

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**Katedra pozemkových úprav**

**Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství**

**Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**ŘEŠENÍ PROTIEROZNÍ OCHRANY NA MODELOVÉM POVODÍ –  
MALČE BUDSKÝ POTOK**

Autor diplomové práce: **Václav Rada**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Ondr, CSc.**

**2009**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Katedra pozemkových úprav  
Akademický rok: 2006/2007

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav RADA**

Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**

Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

Název tématu: **Řešení protierozní ochrany na modelovém povodí - Malče Budský potok.**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

Cílem práce je posoudit a vyhodnotit erozní jevy na modelovém povodí Malče Budského potoka.

Provést průzkum povodí z hlediska pedologického, hydrogeologického a klimatologického.

Vyhodnotit srážkové úhrny pro nejbližší meteorologické stanice.

Vyhodnotit a propočítat erozní parametry pro místní podmínky.

Posoudit možnosti využití softwarového modelování v návrhu protierozních opatření.

Navrhnout zobecnění a upřesnění jednotlivých faktorů pro řešenou oblast .

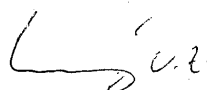
Rozsah grafických prací: Mapové podklady  
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


- Forman, R.T., Godron, M.: Landscape ecology. J.Wily and sons, New York, 1986  
Sklenička, P.: Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Praha, 2003  
Dumbrovský, M.: Metodický návod pro pozemkové úpravy a související informace. VÚMP Praha, 2000.  
Holý, M.: Protierozní ochrana. SNTL, Praha, 1978  
Časopis Soil and Water.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Ondr, CSc.  
Katedra pozemkových úprav  
Datum zadání diplomové práce: 28. března 2007  
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2009

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Martin Křížek, CSc.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. března 2007

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem práci na téma „Řešení protierozní ochrany na modelovém povodí – Malče Budský potok“ zpracoval samostatně. Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Českých Budějovicích, 30.4. 2009

Václav Rada

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych touto cestou vyjádřil svůj dík panu Ing. Pavlu Ondrovi, CSc. za jeho cenné připomínky, trpělivost a ochotu při vedení mé diplomové práce. Rovněž bych chtěl poděkovat všem ostatním, kteří mi vyšli maximálně vstříc a umožnili mi přístup ke všem potřebným informacím.

## **Anotace**

Cílem této diplomové práce je posoudit a vyhodnotit erozní jevy na modelovém povodí Malče Budského potoka. Lokalita se nachází na katastrálních územích Besednice, Soběnov a Malče. Zde byl proveden průzkum z hlediska pedologického, hydrogeologického a klimatického. Dále byly vyhodnoceny srážkové úhrny pro nejbližší meteorologickou stanici, která se nachází v Soběnově. Pro vyhodnocení a propočítání erozních parametrů na dané lokalitě byly využity metody ztráty půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe a stanovení transportu splavenin dle Williamse a Berndta. Výsledky a následné vyhodnocení odnosu půdy bylo provedeno na základě relativně přesné metody CN - křivek. Výsledkem této diplomové práce je navržení, zobecnění a upřesnění jednotlivých faktorů pro řešenou oblast.

**Klíčová slova:** eroze, ztráta půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe, stanovení transportu splavenin dle Williamse a Berndta, CN - křivky, srážkové úhrny, povodí

## **Annotation**

The aim of this thesis is to assess and evaluate the erosion phenomena at the model catchment of Malče Budský stream. This site is located on the cadastral areas Besednice, Soběnov and Malče. This survey was conducted in aspects of pedology, hydrogeology and climate. Further evaluations were rain amount for the nearest meteorological station, which is located in Soběnov. To evaluate and calculate erosion parameters for a given locality the methods of universal soil loss equation by Wishmeier and Smith and modified universal soil loss equation by Williams and Berndt have been used. The CN method was used for calculations and following evaluation of soil loss. The result of this thesis is designing, generalization and refinement of individual factors in solved area.

