyvinul ve své disertaci a poskytl Ing. Jan Devátý, Ph. D. Skript z běžně dostupných datových sad v České republice pomocí prolnutí map LPIS a ZABAGED® vytvoří základní polygony využití území. Výsledek skriptu byl dále manuálně upraven (obrázek 6) dle ortofoto, aby lépe odpovídal reálné situaci, jelikož v podkladových datech mohou být chyby a zároveň může dojít k nesprávnému přiřazení informací o využití území při zpracování.

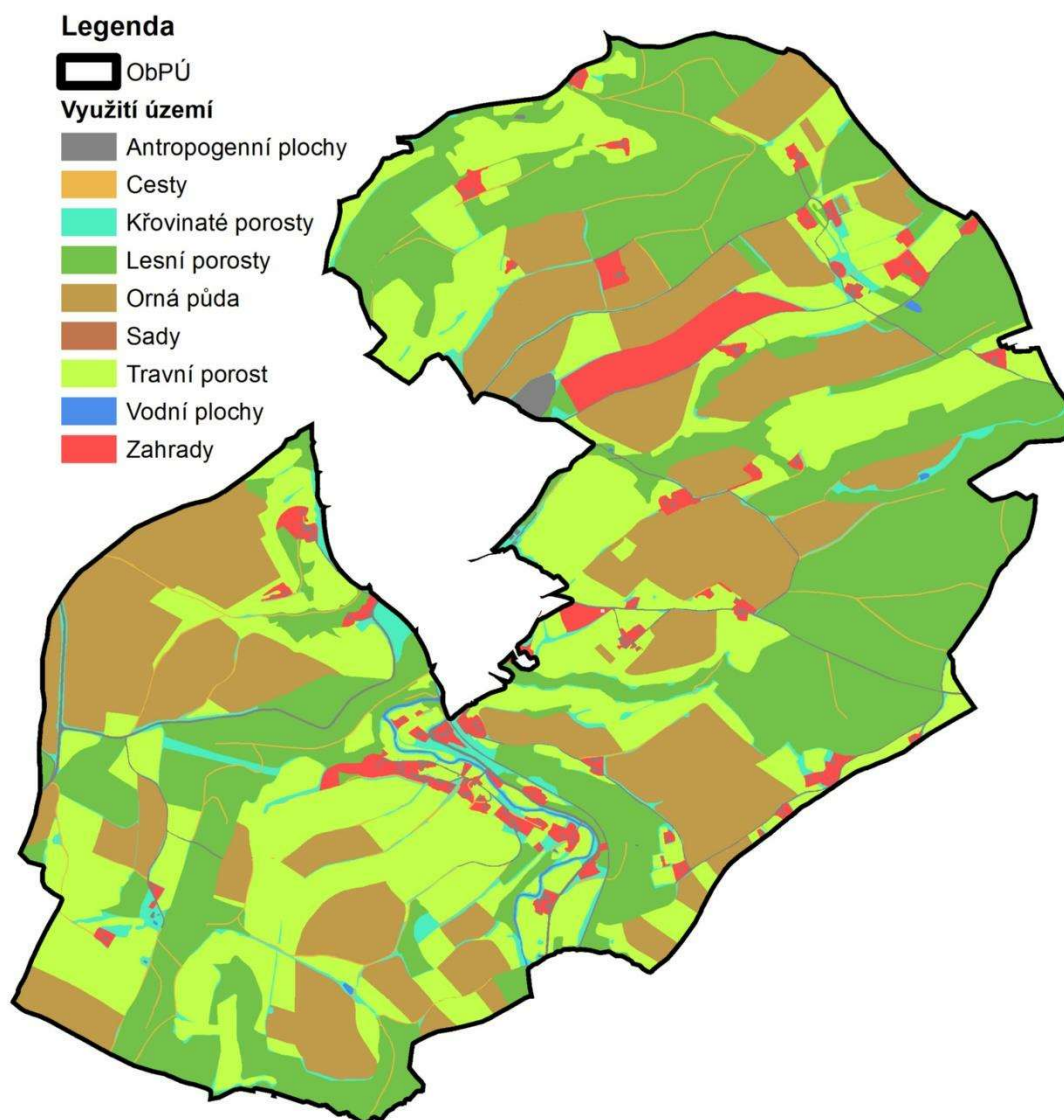
Dle závěrů disertace je výsledný dataset vhodný jak pro empirické, tak fyzikální modely. (Devátý 2018)

LPIS

LPIS (Land Parcel Identification System) na rozdíl od katastru nemovitostí obsahuje informace na základě skutečného využití pozemků samotnými farmáři, kteří je obhospodařují. Data jsou veřejně dostupná pro jednotlivé katastry, jedná se o vektorové sady. (MZe 2019)

ZABAGED® – Polohopis

ZABAGED® (základná báze geografických dat České republiky) – jedná se o polohopis obsahující 123 typů geografických objektů, dataset obsahuje vektorovou a popisnou složku. (ČÚZK 2018)



Obrázek 6: Využití území pro obvod pozemkových úprav Libštát

3.2.2.2 PŮDNÍ DATA

Velmi důležitým vstupem byly informace o půdách v zájmové oblasti, pro získání dat byla využita vektorová vrstva BPEJ, která byla stažena ze stránek SPÚ.

BPEJ

Jedná se o pětimístný kód, první číslice je informace o klimatickém regionu, druhé a třetí číslo označuje hlavní půdní jednotku, čtvrtá číslice je sdružená informace o sklonitosti a expozici a pátá je také sdružená informace o skeletovitosti a hloubky půdy. (Novotný et al. 2013)

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.“ (Novotný et al. 2013)

3.2.2.3 MODEL TERÉNU

Pro výpočty byl použit DMR4G v rozlišení 5 · 5 m, vyšší přesnost by mohla zapříčiňovat vznik dalších chyb.

DMR4G

Digitální model reliéfu 4. generace je zobrazení reálného zemského povrchu v digitální formě v pravidelné síti 5 · 5 m diskrétních výšek bodů se souřadnicemi X, Y a H. Se střední chybou nadmořské výšky H 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu. Model vznikl technologií leteckého laserového skenování zemského povrchu. (ČÚZK 2018)

3.2.2.4 VEGETAČNÍ POKRYV

Data o vegetačním pokryvu byla získána z veřejně dostupné aplikace Půda v číslech.

PŮDA V ČÍSLECH

Aplikace obsahuje statistické vyhodnocení informací na zemědělských pozemcích. Aplikace je volně dostupná na stránkách VÚMOP, v. v. i. (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy).

3.2.3 FAKTORY USLE

Na základě vstupních dat byly odvozeny faktory vstupující do výpočtu erozní ohroženosti.

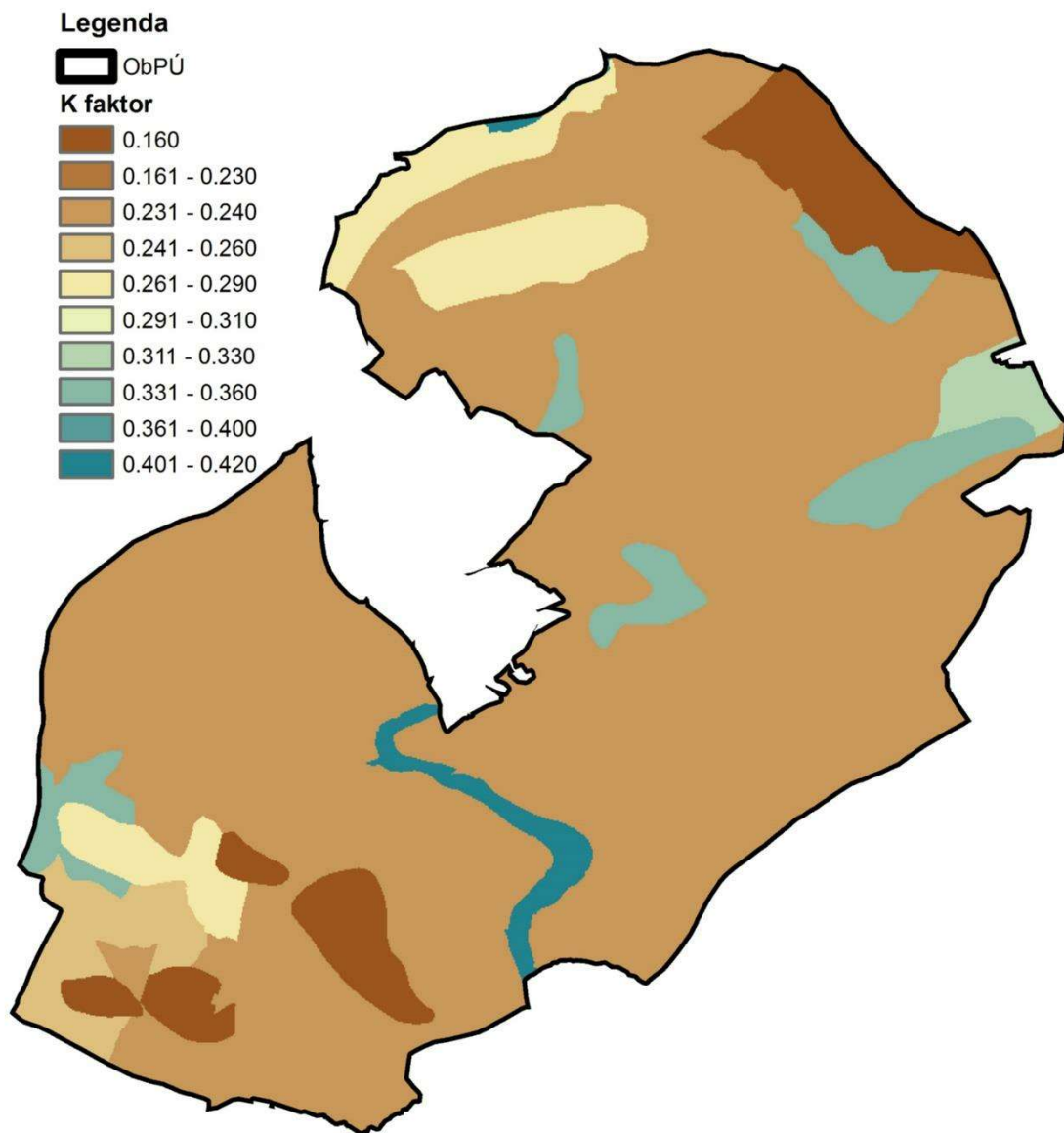
R FAKTOR

Faktor erozní účinnosti deště byl zvolen dle metodiky Janeček 2012, který je pro ČR $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$.

K FAKTOR

Faktor erodovatelnosti půdy byl přibližně stanoven převodem HPJ dle metodiky Janeček 2012 s využitím tabulky 1.5., která slouží k převodu kódu HPJ na hodnoty K faktoru.

Nejprve byly vytvořeny polygony s hodnotami K faktoru a následně pro nutnost výpočtu byly polygony převedeny na rastr (obrázek 7) s rozlišením stejným jako je model terénu, a to $5 \cdot 5 \text{ m}$.



Obrázek 7: Rastr K faktoru pro obvod pozemkových úprav Libštát

LS FAKTOR

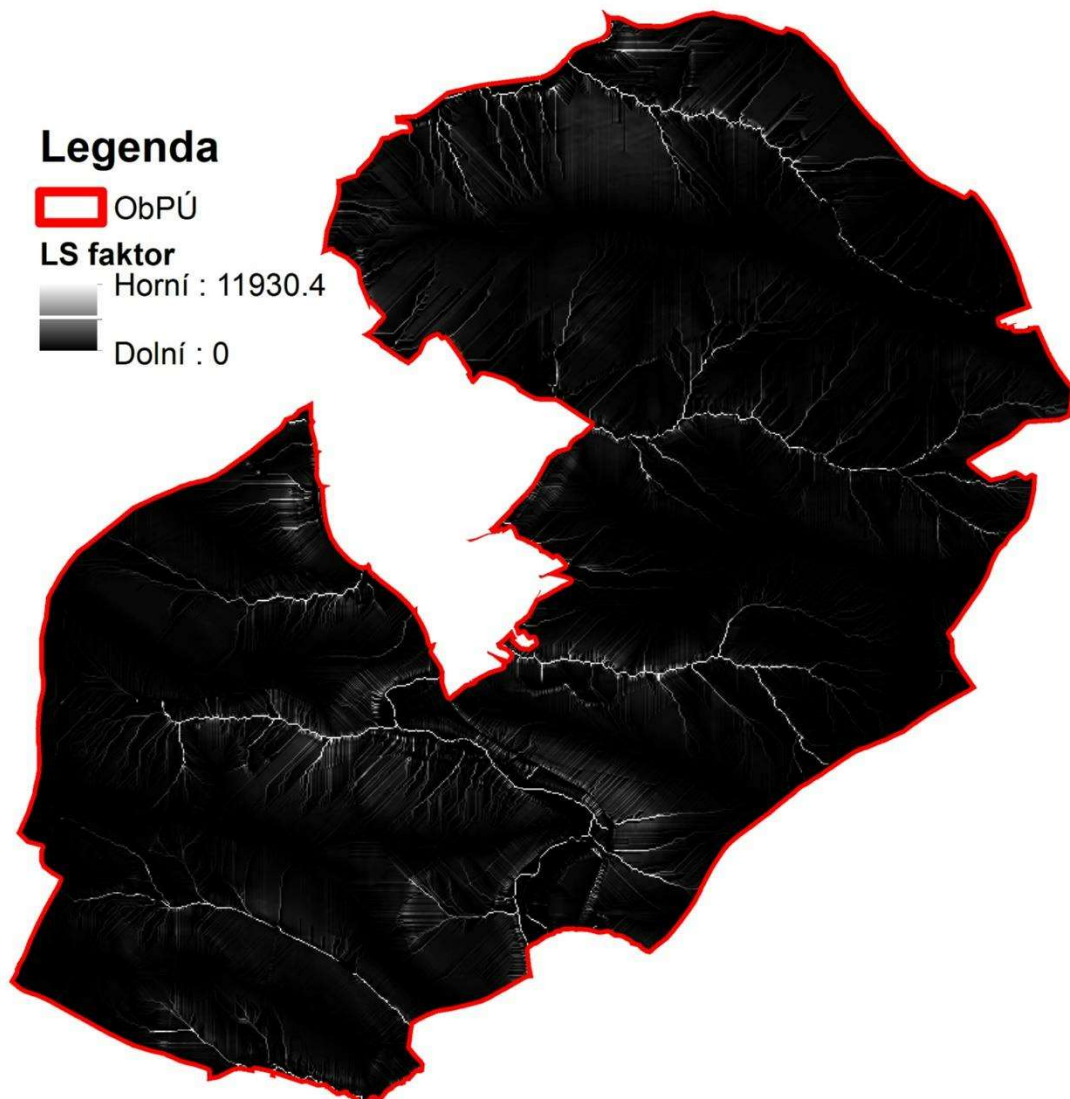
Topografický faktor (obrázek 8) byl vypočten nad modelem terénu DMR4G s rozlišením 5 · 5 m. Vyšší přesnost by mohla způsobovat nepřesnosti výsledků. Při výpočtu rastru LS faktoru hodnoty buněk narůstaly do „nekonečna“, tzn. svah nebyl nijak přerušen.