**Key words:** erosion, universal soil loss equation by Wishmeier and Smith, modified universal soil loss equation by Williams and Berndt, CN method, rain amount, catchment

<b>Obsah</b>	<b>7</b>
<b>1. ÚVOD</b>	<b>9</b>
<b>2. LITERÁRNÍ PŘEHLED</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Eroze</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Formy povrchové eroze</b>	<b>10</b>
2.2.1 Plošná eroze	11
2.2.2 Výmolová eroze	11
2.2.3 Proudová eroze	13
2.2.4 Podpovrchová vodní eroze	13
<b>2.3 Mechanismus erozních procesů</b>	<b>14</b>
<b>2.4 Návrh opatření proti vodní erozi</b>	<b>15</b>
2.4.1 Ztráta půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe	15
2.4.2 Přípustná ztráta půdy vodní erozí	19
<b>2.5 Povrchový odtok</b>	<b>19</b>
<b>2.6 Protierozní opatření proti vodní erozi</b>	<b>21</b>
2.6.1 Organizační opatření	22
2.6.2 Agrotechnická opatření	22
2.6.3 Biotechnická opatření	23
<b>2.7 Povodí a hydrografie</b>	<b>23</b>
2.7.1 Povodí	23
2.7.2 Plocha povodí F	25
2.7.3 Říční síť v povodí	25
2.7.4 Délka toku $L_T$	27
2.7.5 Sklonové poměry toku	27
<b>3. CÍL A METODIKA PRÁCE</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Cíl práce</b>	<b>29</b>
<b>3.2 Metodika</b>	<b>29</b>
3.2.1 Stanovení objemu přímého odtoku	30

3.2.2 Stanovení čísla CN křivek	31
3.2.3 Stanovení kulminačního průtoku ..	32
3.2.4 Stanovení transportu splavenin (MUSLE)	32
3.2.5 Ztráta půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe	33
3.2.6 Využití softwaru při přípravě dat a výpočtech	34
<b>4. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Pedologie a hydrogeologie zájmové oblasti</b>	<b>36</b>
<b>4.2 Klimatické poměry</b>	<b>38</b>
<b>4.3 Srážkové úhrny pro nejbližší meteorologické stanice</b>	<b>40</b>
<b>5. VÝPOČET EROZNÍCH PARAMETRŮ</b>	<b>43</b>
<b>5.1 Ztráta půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe</b>	<b>43</b>
5.1.1 Výsledky ztráty půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe	45
<b>5.2 Stanovení transportu splavenin</b>	<b>46</b>
5.2.1 Výsledky stanovení transportu splavenin	47
<b>6. ZÁVĚR</b>	<b>54</b>
<b>7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	<b>56</b>
<b>8. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK</b>	<b>59</b>
<b>9. SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>60</b>

..



# 1. ÚVOD

Eroze půdy je rozšířená a nepříznivě ovlivňuje přírodní a člověkem obhospodařované ekosystémy, obzvláště zemědělské a lesní ekosystémy. Z tohoto důvodu je půdní eroze jedním z nejvýznamnějších environmentálních problémů na světě. Následky jsou výrazné a dlouho trvá napravit jejich následky.

Ačkoli půdní eroze probíhá od počátku věků, je stále intenzivnější s růstem populace. Lidé svými různorodými aktivitami narušují přirozené ekosystémy. Eroze snižuje kvalitu půdy v přírodních, zemědělských a lesních ekosystémech, a tím se redukuje produktivita země. Výsledkem je také postupné snižování rozmanitosti rostlin, zvířat a mikrobů. Ohrožena je také nakonec i celá stabilita ekosystémů.

Když se eroze vyskytne na zemědělské půdě, stává se toto území neproduktivní a je opouštěno. Aby se tato ztráta půdy nějakým způsobem kompenzovala, jsou lesy vykáceny, aby tuto zemědělskou půdu nahradily. Eroze je vskutku hlavní příčinou odlesňování na celém světě.

Jelikož se erozní procesy v přírodě nedají absolutně zastavit, mělo by být jedním z cílů lidské populace snížení těchto procesů. Existují určité druhy protierozních opatření, která se dají rozdělit na 3 velké celky. Jsou to organizační, agrotechnická a biotechnická protierozní opatření. První dvě skupiny opatření jsou relativně levnější než skupina třetí. Z finančních důvodů bývají někdy tato opatření preferována.

V mé diplomové práci se zabývám posuzováním a vyhodnocováním erozních jevů na modelovém povodí Malče Budského potoka. K této činnosti je třeba znát území z hlediska pedologického, hydrogeologického a klimatického. Nedílnou součástí je i posouzení srážkových úhrnů na dané lokalitě. Z výsledků vyhodnocených a propočítaných erozních parametrů lze následně určit ta nejvhodnější protierozní opatření. Výsledkem mé diplomové práce je také navrhnout zobecnění a upřesnění jednotlivých faktorů pro řešenou oblast.

## **2. LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **2.1 Eroze**

Eroze je soubor procesů, které vedou k uvolňování, rozpouštění, obrušování a přemísťování půd a hornin na zemském povrchu. Rozlišuje se eroze říční, mořská, jezerní, ledovcová a větrná. Erozi půdní rozumíme vodní nebo větrné rozrušování půdy a její odnos na jiná místa, kde se ukládá. (Novotná, 2001)

Eroze je jevem, který se uplatňuje i bez vlivu člověka - eroze přirozená (geologická). Vinou člověka se však tento jev plošně rozšířil a současně intenzifikoval - dochází ke ztrátě půdy vyšší, než je schopno se na daném místě v daném čase vyvinout přirozenými procesy - zrychlená eroze. Hlavními faktory podmiňujícími vznik zrychlené eroze jsou: odlesnění, klimatické poměry, morfologické poměry (především sklon a délka svahů), vegetační, geologické, půdní poměry a způsob využívání krajiny (nadměrná pastva, nevhodné agrotechnické postupy ...). (Sklenička, 2003)

Půda je u nás ohrožena především vodní erozí, méně pak větrnou. (Jonáš, 1990)

Na erozně ohrožených plochách je třeba půdu chránit protierozními opatřeními. (Dumbrovský – Mezera – Skřítecký, 2004)

### **2.2 Formy povrchové vodní eroze**

Povrchovou vodní erozi můžeme podle Holého(1978) dělit dle účinků vody na půdní povrch do těchto kategorií:

- plošná,
- výmolová,
- proudová.

### **2.2.1 Plošná eroze**

Plošná eroze se projevuje smyvem půdy poměrně rovnoměrně na celé ploše. Selektivně postihuje přemísťování nejjemnějších částic. Vyskytuje se i při méně intenzivních deštích, větší intenzitou deště dochází k postupnému soustředování povrchově tekoucí vody do stružek a rýh. (Pasák, 1984)

Jejím prvním stupněm je eroze selektivní, při níž povrchový odtok odnáší jemné půdní částice a na ně vázané chemické látky. Dochází ke změně půdní textury a obsahu živin v půdě. Půdy podléhající selektivní erozi se stávají hrubozrnnějšími a mají snížený obsah živin, půdy obohacené smyvem jsou jemnozrnnější a bohaté na živiny.

Selektivní eroze probíhá zvolna, často nepozorovatelně a nezanechává viditelné stopy. Lze ji zjistit z jemného materiálu akumulovaného v dolních částech svahu po přívalovém dešti. Často jsou jemným materiálem zaneseny příkopy nebo komunikace.