Pro výpočet LS faktoru byla využita rovnice upravená pro výpočet v prostředí ArcMap 10 (Mitasova et al. 1996):

$$\begin{aligned}
 LS = & (0.6 + 1) \cdot ((\text{"akumulace"} \\
 & \cdot \text{rozlišení} / 22.13) \cdot 0.6) \\
 & \cdot ((\text{Sin}(\text{"Sklon_stup"} \\
 & \cdot 3.14 / 180) / 0.09) \cdot 1.3)
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

kde:

- LS – topografický faktor
- akumulace – rastrová vrstva akumulace odtoku
- rozlišení – rozlišení používaného digitálního modelu terénu (m)
- sklon_stup – rastrová vrstva jednotlivých sklonů (°)



Obrázek 8: Rastr LS faktoru pro obvod pozemkových úprav Libštát

C FAKTOR

Hodnoty ochranného vlivu vegetace byly převzaty z aplikace Půda v číslech, v níž se nacházejí maximální přípustné hodnoty vlivu vegetace C_p pro území Libštát. V aplikaci se jedná o hodnoty C_p a P_p , proto byly hodnoty přepočteny. Z udávaného rozpětí C_p byly přepočteny dle tabulky 1.

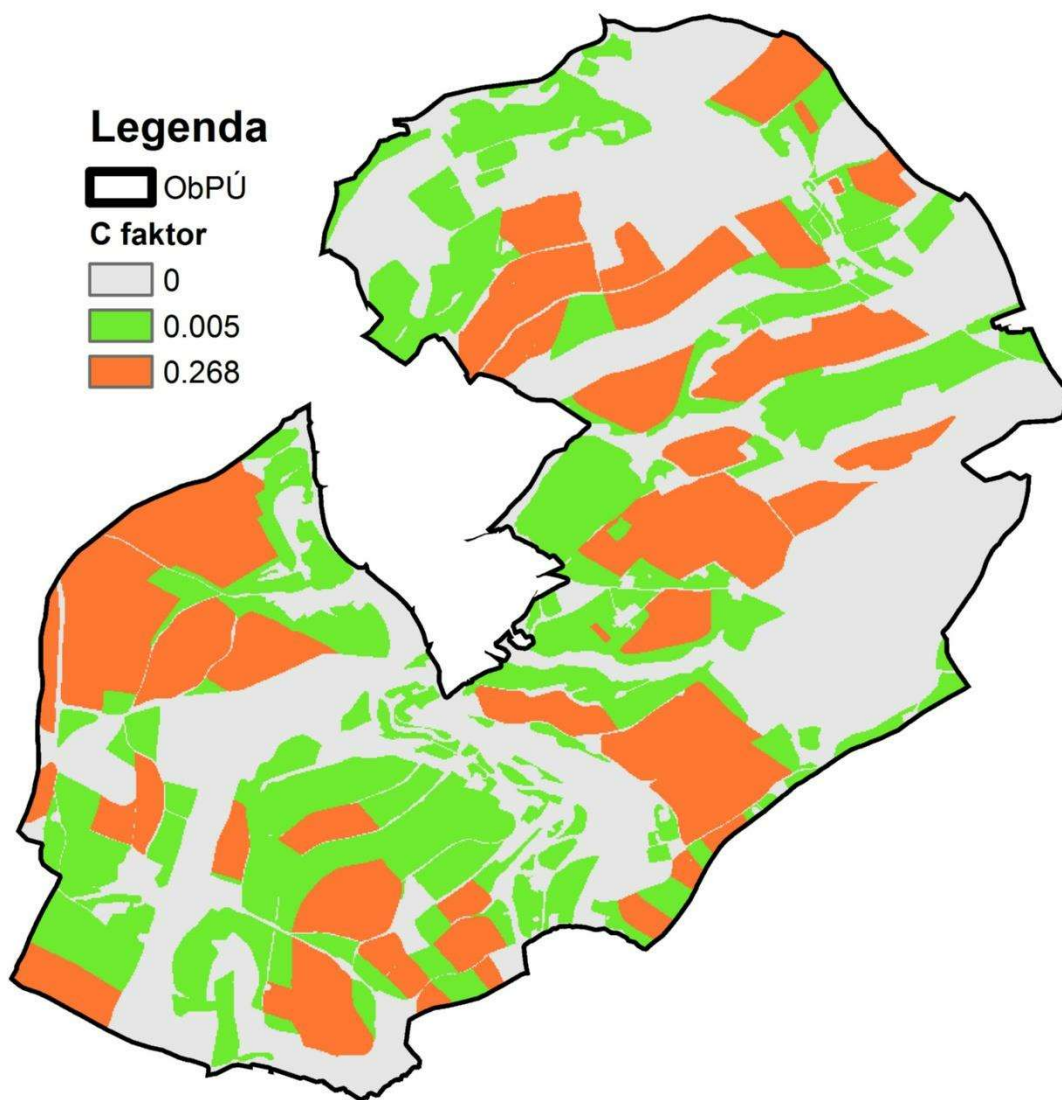
Tabulka 1: Průměrná hodnota ochranného vlivu vegetace v území Libštát použitá pro výpočty na celém území

Rozpětí $C_p.P_p$	Střední hodnota $C_p.P_p$	Zastoupení (%)	Dílčí C
0,005 a méně	0,005	1,66	0,008
0,006 - 0,020	0,013	5,01	0,065
0,021 - 0,100	0,0605	23,59	1,427
0,101 - 0,200	0,1505	26,8	4,033
0,201 - 0,240	0,2205	6,32	1,394
0,241 - 0,400	0,3205	15,15	4,856
0,401 a více	0,7005	21,47	15,040
Celkem		100	26,823
Průměrná hodnota C faktoru pro výpočet			0,268

Takto získaný průměr byl dále distribuován dle využití území. C faktor byl přiřazen dle tabulky 2 pro polygony, tyto polygony pro nutnost výpočtu byly převedeny na rastr (obrázek 9) s rozlišením 5 · 5 m.

Tabulka 2: Distribuce C faktoru dle využití území

Využití území	C faktor
Antropogenní plochy	0,000
Cesty	0,000
Křovinaté porosty	0,000
Lesní porosty	0,000
Orná půda	0,268
Sady	0,000
Travní porosty	0,005
Vodní plochy	0,000
Zahrady	0,000



Obrázek 9: Rastr C faktoru pro obvod pozemkových úprav Libštát

3.2.4 VÝPOČET DLOUHODOBÉHO SMYVU

Po vložení parametrů byla vypočtena průměrná dlouhodobá ztráta půdy pro území Libštát jako rastr (obrázek 11). Smyv byl dále zprůměrován pro jednotlivé pozemky a tím byla zjištěna erozní ohroženost území Libštát viz příloha 1.

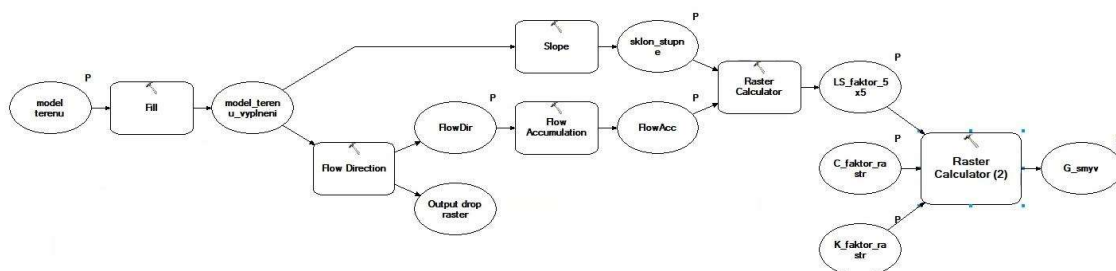
Výsledný smyv byl vypočten na základě rovnice:

$$G = 40 \cdot \%K_faktor_rastr\% \cdot \%LS_faktor_5x5\% \cdot \%C_faktor_rastr\% \quad (4)$$

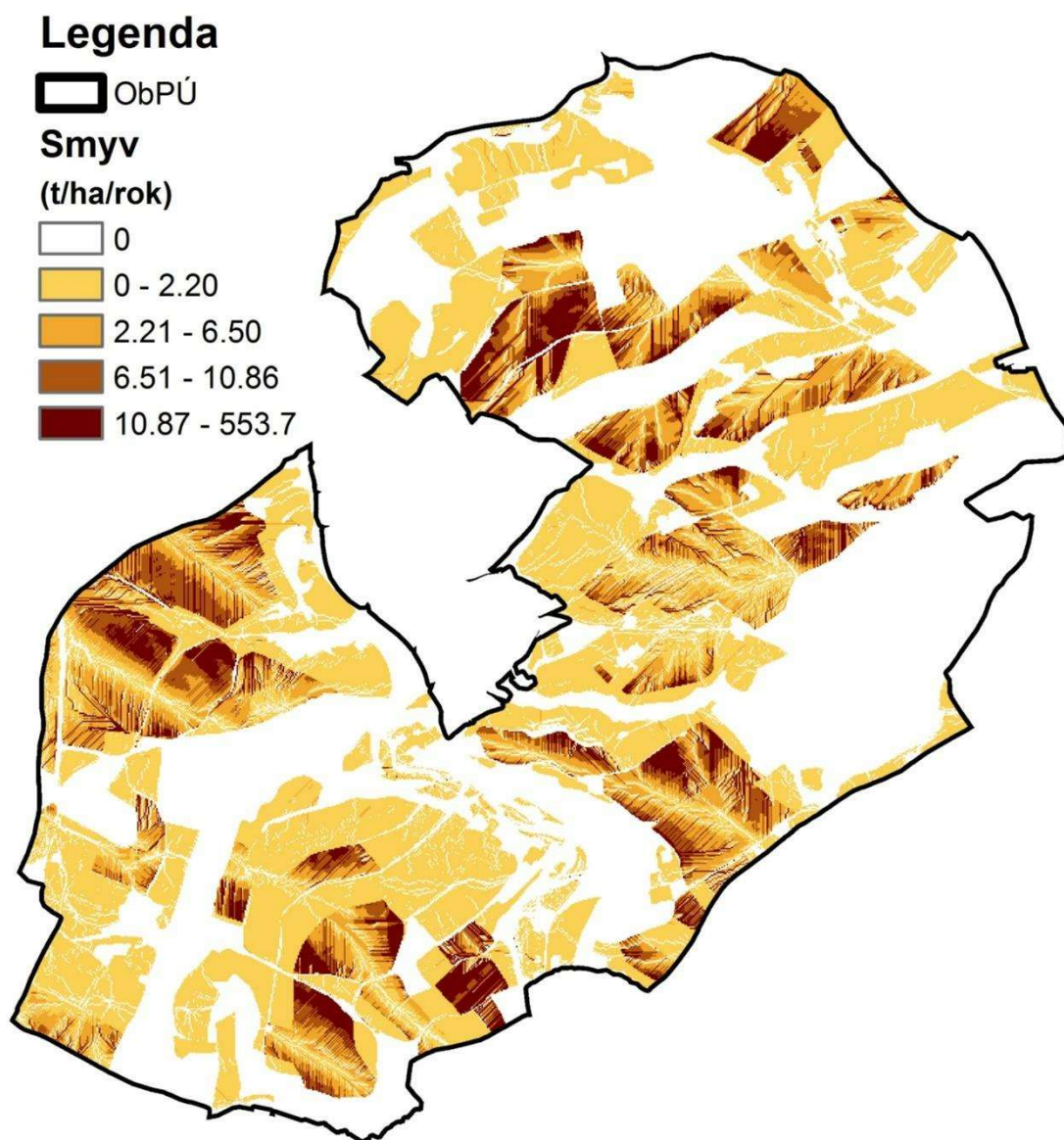
kde:

- G – dlouhodobý průměrný smyv ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)
- 40 – hodnota R faktoru
- K_faktor_rastr – rastr K faktoru
- LS_faktor_5x5 – rastr LS faktoru
- C_faktor_rastr – rastr C faktoru

Pro urychlení výpočtů byl sestaven jednoduchý model v prostředí Model builder, který je součástí programů ArcMap 10. Schéma modelu je na obrázku 10.