Selektivní plošná vodní eroze způsobuje nestejný vývoj vegetace, projevující se rozdílným růstem, rozdílnou barvou a kvalitou v částech svahu, v nichž došlo ke smyvu jemných půdních částic a živin, a v dolní části svahu, v níž došlo k akumulaci smytého materiálu. Spolehlivě lze výskyt selektivní eroze zjistit texturálním rozbořem půdy a stanovením změny obsahu živin v průběhu svahu. (Holý, 1978)

### **2.2.2 Výmolová eroze**

U výmolové eroze jsou půdní částice oddělovány smykovým působením vody proudící po povrchu půdy a poklesem bočních stěn a malých zhlaví. Oddělené částice jsou transportovány kombinací válení, odskakování a suspendování. (Janeček, 1978)

Výmolová vodní eroze vzniká postupným soustředováním povrchově stékající vody, která vyrývá v půdním povrchu mělké zářezy, postupně se prohlubující.

Prvním stadiem výmolové vodní eroze je eroze rýžková a brázdová. Při rýžkové erozi vznikají v půdním povrchu drobné úzké zářezy, které vytvářejí na postiženém svahu hustou síť. Brázdová eroze se vyznačuje mělkými širšími zářezy, jejichž hustota

na svahu je menší než u eroze rýžkové. Vzhledem k tomu, že rýžková a brázdová eroze postihují obvykle velkou část povrchu svahu, označuje se tato eroze často jako nejvyšší stadium plošné eroze.

Z rýžek a brázd vznikají pokračujícím soustředěným odtokem hlubší rýhy, které se směrem po svahu postupně prohlubují. Jsou výsledkem rýhové eroze. Ta pak přechází ve vyšší stupeň - erozi výmolovou a ta v nebezpečnou, území devastující erozi stržovou. Výsledkem výmolové a stržové eroze jsou hluboké výmoly a strže. (Holý, 1978)

Podnětem ke vzniku výmolové eroze je soustředění dešťového odtoku, a to zejména ve zhlaví vznikajícího výmolového zářezu, v němž se vějířovitě sbíhají a spojují erozní brázdičky. Soustředěný vodní proud pak postupně vymílá, vyrývá a prohlubuje dno výmolového zářezu ve směru územního sklonu a současně se zařezává a posunuje jeho zhlaví do svahu zpětným posunem proti proudu (tzv. zpětná neboli regresivní eroze).

Podle povahy erodované půdy a horninového podkladu i podle vývojového stupně eroze vznikají různé tvary výmolových zářezů. Zpočátku výmolové brázdy bývají hluboké nejvýše 1-2 m. Jejich další vývojovou formou jsou pak buď kratší a často pánovitě vytvořené výmoly (zmoly), nebo prodloužené strže (rokliny), jež mohou být značně hluboké a dlouhé i několik kilometrů.

Rovněž příčný profil výmolových zářezů je různý. V aluviálních hlínách nebo v mocných sprašových navátinách se tvoří průrvy s příkrými až svislými stěnami typického tvaru písmene "U". V tomto případě mluvíme o erozi tunelové. Jsou-li podorniční půdní vrstvy odolnější, a zejména je-li geologický podklad pevnější než svrchní vrstvy, vznikají výmoly a strže ve tvaru písmene "V" se svahy více či méně sklonitými. Zvláštním případem jsou zemní kulisy, které se vytvářejí v sypkých nebo málo pevných, drobných horninách působením svislé výmolové eroze. U nás takto vznikla známá pískovcová „skalní města“ u Prachova, Adršpachu, v Českém Švýcarsku aj.

Výmolové zářezy, které již nelze zahladit obvyklým zpracováním půdy, poškozují velmi citelně kulturně používané půdy, neboť často ničí rozsáhlé plochy polí, pastvin a lesů a znemožňují také řádné obhospodařování okolních pozemků. Jsou rovněž škodlivé tím, že dešťová voda rychle stéká do jejich prostorů, aniž zavlažila půdu. (Cablík - Jůva, 1963)

### **2.2.3 Proudová eroze**

Proudová vodní eroze probíhá ve vodních tocích působením vodního proudu. Je-li rozrušováno pouze dno, mluvíme o erozi dnové, jsou-li rozrušovány břehy, o erozi břehové. Dnová eroze je formou podélné eroze, prohlubující podélné osy toku, břehová eroze je formou eroze, probíhající směrem kolmo na osu toku. Nejvýrazněji se projevuje proudová eroze v bystřinách, jež nesou obvykle velké množství splavenin. (Holý, 1978)