Obrázek 10: Model pro výpočet smyvu G

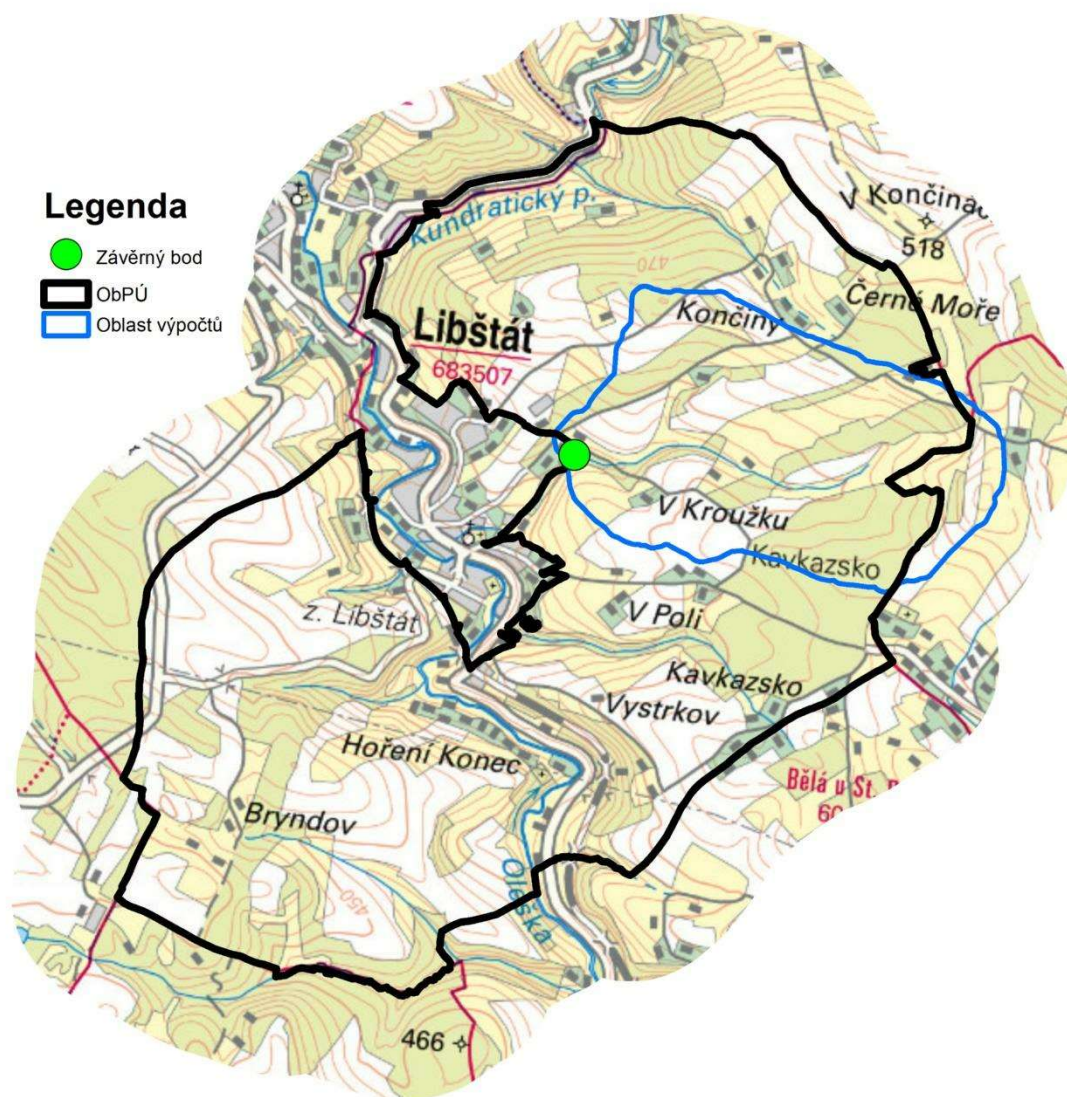


Obrázek 11: Rastr dlouhodobého smyvu pro obvod pozemkových úprav Libštát

3.3 SRÁŽKOODTOKOVÁ ANALÝZA

Na základě konzultací se sborem zástupců a projektantem pozemkových úprav byla srážkoodtoková analýza provedena pro jedno určené subpovodí (obrázek 12), jímž protéká vodní tok (1-05-01-045). Toto subpovodí se jeví jako problémové při vzniku povodňových průtoků.

Pro srážkoodtokovou analýzu byl využit hydrologický fyzikálně založený model SMODERP2D.



Obrázek 12: Závěrný vyšetřovaný bod subpovodí (podkladní mapa ZM10 ČÚZK)

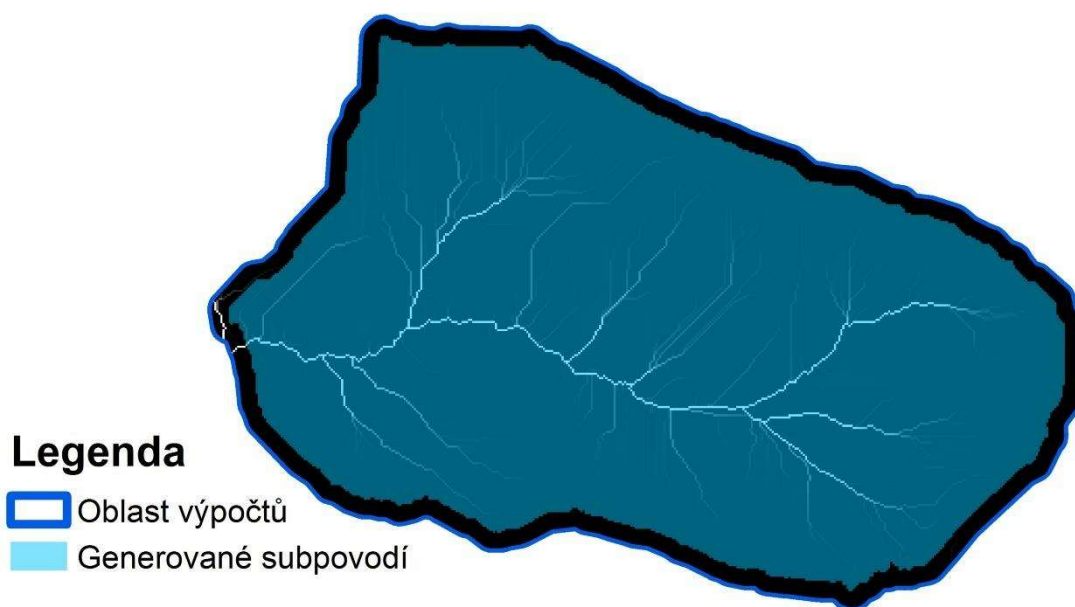
3.3.1 VSTUPNÍ DATA PRO SMODERP2D

Tato kapitola obsahuje základní informace o vstupních datech použitých pro hydrologické modelování v SMODERP2D.

3.3.1.1 SUBPOVODÍ

Pro určený závěrný problémový bod bylo vygenerováno subpovodí (obrázek 13). Subpovodí částečně přesahovalo hranice pozemkových úprav, to však pro hydrologické modelování není problém.

Povodí bylo vygenerováno pomocí nástroje WATERSHED v prostředí ArcMap 10 jako rastr. Po vygenerování bylo povodí mírně zvětšeno pro účely výpočtů.



Obrázek 13: Generované subpovodí pro závěrný bod s podkladem akumulace odtoku

3.3.1.2 MODEL TERÉNU

U hydrologického modelování byl využit stejný model jako pro výpočet erozní ohroženosti, a to DMR4G, který je více popsán v kapitole 3.2.2.3.

3.3.1.3 VYUŽITÍ ÚZEMÍ

Při modelování byla použita stejná vrstva využití území jako pro určení erozní ohroženosti, v tomto případě ale neupravená forma (obrázek 14).

Legenda

▭ Oblast výpočtů

— Vodní tok

Využití území

■ Antropogenní plochy

■ Cesty

■ Křovinaté porosty

■ Lesní porosty

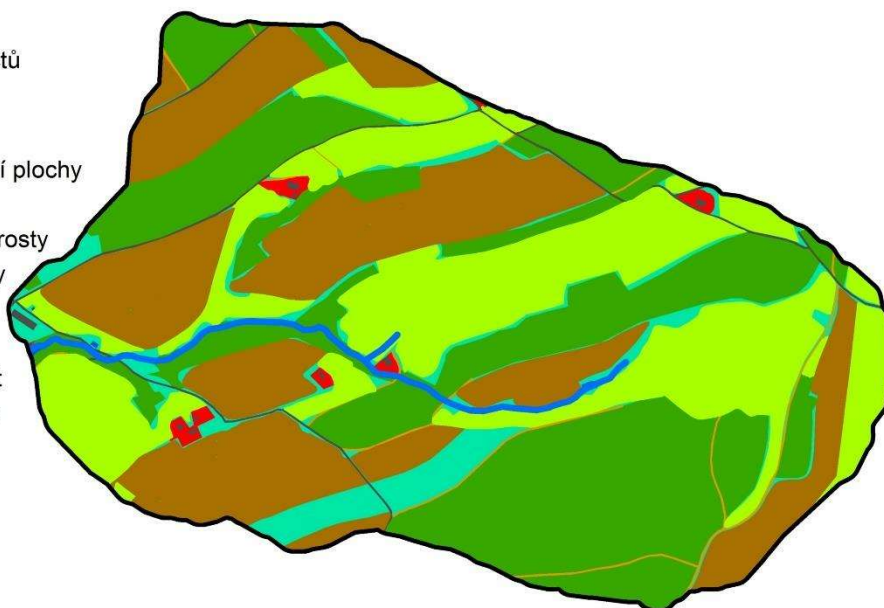
■ Orná půda

■ Sady

■ Travní porost

■ Vodní plochy

■ Zahrady



Obrázek 14: Využití území v subpovodí

Na základě dat ZABAGED® byl zakreslen profil vodního toku, který byl pro potřeby modelování dále upraven, aby lépe odpovídal modelované situaci dle rastru akumulace odtoku, kterou model generuje jako kontrolní vrstvu.

3.3.1.4 SRÁŽKY

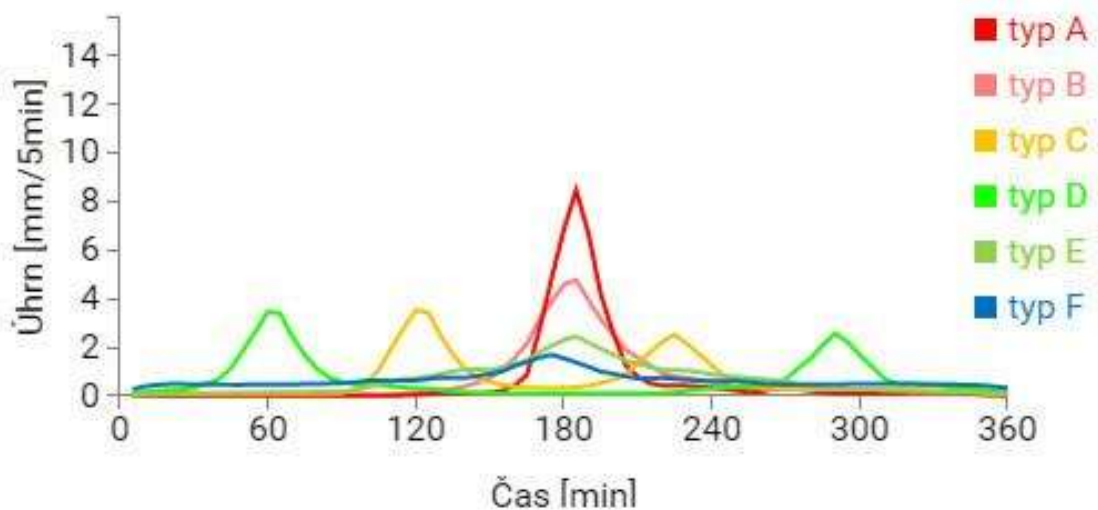
Informace o srážkách byly získány z web aplikace: Průběhy 6hodinových návrhových srážek na povodí IV. řádu. Jedná se o umělé srážky jejichž odvození je více popsáno v metodice Kavka et al. 2018.

aplikace: <https://rain1.fsv.cvut.cz/?PROJECT=rain%2Fwebapp>

Z této aplikace byly staženy srážky v podobě pětiminutových intenzit. Následně byly srážky kumulovány pro potřeby výpočtu.

TVARY A PRAVDĚPODOBNOSTI VÝSKYTU

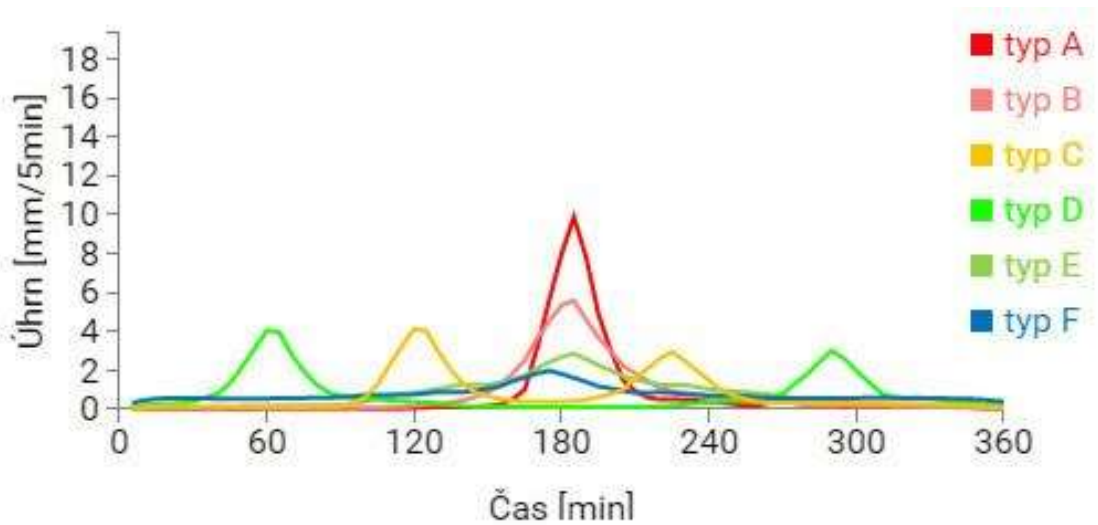
Pro účely modelování byly vybrány srážky s dobou opakování 20 (obrázek 15), 50 (obrázek 16) a 100 (obrázek 17) let. Na základě pravděpodobnosti výskytu a tvarů srážek byly vybrány pro modelování tvary A, B, C a D.



Pravděpodobnosti výskytu návrhových průběhů



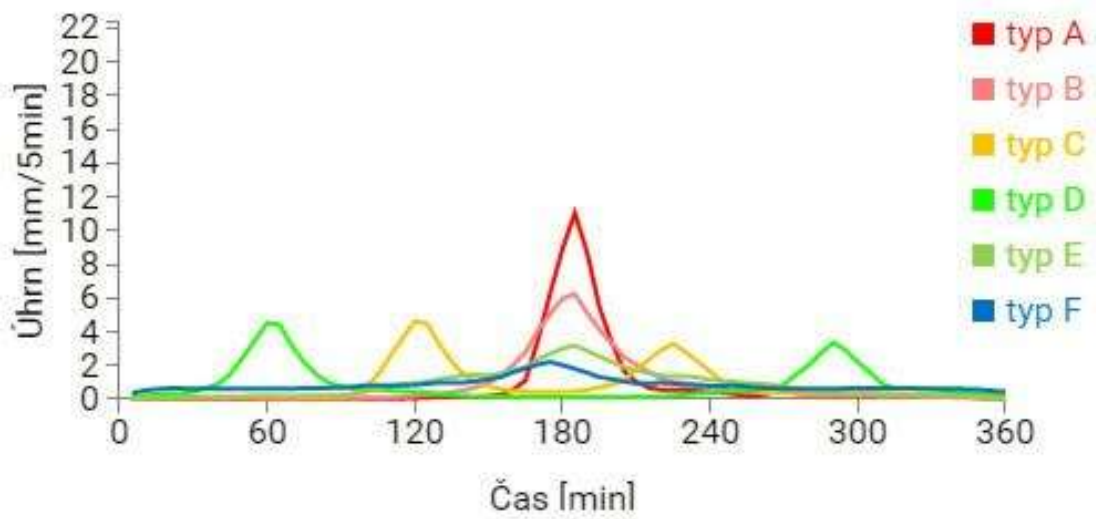
Obrázek 15: Pravděpodobnosti výskytu tvaru jednotlivých srážek s dobou opakování 20 let (MZE 2017)



Pravděpodobnosti výskytu návrhových průběhů



Obrázek 16: Pravděpodobnosti výskytu tvaru jednotlivých srážek s dobou opakování 50 let (MZE 2017)



Pravděpodobnosti výskytu návrhových průběhů

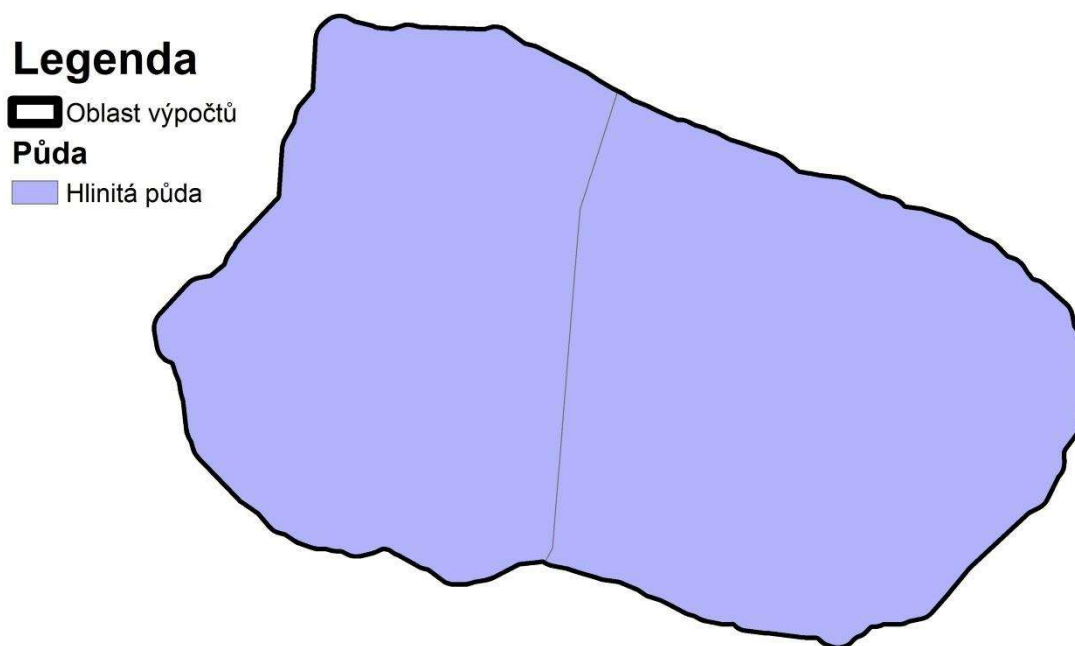


Obrázek 17: Pravděpodobnosti výskytu tvaru jednotlivých srážek s dobou opakování 100 let (MZE 2017)

3.3.1.5 PŮDNÍ DATA

Půdním vstupem byly výsledky komplexního průzkumu půd 1:200 000, které byly upraveny z vrstev KPP 1:250 000 a doplněny pro výpočty v modelu SMODERP.

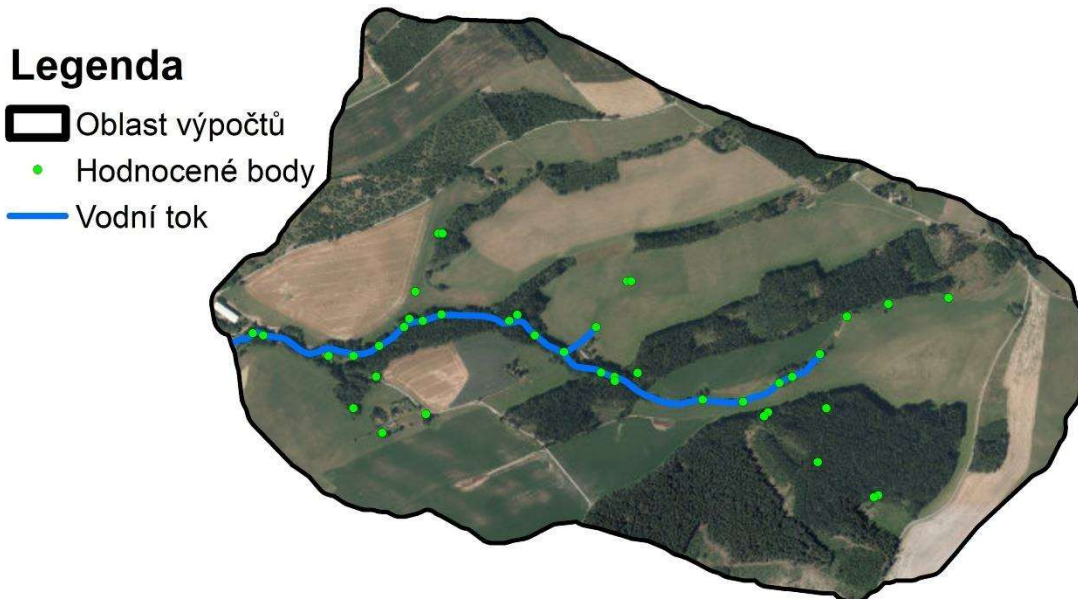
Vrstva půd (obrázek 18) vznikla transformací půdní mapy, která byla sestavena VÚRV a VÚMOP spolu s Ústavem pro hospodářskou úpravu lesů (INSPIRE 2014).



Obrázek 18: Půdy v subpovodí

3.3.2 HODNOCENÉ BODY

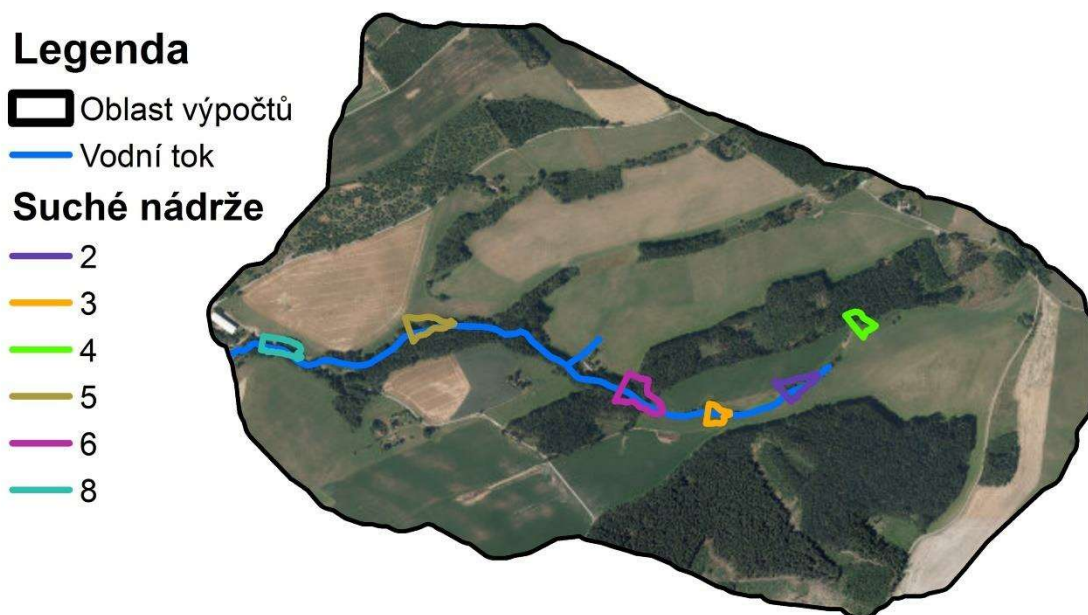
V subpovodí byly zvoleny hodnocené body (obrázek 19) na vodním toku a v ploše povodí, v těchto bodech byly vypočteny hydrogramy, které byly vstupem pro transformaci povodňové vlny. Body byly voleny tak, aby odpovídaly požadavkům modelu a byly v místech zvýšené akumulace odtoku.



Obrázek 19: Zvolené hodnocené body v subpovodí (podkladní mapa ortofoto ČÚZK)

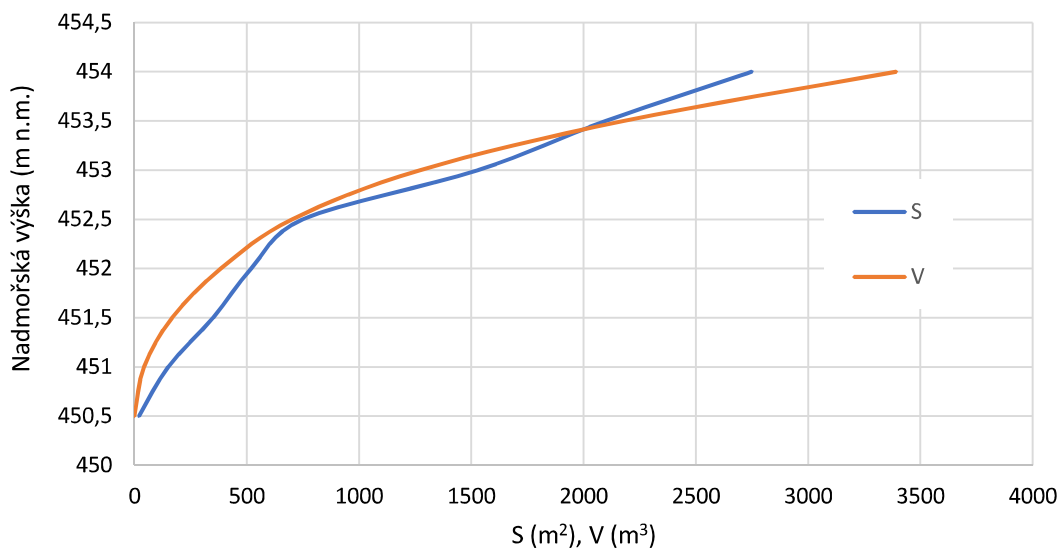
3.3.3 PROFILY VHODNÉ PRO AKUMULACI

Vhodné profily (obrázek 20) byly určeny na základě vrstevnic území, které byly generovány z modelu terénu a ortofoto. Z vrstevnicové vrstvy byly odvozeny zatopené plochy pro výškové metry a dále byly vypočteny objemy těchto nádrží jako objemy jednoduchých těles. Pro jednotlivé nádrže byly stanoveny charakteristické čáry na obrázcích 21 až 25.