Voda tekoucí korytem vodního toku má schopnost přepravovat usazeniny dodávané do vody ze svahů kopců nebo přímo naerodované usazeniny z břehů či řečiště. Množství transportovaných usazenin závisí hlavně na objemu průtoku; ten samozřejmě souvisí s velikostí povodí a bude kolísat podle vstupů ze srážek. (Montgomery, 2007)

### **2.2.4 Podpovrchová vodní eroze**

Podpovrchovou erozí se někdy označuje přemísťování půdních částic a živin z vrchních půdních horizontů do nižších, a to působením infiltrující srážkové vody. Tento proces však patří k normálním půdotvorným procesům a není vhodné označovat ho jako erozi.

V půdách podléhajících lehce destruktivnímu účinku vody, zejména ve spraších, dochází k vymílací činnosti podzemních vod, jež se hromadí na nepropustné vrstvě. Vznikají tunely, jež snižují stabilitu nadložních vrstev. Činnost vody vedoucí ke vzniku tunelů se označuje jako tunelová eroze. Poněvadž dochází často k proboření stropu tunelů, čímž vznikají hluboké výmoly, zařazuje se tunelová eroze někdy do eroze výmolné (Holý, 1978)

## 2.3 Mechanismus erozních procesů

Erozní procesy probíhaly a budou probíhat neustále; jsou činitelem, který působí nepřetržitý vývoj a změny povrchu Země. Vyvolávají je přírodní síly, k jejichž vlivu přispívá činnost člověka, jež je výrazná zejména v posledním období, v němž společnost intenzivně využívá přírodní zdroje pro svůj další rozvoj.

Mechanismus erozních procesů se řídí působením a vzájemnou interakcí faktorů, které je vyvolávají a ovlivňují. (Holý, 1978)

Nejvýznačnější faktory podle Holého (1978) jsou:

- klimatický a hydrologický,
- morfologický,
- geologický a půdní,
- vegetační,
- hospodářsko-technický,
- sociálně ekonomický.

### **Klimatický a hydrologický faktor**

Podle Janečka (2008) jsou to zeměpisná poloha, nadmořská výška, množství, rozdělení a intenzita srážek, teplota, oslunění, výpar, odtok a výskyt, směr a síla větrů.

### **Morfologický faktor**

Podle Janečka (2008) jsou to sklon území, délka a tvar svahu a expozice, nevětrnost.

### **Geologický a půdní faktor**

Podle Janečka (2008) jsou to povaha horninového substrátu, půdní druh a typ a textura a struktura půdy, její vlhkost a zvrstvení, obsah humusu.

### **Vegetační faktory**

Podle Janečka (2008) je to hustota a délka trvání pokryvu.

### **Antropogenní faktory**

Podle Janečka (2008) jsou to poloha a tvar pozemků, směr obdělávání a střídání plodin.

## 2.4 Návrh opatření proti vodní erozi

### 2.4.1 Ztráta půdy vodní erozí dle Wisheiera a Smithe

Průběh erozních procesů určují především faktory, jejichž kvantitativní účinek je vyjádřen v rovnici pro výpočet ztráty půdy za přívalových dešťů. (Pasák – Janeček – Šabata, 1983)

Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) je nejvíce používaná erozní rovnice. Rovnici a její vývoj pozorovali více než 40 let při zkoumání pokusného pole sklízeného Zemědělskou výzkumnou službou (Agricultural Research Service). (Fistikoglu, Harmancioglu, 2002)

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

kde:  $G$  = průměrná dlouhodobá ztráta půdy ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ),

$R$  = faktor erozní účinnosti přívalového deště,

$K$  = faktor náchylnosti půdy k erozi,

$L$  = faktor délky svahu,

$S$  = faktor sklonu svahu,

$C$  = faktor ochranného vlivu vegetace,

$P$  = faktor vlivu protierozních opatření. (Wishmeier - Smith, 1978)