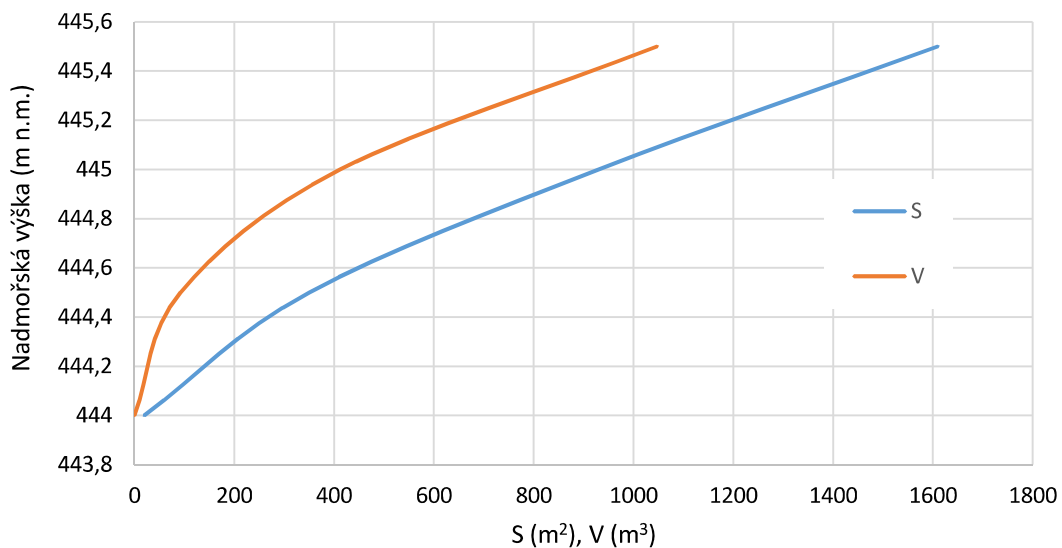
Obrázek 20: Umístění nádrží v subpovodí (podkladní mapa ortofoto ČÚZK)

Charakteristické čáry nádrže č. 2



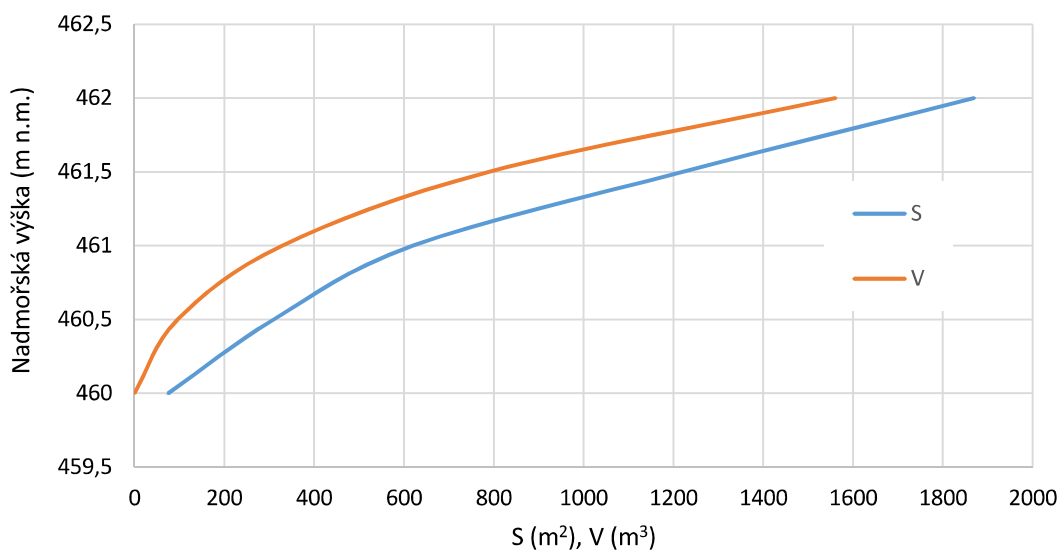
Obrázek 21: Charakteristické čáry nádrže číslo 2

Charakteristické čáry nádrže č. 3



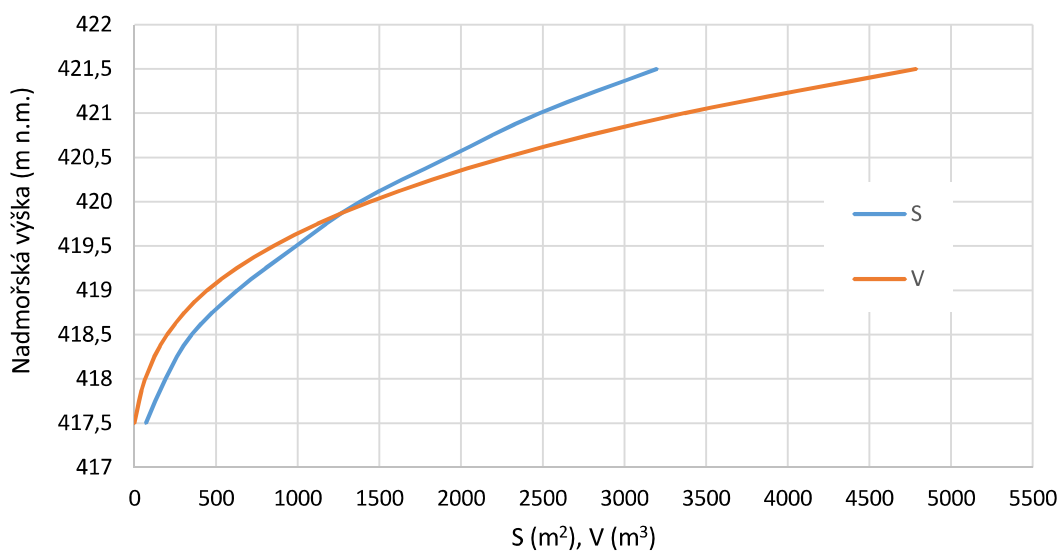
Obrázek 22: Charakteristické čáry nádrže číslo 3

Charakteristické čáry nádrže č. 4



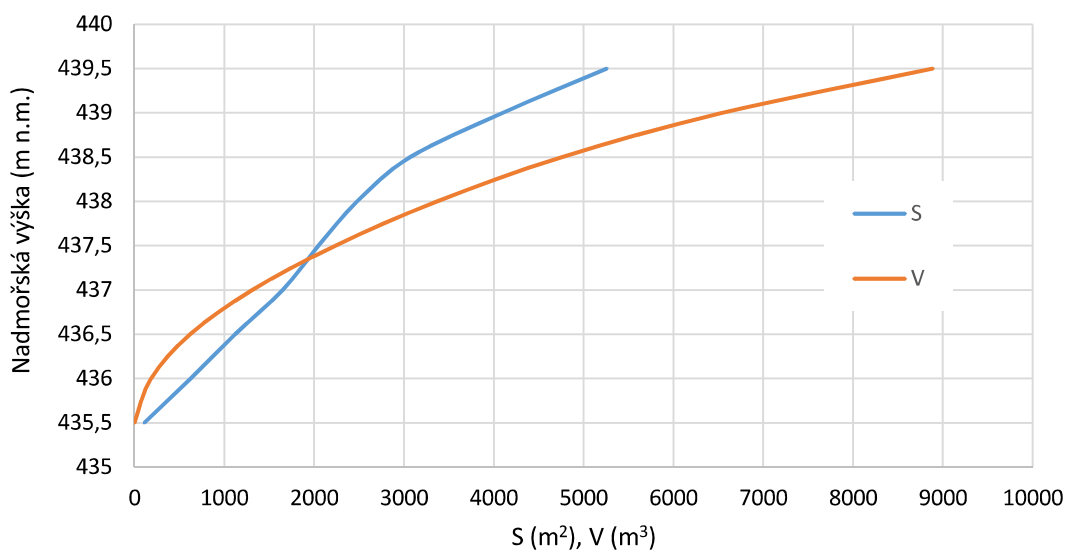
Obrázek 23: Charakteristické čáry nádrže číslo 4

Charakteristické čáry nádrže č. 5



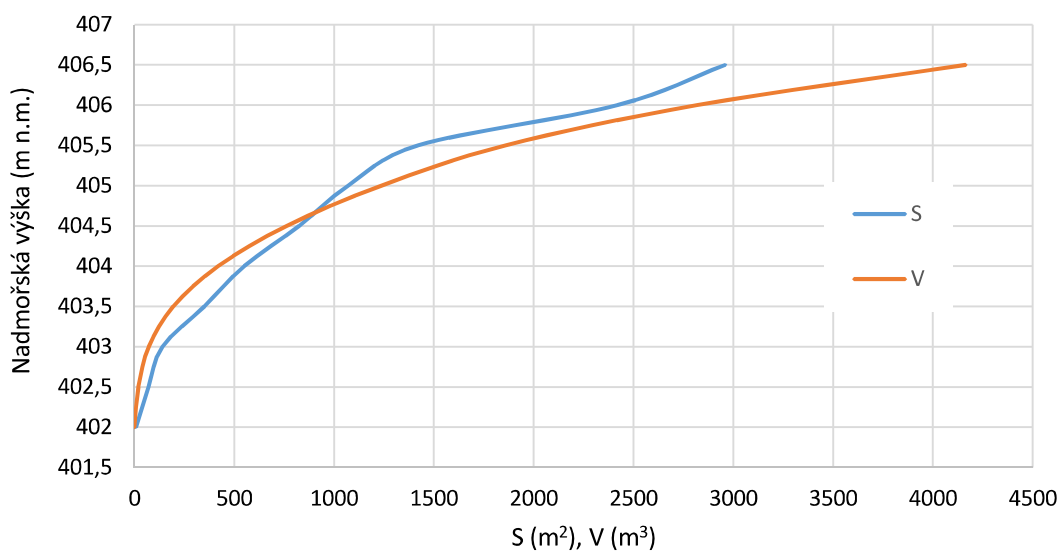
Obrázek 24: Charakteristické čáry nádrže číslo 5

Charakteristické čáry nádrže č. 6



Obrázek 25: Charakteristické čáry nádrže číslo 6

Charakteristické čáry nádrže č. 8



Obrázek 26: Charakteristické čáry nádrže číslo 8

Z grafů charakteristických čar jednotlivých nádrží bylo usouzeno, že k akumulaci se hodí takové nádrže, které v konečné maximální zatopené ploše převyšují objemem.

3.3.4 TRANSFORMACE POVODŇOVÉ VLNY

Pro transformaci byl poskytnut výpočetní excel Katedrou hydromeliorací a krajinného inženýrství.

Nádrže byly navrženy jako suché s bezpečnostním přelivem a spodní výpustí. V excelu bylo počítáno s tím, že ve spodní výpusti nedochází ke vzniku tlakového proudění a hladina bude dále stoupat, až dojde k přelití přes bezpečnostní přeliv. Hlavní rovnice, které jsou součástí výpočetního excelu jsou: volný výtok velkým otvorem, výtok zatopeným otvorem, přepad přes přelivnou hranu, účinná šířka přelivu, kritická hloubka a přepad přes širokou korunu.

V tabulkách 3 až 10 jsou vypsány transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro tvary srážek C a D s dobou opakování 20 a 100 let, které byly vybrány z důvodu pravděpodobnosti výskytu.

Pro nádrže byly voleny parametry:

- velikost otvoru
- délka přelivné hrany
- výška přelivné hrany pod korunou hráze

Volené parametry pro tabulky 3 až 6:

- velikost otvoru – 0,4 · 0,4 m
- délka přelivné hrany – 5 m
- výška přelivné hrany 1 m pod korunou hráze

Tabulka 3: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru C s dobou opakování 20 let

Nádrž	2	3	4	5	6	8
Maximální nadržení (m ³)	1272	92	328	2267	4757	1859
Objem vtoku (m ³)	577	1177	404	7049	1852	10115
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,3	0,41	0,25	1,48	0,68	2,1
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,29	0,38	0,25	0,99	0,47	1,23
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,01	0,03	0	0,49	0,21	0,87
Transformační účinek (%)	3,3	7,1	0,0	33,1	30,9	41,4

Tabulka 4: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru C s dobou opakování 100 let

Nádrž	2	3	4	5	6	8
Maximální nadržení (m ³)	1272	92	328	2267	4757	1859
Objem vtoku (m ³)	1915	3077	1461	12567	5372	17543
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,62	0,88	0,5	3,16	1,49	4,03
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,55	0,85	0,44	1,71	0,73	3,46
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,07	0,03	0,06	1,45	0,76	0,57
Transformační účinek (%)	11,3	3,4	12,0	45,9	51,0	14,1

Tabulka 5: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru D s dobou opakování 20 let

Nádrž	2	3	4	5	6	8
Maximální nadržení (m ³)	1272	92	328	2267	4757	1859
Objem vtoku (m ³)	568	1149	400	6916	2863	10233
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,315	0,43	0,27	1,54	0,71	2,2
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,31	0,38	0,27	0,99	0,48	1,23
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,005	0,05	0	0,55	0,23	0,97
Transformační účinek (%)	1,6	11,6	0,0	35,7	32,4	44,1

Tabulka 6: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru D s dobou opakování 100 let

Nádrž	2	3	4	5	6	8
Maximální nadržení (m ³)	1272	92	328	2267	4757	1859
Objem vtoku (m ³)	1776	2849	1360	11688	4997	16334
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,65	0,91	0,52	3,18	1,52	4,03
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,56	0,86	0,46	1,64	0,73	3,41
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,09	0,05	0,06	1,54	0,79	0,62
Transformační účinek (%)	13,8	5,5	11,5	48,4	52,0	15,4

Volené parametry pro tabulky 7 až 10:

- velikost otvoru – 0,3 · 0,3 m
- délka přelivné hrany – 5 m
- výška přelivné hrany 1 m pod korunou hráze

Tabulka 7: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru C s dobou opakování 20 let a rozdíl v účinnosti oproti přechozímu návrhu

Nádrž	2	3	4	5	6	8
Maximální nadržení (m ³)	1272	92	328	2267	4757	1859
Objem vtoku (m ³)	577	1177	404	7049	1852	10115
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,3	0,41	0,25	1,48	0,68	2,1
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,25	0,33	0,21	0,63	0,34	1,03
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,05	0,08	0,04	0,85	0,34	1,07
Transformační účinek (%)	16,7	19,5	16,0	57,4	50,0	51,0
Účinek po změně otvoru (%)	13,3	12,4	16,0	24,3	19,1	9,5

Tabulka 8: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru C s dobou opakování 100 let a rozdíl v účinnosti oproti přechozímu návrhu

Nádrž	2	3	4	5	6	8
Maximální nadržení (m ³)	1272	92	328	2267	4757	1859
Objem vtoku (m ³)	1915	3077	1461	12567	5372	17543
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,63	0,88	0,5	3,16	1,5	4,03
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,42	0,86	0,35	2,6	0,48	3,84
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,21	0,02	0,15	0,56	1,02	0,19
Transformační účinek (%)	33,3	2,3	30,0	17,7	68,0	4,7
Účinek po změně otvoru (%)	22,0	-1,1	18,0	-28,2	17,0	-9,4

Tabulka 9: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru D s dobou opakování 100 let a rozdíl v účinnosti oproti přechozímu návrhu

Nádrž	2	3	4	5	6	8
Maximální nadržení (m ³)	1272	92	328	2267	4757	1859
Objem vtoku (m ³)	568	1149	400	6916	2863	10233
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,315	0,43	0,27	1,54	0,71	2,2
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,27	0,35	0,22	0,64	0,35	1,08
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,045	0,08	0,05	0,9	0,36	1,12
Transformační účinek (%)	14,3	18,6	18,5	58,4	50,7	50,9
Účinek po změně otvoru (%)	12,7	7,0	18,5	22,7	18,3	6,8

Tabulka 10: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru D s dobou opakování 100 let a rozdíl v účinnosti oproti přechozímu návrhu

Nádrž	2	3	4	5	6	8
Maximální nadržení (m ³)	1272	92	328	2267	4757	1859
Objem vtoku (m ³)	1776	2849	1360	11688	4997	16334
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,65	0,91	0,52	3,18	1,52	4,03
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,42	0,88	0,36	1,99	0,47	3,61
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,23	0,03	0,16	1,19	1,05	0,42
Transformační účinek (%)	35,4	3,3	30,8	37,4	69,1	10,4
Účinek po změně otvoru (%)	21,5	-2,2	19,2	-11,0	17,1	-5,0

Z těchto nádrží byly s ohledem na svou transformační schopnost a charakteristické čáry vybrány nádrže číslo 2, 6, 5 a 8 pro výsledný návrh soustav.

3.3.5 TRANSFORMAČNÍ ÚČINEK SOUSTAV

Z vybraných nádrží byly navrženy soustavy, které měly optimální transformační účinek, a byl vypočten celkový transformační účinek. Pro návrh soustav byly využity nádrže s rozdílnými parametry velikosti otvoru z kapitoly 3.3.4. Návrh soustav byl optimalizován pro srážky tvarů C a D s dobou opakování 20 a 100 let. Transformace soustavy byla vypočtena odečtení dolní a horní vlny a k vzniklému rozdílu byla přičtena vlna transformovaná. Transformační účinek soustavy byl vztažen k celkovému maximálnímu odtoku závěrovým profilem.

SOUSTAVY

Navržené soustavy pro srážky s dobou opakování 20 let:

- 6 – 5 – 8
- 5 – 8

Navržené soustavy pro srážky s dobou opakování 100 let:

- 6 – 5 – 8
- 2 – 6 – 5 – 8
- 6 – 5

V následujících tabulkách 11 až 20 jsou vypsány transformační schopnosti navržených soustav pro návrhové tvary srážek a doby opakování.

Tabulka 11: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru C s dobou opakování 20 let

Nádrž	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,68	1,19	1,44
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,34	0,6	0,7
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,34	0,59	0,74
Transformační účinek (%)	50,0	49,6	51,4
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	2,19		
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	1,45		
Celkový transformační účinek (%)	33,79		

Tabulka 12: Celkový transformační účinek soustavy 5 – 8 pro srážku tvaru C s dobou opakování 20 let

Nádrž	5	8
Maximální nadržení (m ³)	2267	2819
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	1,48	1,14
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,63	0,67
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,85	0,47
Transformační účinek (%)	57,4	41,2
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	2,19	
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	1,72	
Celkový transformační účinek (%)	21,46	

Tabulka 13: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru C s dobou opakování 100 let

Nádrž	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	1,5	2,09	2,97
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,48	1,13	2,06
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	1,02	0,96	0,91
Transformační účinek (%)	68,0	45,9	30,6
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	4,14		
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	3,23		
Celkový transformační účinek (%)	21,98		

Tabulka 14: Celkový transformační účinek soustavy 2 – 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru C s dobou opakování 100 let

Nádrž	2	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	1272	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,63	1,35	2,2	2,87
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,42	0,48	1,14	2,09
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,21	0,87	1,06	0,78
Transformační účinek (%)	33,3	64,4	48,2	27,2
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)				4,14
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)				3,36
Celkový transformační účinek (%)				18,84

Tabulka 15: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru C s dobou opakování 100 let

Nádrž	6	5
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	1,5	2,09
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,48	1,13
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	1,02	0,96
Transformační účinek (%)	68,0	45,9
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	4,14	
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	3,18	
Celkový transformační účinek (%)	23,19	

Tabulka 16: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru D s dobou opakování 20 let

Nádrž	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,71	1,24	1,48
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,35	0,6	0,7
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,36	0,64	0,78
Transformační účinek (%)	50,7	51,6	52,7
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	2,29		
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	1,51		
Celkový transformační účinek (%)	34,06		

Tabulka 17: Celkový transformační účinek soustavy 5 – 8 pro srážku tvaru D s dobou opakování 20 let

Nádrž	5	8
Maximální nadržení (m ³)	2267	2819
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	1,54	1,17
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,64	0,67
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,9	0,5
Transformační účinek (%)	58,4	42,7
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	2,29	
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	1,79	
Celkový transformační účinek (%)	21,83	

Tabulka 18: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru D s dobou opakování 100 let

Nádrž	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	1,52	2,08	3,01
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,47	1,13	1,98
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	1,05	0,95	1,03
Transformační účinek (%)	69,1	45,7	34,2
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	4,15		
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	3,12		
Celkový transformační účinek (%)	24,82		

Tabulka 19: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru D s dobou opakování 100 let

Nádrž	2	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	1272	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	0,65	1,37	2,2	2,88
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,42	0,47	1,13	2,03
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	0,23	0,9	1,07	0,85
Transformační účinek (%)	35,4	65,7	48,6	29,5
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	4,15			
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	3,30			
Celkový transformační účinek (%)	20,48			

Tabulka 20: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru D s dobou opakování 100 let

Nádrž	6	5
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	1,52	2,08
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,47	1,13
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	1,05	0,95
Transformační účinek (%)	69,1	45,7
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	4,15	
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	3,20	
Celkový transformační účinek (%)	22,89	

3.3.6 SCHOPNOSTI SOUSTAV TRANSFORMOVAT

Z navržených soustav byly vybrány soustavy s nejvyšším účinkem, pro které byly vypočteny transformační účinky dalších tvarů srážek a dob opakování, se kterými bylo modelováno, ale pro svou malou pravděpodobnost výskytu nebyly vybrány jako srážky návrhové.

Vybrané soustavy:

- 6 – 5 – 8
- 6 – 5

V následujících tabulkách 21 až 32 jsou vypsány transformační schopnosti navržených soustav pro různé tvary srážek a doby opakování. Při průchodu vlny ze srážky tvaru A s dobou opakování 100 let (tabulka 25) nebyla poslední nádrž pro navržené parametry schopna bezpečně převést průtok.

Tabulka 21: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru A s dobou opakování 20 let

Nádrž	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	3,62	4,55	7,43
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,61	3,5	7,01
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	3,01	1,05	0,42
Transformační účinek (%)	83,1	23,1	5,7
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	9,92		
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	9,50		
Celkový transformační účinek (%)	4,23		

Tabulka 22: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru A s dobou opakování 20 let

Nádrž	6	5
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	3,62	4,55
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,61	3,5
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	3,01	1,05
Transformační účinek (%)	83,1	23,1
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)		9,92
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)		8,87
Celkový transformační účinek (%)		10,58

Tabulka 23: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru A s dobou opakování 50 let

Nádrž	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	5,1	6,31	11,48
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,9	5,34	10,9
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	4,2	0,97	0,58
Transformační účinek (%)	82,4	15,4	5,1
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)			14,00
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)			13,42
Celkový transformační účinek (%)			4,14

Tabulka 24: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru A s dobou opakování 50 let

Nádrž	6	5
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	5,1	6,31
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,9	5,34
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	4,2	0,97
Transformační účinek (%)	82,4	15,4
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)		14,00
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)		13,03
Celkový transformační účinek (%)		6,93

Tabulka 25: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru A s dobou opakování 100 let

Nádrž	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	6,28	7,75	15,07
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	2,05	6,81	0
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	4,23	0,94	0
Transformační účinek (%)	67,4	12,1	0,0
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)			17,38
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)			17,38
Celkový transformační účinek (%)			0,00

Tabulka 26: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru A s dobou opakování 100 let

Nádrž	6	5
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	6,28	7,75
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	2,05	6,81
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	4,23	0,94
Transformační účinek (%)	67,4	12,1
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	17,38	
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	16,44	
Celkový transformační účinek (%)	5,41	

Tabulka 27: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru B s dobou opakování 20 let

Nádrž	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	2,02	2,83	3,82
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,55	2,15	3,72
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	1,47	0,68	0,1
Transformační účinek (%)	72,8	24,0	2,6
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)			5,86
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)			5,76
Celkový transformační účinek (%)			1,71

Tabulka 28: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru B s dobou opakování 20 let

Nádrž	6	5
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	2,02	2,83
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,55	2,15
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	1,47	0,68
Transformační účinek (%)	72,8	24,0
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)		5,86
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)		5,18
Celkový transformační účinek (%)		11,60

Tabulka 29: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru B s dobou opakování 50 let

Nádrž	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	2,9	3,91	6,34
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,63	3,12	6,14
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	2,27	0,79	0,2
Transformační účinek (%)	78,3	20,2	3,2
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)			8,41
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)			8,21
Celkový transformační účinek (%)			2,38

Tabulka 30: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru B s dobou opakování 50 let

Nádrž	6	5
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	2,9	3,91
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,63	3,12
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	2,27	0,79
Transformační účinek (%)	78,3	20,2
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)		8,41
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)		7,62
Celkový transformační účinek (%)		9,39

Tabulka 31: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru B s dobou opakování 100 let

Nádrž	6	5	8
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267	1859
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	3,58	4,78	8,99
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,81	4,31	8,64
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	2,77	0,47	0,35
Transformační účinek (%)	77,4	9,8	0,0
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	10,38		
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	10,03		
Celkový transformační účinek (%)	3,37		

Tabulka 32: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru B s dobou opakování 100 let

Nádrž	6	5
Maximální nadržení (m ³)	4757	2267
Max. přítok (m ³ .s ⁻¹)	3,58	4,78
Max. odtok (m ³ .s ⁻¹)	0,81	4,31
Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)	2,77	0,47
Transformační účinek (%)	77,4	9,8
Odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	10,38	
Transformovaný odtok závěrovým profilem (m ³ .s ⁻¹)	9,91	
Celkový transformační účinek (%)	4,53	

3.3.7 POUŽÍVÁNÍ MODELU SMODERP2D

Při prvním pokusu o modelování povrchového odtoku pomocí modelu SMODERP2D se jako hlavní problém jevila časová náročnost výpočtu pro běžné využití v praxi.

Během vypracovávání byla odzkoušena možná řešení pro urychlení výpočtu a zvýšení kvality výstupů. Jedním z řešení urychlení výpočtu bylo použít model terénu s menším rozlišením. Toto řešení fungovalo, ale jelikož již existovaly výstupy pro model terénu s vyšším rozlišením pro srovnání bylo zjištěno, že při použití nižšího rozlišení výrazně utrpěla kvalita dat povrchového odtoku v řádu celých čísel a navzdory výraznému zkrácení doby výpočtu z desítek hodin na jednotky byl pro výsledné modelování použit model s vyšším rozlišením.

Dalšími pokusy byly změny přímo ve zdrojovém kódu hodnoty „courant“, které zvyšuje nebo snižuje rozpětí hledání správného výsledku od 1, a tím je možné dosáhnout lepší kvality výstupních dat. Ve výchozím stavu byla tato hodnota 0,95. Jelikož její změna výrazně ovlivňovala dobu výpočtu, bylo vyzkoušeno pouze několik hodnot, a to 0,8, 0,7, 0,65 a 0,1. Při prvním pokusu na změnu hodnoty na 0,8 došlo k malému zlepšení kvality dat a doba výpočtu se příliš neprodloužila. Mezi hodnoty 0,95 a 0,7 došlo ke zlepšení kvality výstupních dat, doba výpočtu se ale prodloužila o několik hodin. Dále byla vyzkoušena změna hodnoty na 0,65, kdy kvalita dat narůstala, ale doba výpočtu se opět prodloužila o pár hodin. Nakonec byla vyzkoušena hodnota 0,1. Pro tuto hodnotu se výpočet natolik zpomalil, že nebylo možné dopočítat výsledky. S těmito poznatky bylo rozhodnuto, s ohledem na dostatek času, použít hodnotu 0,65, která poskytovala nejkvalitnější data vůči rychlosti výpočtu, ale i tak trvaly výpočty až 30 hodin.

Využití modelu SMODERP2D v praxi s těmito nastavenými parametry by nebylo možné, jelikož každá iterace by mohla trvat desítky hodin. Musí se tedy přistoupit k použití vyšší hodnoty „courant“ a menšímu rozlišení modelu terénu. Při použití takto nastavených hodnot docházelo k nadhodnocování výsledků, bylo by tedy možné, že navržená opatření by byla mírně předimenzována.

Jinými překážkami pro využití modelu v praxi by mohla být náročnost na vstupní data, která také výrazně ovlivňují kvalitu výstupů modelu nebo jeho uživatelská složitost.

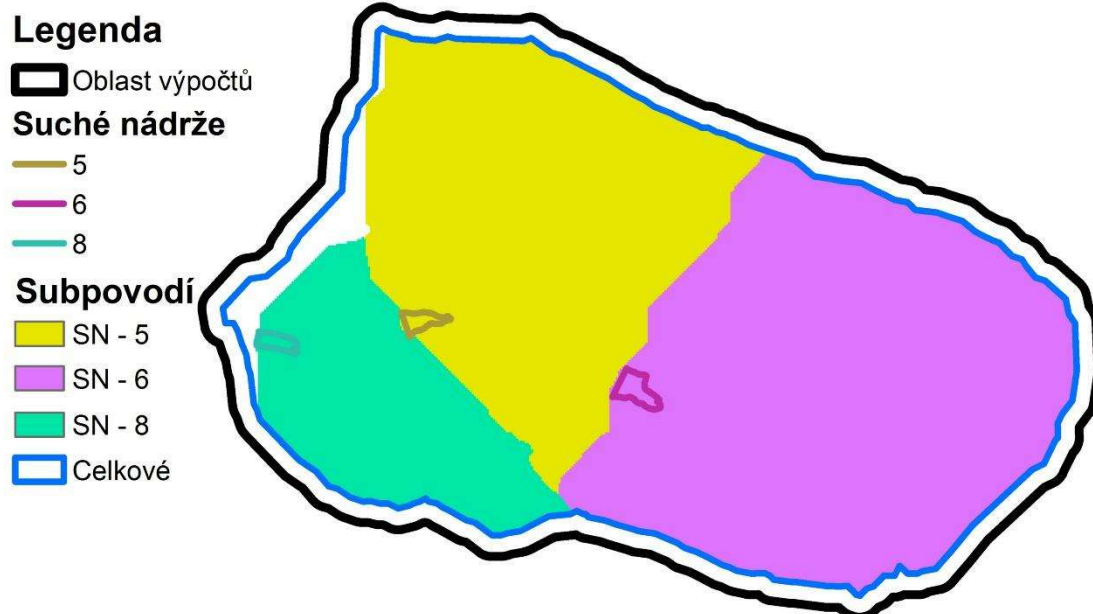
4 ZÁVĚR

V úvodu byly vytyčeny dva základní cíle, a to stanovení erozní ohroženosti území Libštát, kde probíhají pozemkové úpravy, a návrh varietního řešení protipovodňových opatření v subpovodí.

V kapitole 3.2.4 byla určena erozní ohroženost území Libštát pomocí metody USLE a je k nahlédnutí v podobě mapy v příloze číslo 1, kde jsou zobrazeny průměrné smyvy pro jednotlivé volené půdní celky. Dohromady bylo ohroženo vodní erozí průměrnou dlouhodobou ztrátou půdy ve střední míře 4 až 8 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ 19 pozemků a výrazně ohroženo 16 pozemků se ztrátou půdy 8 až 17,9 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Celková průměrná dlouhodobá ztráta půdy na zemědělských pozemcích a na pozemcích dlouhodobého zatravnění pro území Libštát byla stanovena na 1,9 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ se směrodatnou odchylkou 5,6 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Průměrná dlouhodobá ztráta na pozemcích se smyvem vyšším než 4 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ činila 8,3 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Zjištěné průměrné hodnoty byly nižší v důsledku výpočtu pro větší půdní celky. Erozní ohroženost byla posouzena dle využívání a nikoli dle vlastnických poměrů. Při posouzení erozní ohroženosti s přihlédnutím na vlastnické poměry se dá předpokládat, že by celková erozní ohroženost vyšla vyšší než při použití velkých půdních celků pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy. U posouzení erozní ohroženosti byla slabina u získání dat C faktoru, který by bylo pro přesnější výsledky vhodnější stanovit konkrétně, dle osevních postupů pro jednotlivé posuzované pozemky.

Jako protipovodňová opatření byly navrženy variace suchých nádrží. V kapitole 3.3.5 byly navrženy soustavy těchto nádrží. Z těchto soustav byly vybrány ty, které transformovaly návrhovou srážku nejúčinněji. Vybrané soustavy 6 – 5 – 8 a 6 – 5.

Na obrázku 27 jsou zobrazeny jednotlivá subpovodí pro výsledné navržené nádrže. Z výsledných nádrží byla největší a nejlépe transformovala nádrž číslo 6. Nádrž je ale situována v horní části povodí, v důsledku čehož nestačí pouze jedna nádrž, ale vzniká potřeba soustavy nádrží.



Obrázek 27: Subpovodí nádrží 6, 5 a 8 v celkovém povodí

Pro vybrané soustavy byl vypočten transformační účinek pro tvary srážek A, B, C a D s dobami opakování 20, 50 a 100 let. V tabulce 33 jsou hodnoty transformace a transformační účinek navržených soustav. Z tabulky 33 je patrné, že navržené soustavy vodních nádrží lépe transformují plošší průběh srážek C a D, pro něž byly i navrženy. Pokud ale porovnáme absolutní hodnoty, jelikož procentuální transformační účinek je vztažen k celkovému maximálnímu průtoku, jsou hodnoty transformace srovnatelné. Srážku tvaru A s dobou opakování 100 let nebyla schopna soustava 6 – 5 – 8 transformovat, toto by mohlo být napraveno například zkapacitněním bezpečnostního přelivu nebo zvýšením maximální hladiny nadržení. Dále mohou být transformační účinnosti soustav upraveny podrobným návrhem suchých nádrží.

Tabulka 33: Souhrn transformačních účinků vybraných sekvencí pro srážky tvaru A, B, C a D s dobami opakování 20, 50 a 100 let

Soustava	Tvar srážky	Pravděpodobnost výskytu (%)	Doba opakování (roky)	Transformační účinek (%)	Transformační účinek (m ³ .s ⁻¹)
6 - 5 - 8	C	24,9	20	33,8	0,74
6 - 5	C	24,9	20	26,9	0,59
6 - 5 - 8	C	26,9	50	35,0	1,12
6 - 5	C	26,9	50	19,1	0,61
6 - 5 - 8	C	28,2	100	22,0	0,91
6 - 5	C	28,2	100	23,2	0,96
6 - 5 - 8	D	36,9	20	34,1	0,78
6 - 5	D	36,9	20	27,9	0,59
6 - 5 - 8	D	41,2	50	35,1	1,14
6 - 5	D	41,2	50	18,8	0,61
6 - 5 - 8	D	44,6	100	24,8	1,03
6 - 5	D	44,6	100	22,9	0,95
6 - 5 - 8	A	10,4	20	4,2	0,42
6 - 5	A	10,4	20	10,6	1,05
6 - 5 - 8	A	9,1	50	4,1	0,58
6 - 5	A	9,1	50	6,9	0,97
6 - 5 - 8	A	8,3	100	0,0	0,00
6 - 5	A	8,3	100	5,4	0,94
6 - 5 - 8	B	3,8	20	1,7	0,10
6 - 5	B	3,8	20	11,6	0,68
6 - 5 - 8	B	3	50	2,4	0,20
6 - 5	B	3	50	9,4	0,79
6 - 5 - 8	B	2,3	100	3,4	0,35
6 - 5	B	2,3	100	4,5	0,47

SEZNAM PŘÍLOH

1 – Mapa erozní ohroženosti území Libštát

POUŽITÉ ZKRATKY V TEXTU

SPÚ – STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD

KoPÚ – KOMPLEXNÍ POZEMKOVÉ ÚPRAVY

JPÚ – JEDNODUCHÉ POZEMKOVÉ ÚPRAVY

PSZ – PLÁN SPOLEČNÝCH ZAŘÍZENÍ

ObPÚ – OBVOD POZEMKOVÝCH ÚPRAV

ÚSES – ÚZEMNÍ SYSTÉM EKOLOGICKÉ STABILITY

ZPF – ZEMĚDĚLSKÝ PŮDNÍ FOND

USLE – UNIVERZÁLNÍ ROVNICE ZTRÁTY PŮDY

HPJ – HLAVNÍ PŮDNÍ JEDNOTKA

ČR – ČESKÁ REPUBLIKA

RUSLE – REVIDOVANÁ UNIVERZÁLNÍ ROVNICE ZTRÁTY PŮDY

SMODERP – SIMULAČNÍ MODEL POVRCHOVÉHO ODTOKU A EROZNÍHO PROCESU

DMT – DIGITÁLNÍ MODLE TERÉNU

LPIS – LAND PARCEL IDENTIFICATION SYSTEM

KPP – KOMPLEXNÍ PRŮZKUM PŮD

BPEJ – BONITOVANÁ PŮDNĚ EKOLOGICKÉ JEDNOTKA

K. Ú. – KATASTRALNÍ ÚZEMÍ

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Katastrální území Libštát (podkladní mapa ZM10 ČÚZK)	28
Obrázek 2: Obvod pozemkových úprav pro k. ú. Libštát (podkladní mapa ZM10 ČÚZK)	29
Obrázek 3: Klimatické oblasti s vyznačením k. ú. Libštát (podkladová data: Přírodní Poměry, Quitt E. 1971)	30
Obrázek 4: Půdy nacházející se v k. ú. Libštát (podkladová data: Půdní mapa 1 : 50 000 nová a stará, Česká geologická služba)	31
Obrázek 5: Povodí IV. řádu v katastrálním území Libštát (podkladní data: DIBAVOD) ..	33

Obrázek 6: Využití území pro obvod pozemkových úprav Libštát.....	35
Obrázek 7: Rastr K faktoru pro obvod pozemkových úprav Libštát	38
Obrázek 8: Rastr LS faktoru pro obvod pozemkových úprav Libštát.....	39
Obrázek 9: Rastr C faktoru pro obvod pozemkových úprav Libštát	41
Obrázek 10: Model pro výpočet smyvu G	42
Obrázek 11: Rastr dlouhodobého smyvu pro obvod pozemkových úprav Libštát.....	43
Obrázek 12: Závěrný vyšetřovaný bod subpovodí (podkladní mapa ZM10 ČÚZK)	44
Obrázek 13: Generované subpovodí pro závěrný bod s podkladem akumulace odtoku	45
Obrázek 14: Využití území v subpovodí	46
Obrázek 15: Pravděpodobnosti výskytu tvaru jednotlivých srážek s dobou opakování 20 let (MZE 2017).....	47
Obrázek 16: Pravděpodobnosti výskytu tvaru jednotlivých srážek s dobou opakování 50 let (MZE 2017).....	47
Obrázek 17: Pravděpodobnosti výskytu tvaru jednotlivých srážek s dobou opakování 100 let (MZE 2017).....	48
Obrázek 18: Půdy v subpovodí	49
Obrázek 19: Zvolené hodnocené body v subpovodí (podkladní mapa ortofoto ČÚZK). 50	
Obrázek 20: Umístění nádrží v subpovodí (podkladní mapa ortofoto ČÚZK)	50
Obrázek 21: Charakteristické čáry nádrže číslo 2	51
Obrázek 22: Charakteristické čáry nádrže číslo 3	51
Obrázek 23: Charakteristické čáry nádrže číslo 4	52
Obrázek 24: Charakteristické čáry nádrže číslo 5	52
Obrázek 25: Charakteristické čáry nádrže číslo 6	53
Obrázek 26: Charakteristické čáry nádrže číslo 8	53
Obrázek 27: Subpovodí nádrží 6, 5 a 8 v celkovém povodí	68

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Průměrná hodnota ochranného vlivu vegetace v území Libštát použitá pro výpočty na celém území	40
Tabulka 2: Distribuce C faktoru dle využití území	40

Tabulka 3: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru C s dobou opakování 20 let.....	54
Tabulka 4: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru C s dobou opakování 100 let.....	55
Tabulka 5: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru D s dobou opakování 20 let.....	55
Tabulka 6: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru D s dobou opakování 100 let.....	55
Tabulka 7: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru C s dobou opakování 20 let a rozdíl v účinnosti oproti přechozímu návrhu	56
Tabulka 8: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru C s dobou opakování 100 let a rozdíl v účinnosti oproti přechozímu návrhu	56
Tabulka 9: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru D s dobou opakování 100 let a rozdíl v účinnosti oproti přechozímu návrhu	56
Tabulka 10: Transformační účinky všech jednotlivých nádrží pro srážky tvaru D s dobou opakování 100 let a rozdíl v účinnosti oproti přechozímu návrhu	57
Tabulka 11: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru C s dobou opakování 20 let.....	58
Tabulka 12: Celkový transformační účinek soustavy 5 – 8 pro srážku tvaru C s dobou opakování 20 let.....	58
Tabulka 13: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru C s dobou opakování 100 let.....	58
Tabulka 14: Celkový transformační účinek soustavy 2 – 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru C s dobou opakování 100 let	59
Tabulka 15: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru C s dobou opakování 100 let.....	59
Tabulka 16: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru D s dobou opakování 20 let.....	59
Tabulka 17: Celkový transformační účinek soustavy 5 – 8 pro srážku tvaru D s dobou opakování 20 let.....	60
Tabulka 18: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru D s dobou opakování 100 let.....	60

Tabulka 19: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru D s dobou opakování 100 let.....	60
Tabulka 20: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru D s dobou opakování 100 let.....	61
Tabulka 21: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru A s dobou opakování 20 let.....	61
Tabulka 22: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru A s dobou opakování 20 let.....	62
Tabulka 23: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru A s dobou opakování 50 let.....	62
Tabulka 24: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru A s dobou opakování 50 let.....	62
Tabulka 25: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru A s dobou opakování 100 let.....	63
Tabulka 26: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru A s dobou opakování 100 let.....	63
Tabulka 27: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru B s dobou opakování 20 let.....	63
Tabulka 28: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru B s dobou opakování 20 let.....	64
Tabulka 29: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru B s dobou opakování 50 let.....	64
Tabulka 30: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 pro srážku tvaru B s dobou opakování 50 let.....	64
Tabulka 31: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru B s dobou opakování 100 let.....	65
Tabulka 32: Celkový transformační účinek soustavy 6 – 5 – 8 pro srážku tvaru B s dobou opakování 100 let.....	65
Tabulka 33: Souhrn transformačních účinků vybraných sekvencí pro srážky tvaru A, B, C a D s dobami opakování 20, 50 a 100 let.....	69

SEZNAM ROVNIC

(1)USLE.....	19
(2)R faktor	20
(3)LS faktor.....	39
(4)Výsledný smyv G.....	42

SEZNAM ZDROJŮ A LITERATURY

NĚMEČEK, J., Macků, J., Vokoun, J., Vavříček, D., Novák, P. 2001: *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. ČZU, Praha.

QUITT Evžen, 1971. *Klimatické oblasti Československá*. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1971.

Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny.

Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí.

AVČR, 2011. *Větrné mapy* | Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i. *Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i* [online]. ©Copyright 2011 [cit. 02.04.2020]. Dostupné z: <http://www.ufa.cas.cz/struktura-ustavu/oddeleni-meteorologie/projekty-egp/vetrna-energie/vetrne-mapy.html>

BÍNOVÁ, Ludmila, Martin CULEK, Josef GLOS, Jiří KOCIÁN, Darek LACINA, Martin NOVOTNÝ a Eliška ZIMOVÁ. *Metodika vymezení územního systému ekologické stability* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2017 [cit. 28.03.2020]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_2017/\\$FILE/SOTPR_Priloha_Vestnik_Kveten_170609.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_2017/$FILE/SOTPR_Priloha_Vestnik_Kveten_170609.pdf)

ČHMÚ, 2020. Portál Český hydrometeorologický ústav | Historická data | Počasí | *Mapy charakteristik klimatu* [online] [cit. 02.04.2020]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>

ČÚZK, 2018. Český úřad zeměměřický a katastrální. *Katalog objektů ZABAGED® verze 3.0 ve znění dodatku č. 1 a č. 2*. [online]. ČÚZK, 2018 [cit. 05.04.2020]. Dostupné z:

https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/KATALOG_OBJEKTU_ZABAGED_2018.pdf

DEVÁTÝ, Jan. *Klasifikace území pro erozní modely pomocí GIS a veřejně dostupných datových zdrojů*. Praha, 2018. Disertační práce. České vysoké učení technické. Fakulta stavební. Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství. Vedoucí práce Tomáš DOSTÁL.

HOMOLÁČOVÁ, Jitka a Kristýna GROUŠLOVÁ, 2019. *Metodický návod k provádění pozemkových úprav ve znění změny č. 3* [online]. SPÚ, 2019 [cit. 2.03.2020]. Dostupné z: <https://www.spucr.cz/uzemkovy-upravu/e-knihovna/predpisy-a-navody-pn/metodiky-me/metodicky-navod-k-provadeni-pu>

INSPIRE, 2014. *Klasifikace půdních typů podle TKSP a WRB* [online] [cit. 24.4.2020]. Dostupné z: <http://geoportal.gov.cz/php/catalogue/libs/cswclient/cswClientRun.php?template=iso2htmlFull.xml&metadataURL=http%3A//geoportal.gov.cz/php/micka/csw/index.php%3FService%3DCSW%26request%3DGetRecordById%26version%3D2.0.2%26outputSchema%3Dhttp%3A//www.isotc21>

INSPIRE, 2020. WMS služby – Česká geologická služba [online] [cit. 6.4.2020]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/wms>

JANEČEK, Miroslav a kol., 2012. *Ochrana zemědělské půdy před erozí – Metodika 2012*. Česká zemědělská univerzita Praha. Fakulta životního prostředí ISSN 978-80-87415-42-9.

JAROŠEK, Radim, Jaromír KOSEJK, Magda MATOUŠOVÁ a Jana JISKROVÁ, 2019. Komplexní pozemkové úpravy z pohledu ochrany přírody a krajiny. Časopis Ochrana přírody [online] [cit. 21.3.2020]. Dostupné z: <http://www.casopis.ochranaprirody.cz/pece-o-prirodu-a-krajinu/komplexni-pozemkove-upravu-z-pohledu-ochrany-prirody-a-krajiny/>

KAVKA, Petr, 2017. *SMODERP2D – uživatelská příručka*. Simulační Model povrchového Odtoku a Erozního Procesu.

KAVKA, Petr, Miroslav MÜLLER, Luděk STROUHAL, Marek KAŠPAR, Vojtěch BLIŽNÁK, Martin LANDA, Lenka WEYSKRABOVÁ, Martin PAVEL a Tomáš DOSTÁL, 2018. *Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině*. ISBN 9788001063637.

MITASOVA, Helena, Jaroslav HOFIERKA, Maros ZLOCHA, Louis R. IVERSON 1996. *Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS*.

Časopis International Journal of Geographical Information Systems [cit. 1.4.2020]. ISSN 0269-3798. Dostupné z: doi:10.1080/02693799608902101

MZE, 2019. Ministerstvo zemědělství České republiky. *LPIS – modul iLPIS* Uživatelská příručka [online]. Ministerstvo zemědělství 2019. [cit. 21.3.2020] Dostupné z:

http://eagri.cz/public/web/file/2127/LPIS_modul_iLPIS_prirucka_20140831.pdf

NOVOTNÝ, Ivan, Martin MISTR a Vladimír PAPAJ, 2014. *Příručka ochrany proti vodní erozi*. 2.přepracované vydání. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 23.3.2020]. ISBN 978-80-87361-33-7 Dostupné z: <http://knihovna.vumop.cz/documents/843>

NOVOTNÝ, Ivan, Jan VOPRAVIL, Ladislava KOHOUTOVÁ, Miroslav PORUBA, Vladimír PAPAJ, Tomáš KHEL, Ivan ŽIGMUND, Zdeněk VAŠKŮ, Pavel NOVÁK, Zdeněk TOMIŠKA, Růžena KOUTNÁ, Miloslav PACOLA, Jiří NOVOTNÝ, Ivana PÍRKOVÁ, Lucie HAVELKOVÁ, Josef BROUČEK a Daniel ŽÍŽALA, 2013. *Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy 2013 ISBN 978-80-87361-21-4.

RENARD, K.G., G.R. FOSTER, G.A. WEESIES, D.K. MCCOOL a D.C. YODER, 1997. *Predicting Soil Erosion by Water: A guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation*. United States Department of Agriculture 1997.

SPÚ, 2019. *Jak probíhají a co jsou pozemkové úpravy?* [online]. Státní pozemkový úřad. [cit. 24.3.2020] Dostupné z: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:dOieCOKadegJ:https://www.spucr.cz/frontend/webroot/uploads/files/2017/05/jak_probihaji_a_co_jsou_pozemkove_upravy6119.pdf+&cd=3&hl=cs&ct=clnk&gl=cz

WISCHMEIER, Walter H. a Dwight D. SMITH, 1978. *Predicting rainfall erosion losses* [online]. *United states department of agruculture 1978*. [cit. 8.4.2020]. Dostupné z: https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/50201000/USLEDatabase/AH_537.pdf

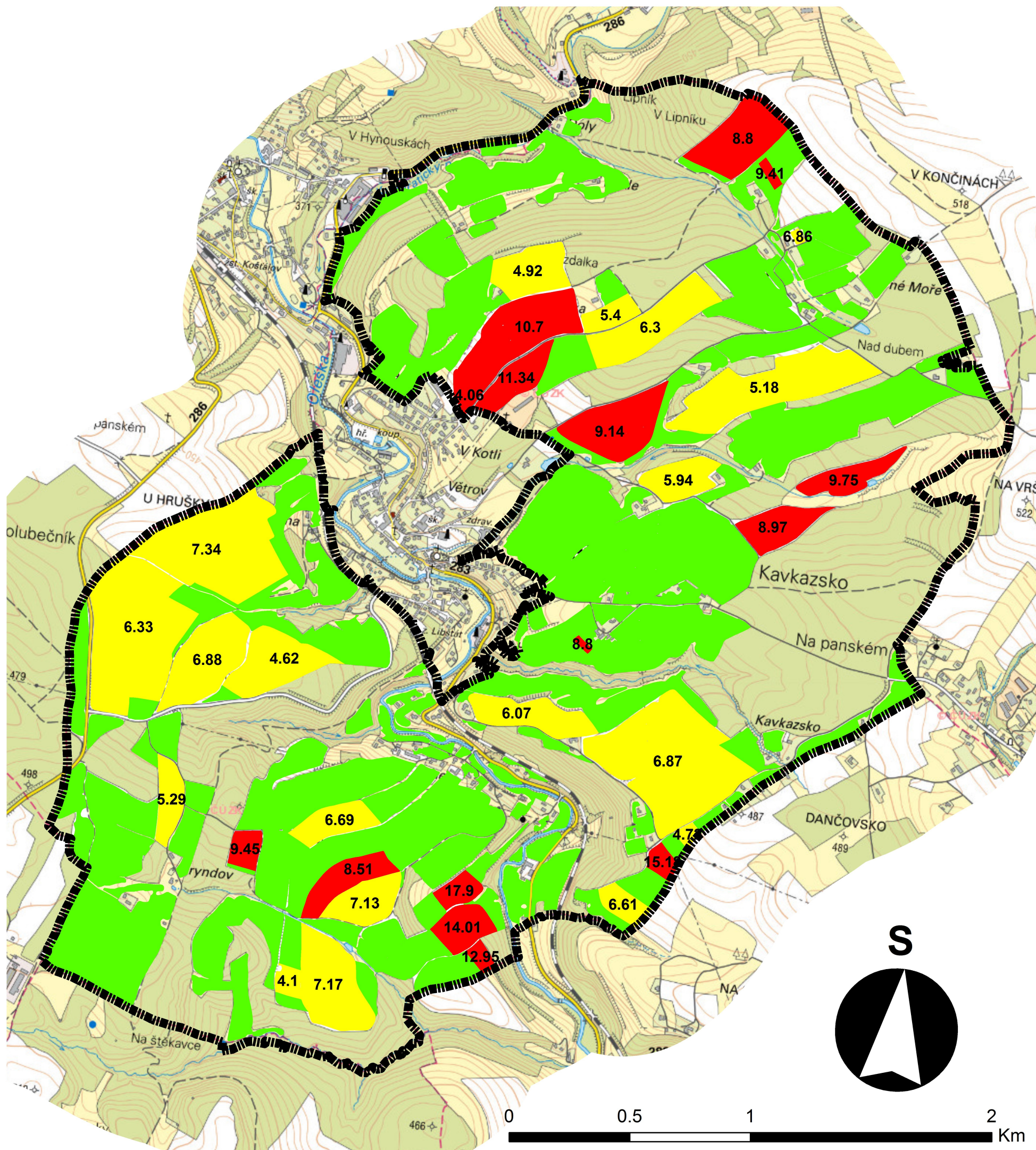
Přírodní poměry. *Klimatické oblasti – rozdělení území ČR na klimatické oblasti vychází z klimatologických dat období let 1901 až 1950 a 1926 až 1950* [online]. ©Quitt E. 1971. [cit. 17.4.2020] Dostupné z: <https://gis.nature.cz/arcgis/rest/services/PrirodniPomery/Klima/MapServer>

Česká geologická služba. *Půdy* [online]. Česká geologická služba [cit. 18.4.2020]
Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/wms>

DIBAVOD. VÚV T.G.Masaryka | Oddělení GIS | Struktura DIBAVOD [online].
©2017 Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, veřejná výzkumná instituce
[cit. 18.04.2020]. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/27/struktura-dibavod.html>

MZE, 2017. *Průběhy 6hodinových návrhových srážek na povodí IV. řádu* [online].
Ministerstvo zemědělství [cit. 22.4.2020] Dostupné z:
<https://rain1.fsv.cvut.cz/?PROJECT=rain%2Fwebapp>

MAPA EROZNÍ OHROŽENOSTI ÚZEMÍ LIBŠTÁT



Legenda

 ObPÚ

Dlouhodobá průměrná ztráta půdy G

(t/ha/rok)

 0 - 4

 4 - 8

 8 - 17,9

Mapa vytvořena v rámci bakalářské práce
Autor: Jan-František Kubát 25. 4. 2020
Podkladová data: ZM 1:10 000 ČÚZK