Vypočtená hodnota je dlouhodobá průměrná roční ztráta půdy a udává množství půdy, které bylo na pozemku uvolněno plošnou vodní erozí, nezahrnuje však její ukládání na pozemku či na plochách ležících pod ním. Rovnice se nedoporučuje používat pro kratší než roční období a pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu. (Janeček, 2007)

#### **Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R)**

Vztah pro faktor erozní účinnosti deště  $R$  byl v USA odvozen na základě velkého množství dat o dešťových srážkách. 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 30-ti minutové intenzity ( $i_{30}$ ):

$$R = E \cdot i_{30}/100$$

kde:  $R$  = je faktor erozní účinnosti deště /MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>/,

$E$  = celková kinetická energie deště /J.m<sup>-2</sup>/,

$i_{30}$  = max. 30 ti minutová intenzita deště /cm.h<sup>-1</sup>/.

Faktor erozní účinnosti srážek  $R$  tedy závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu.

Roční hodnota faktoru  $R$  se určuje z dlouhodobých záznamů o srážkách a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přívalových dešťů, které se v daném roce vyskytly, přičemž se neuvažují deště s úhrnem menším než 12,5 mm a pokud v průběhu 15ti-minut nespadlo alespoň 6,25 mm. Deště musí být oddělené od ostatních dešťů dobou delší než 6 hodin.

Pro Českou republiku byla průměrná hodnota faktoru erozní účinnosti deště  $R = 20$  MJ.ha.cm/hod.rok<sup>-1</sup> určena na základě dlouhodobé řady pozorování srážek ve stanicích Českého hydrometeorologického ústavu (dále ČHMÚ) Praha – Klementinum, Tábor a Bílá Třemešná s tím, že k výpočtu  $R$ -faktoru byly použity deště s úhrny sníženými o 12,5 mm.

Využitím nově zpracovaných dlouhodobých řad ombrografických záznamů z dalších stanic ČHMÚ a provedením důkladnějšího metodického rozboru erozní účinnosti srážek bude možné přesněji stanovit  $R$ -faktor pro území České republiky. (Janeček, 2008)

### **Faktor náchylnosti půdy k erozi (K)**

Půdní vlastnosti ovlivňují jednak průběh vsaku srážkové vody do půdy, jednak odolnost půdy proti odnosu povrchově odtékající vodou. Faktor náchylnosti půdy k



erozi K je definován jako odnos v tunách 1 ha a na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku (kypřený černý úhor se sklonem 9 % a délkou svahu 22,13 m). (Pasák – Janeček – Šabata, 1983)

### Vliv sklonu a délky svahu (S) a (L)

Zkombinovaný LS faktor byl vypočítán násobením faktoru L a faktoru S vyčtených z map. V roce 1987 představil Mc Cool následující vztah počítající délku svahu neboli L faktor:

$$L = (\lambda / 22,1)^m$$

kde: L = svahový délkový faktor,

$\lambda$  = nepřerušovaná délka svahu (m),

m = bezrozměrný exponent, který závisí na strmosti svahu.

Hodnoty exponentu m se určují podle následující tabulky:

Sklon svahu (%)	<5	3,1 – 4,9	1 - 3	<1
m	0,5	0,4	0,3	0,2

Tab. 2-1 Tabulka sklonů svahu a příslušných hodnot m

Pro délku svahu delší než 4 m byla odvozena následující rovnice faktoru sklonu:

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 \quad s < 9\%$$

$$S = 16,8 \sin \theta - 0,05 \quad s \geq 9\%$$

Kde: S = faktor sklonu,

$\theta$  = úhel svahu ve stupních. (Pandey, Chowdary, Mal, 2009)

### Hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace (C)

Vliv porostních poměrů na průběh erozních procesů se projevuje jednak přímo tím, že se vegetační kryt staví jako překážka do cesty padajícím dešťovým kapkám a po

půdním povrchu stékající vodě, a jednak nepřímo působením vegetace na vlastnosti půdy, především na její pórovitost. Ochrana půdního povrchu rostlinným krytem před účinkem dešťových kapek spočívá v zachycení kapek nadzemními orgány vegetace. Dochází k útlumu kinetické energie a tím ke snížení nebezpečí rozrušování půdních agregátů. Snížení rychlosti povrchově stékající vody, způsobené zvýšením drsnosti půdního povrchu výhonky a přízemními listy rostlin, znamená nejen snížení erozního účinku povrchově stékající vody, ale vede též ke zvýšení vsakování vody do půdy, které je zesíleno i zvýšením pórovitosti a propustnosti svrchní vrstvy půdy působením biocenózy a omezením ucpávání povrchu půdy erodovanými půdními částicemi. Ochranný vliv vegetace je tím vyšší, čím je vegetační kryt hustší a čím déle během roku existuje. Proto dokonalou protierozní ochranu znamenají porosty trav a jetelovin, zatímco kultury širokořádkové (kukuřice, okopaniny, ovocné výsadby a vinice) chrání půdu zcela nedostatečně.

Hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C představují poměr smyvu na pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy na kypřeném černém úhoru při stejných podmínkách. (Pasák – Janeček – Šabata, 1983)

### **Faktor vlivu protierozních opatření**

Účinnost protierozních opatření je vyjádřena hodnotami faktoru P. Nejméně účinným z těchto opatření je konturové obdělávání podél vrstevnic. Účinnější je pásové pěstování plodin, kdy se na svahu střídají podél vrstevnic umístěné pásy plodin, chránících půdu proti erozi nedostatečně, s pásy víceletých píceňin nebo ozimých obilovin. Hrázkování (přerušované brázdování) se dobře uplatní v porostech brambor, ale též v ovocných výsadbách a vinicích. Konečně nejúčinnějším technickým protierozním opatřením je terasování, kdy výrazně erozně ohrožený svah se střídavě ve směru vrstevnic upraví vždy na nechráněný pruh půdy s malým nebo dokonce nulovým příčným spádem a na svah terasovaného stupně s mimořádně vysokým sklonem, chráněný travním porostem, případně v extrémních sklonech tvořený zdí. (Kvítek a kol., 2004)

### 2.4.2 Přípustná ztráta půdy vodní erozí

K posouzení míry erozního ohrožení pozemků slouží spolu s dalšími kritérii princip přípustné ztráty půdy, která je definována jako maximální hodnota ztráty půdy dovolující trvale a ekonomicky dostupně udržovat úrodnost půdy. Při určování mezi přípustné ztráty půdy erozí se uvažovalo se skutečnou mocností půdního profilu, požadovanými vlastnostmi půdy v budoucnu a s předpokládanou ztrátou půdy. Obecně platí, že čím je půda erodovanější, tím je přípustná ztráta menší.

Pokud vypočtená ztráta půdy překračuje hodnoty přípustných ztrát stanovených podle hloubky půdního profilu u půd:

mělkých (do 30 cm)	- 1 t . ha <sup>-1</sup> . rok <sup>-1</sup>
u středně hlubokých (30 - 60 cm)	- 4 t . ha <sup>-1</sup> . rok <sup>-1</sup>
u hlubokých (nad 60 cm)	- 10 t . ha <sup>-1</sup> . rok <sup>-1</sup> ,

je zřejmé, že způsob využívání pozemku nezabezpečuje dostatečnou ochranu půdy před erozí. Hloubka půdy je charakterizována mocností půdního profilu, kterou omezuje skalní podklad, rozpad půdy nebo vysoká skeletovitost. Hloubka půdy se určí terénním průzkumem v místech nejsvažitéjší části pozemku. Orientačně lze hloubku půdy zjistit podle bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Hloubka půdy je v systému BPEJ vyjádřena 5. číslicí sdruženého kódu BPEJ pro skeletovitost a hloubku půdy. Kódy 7, 8, a 9 jsou určeny pro BPEJ pozemků se sklonem > 12° a pro BPEJ nevyvinutých (rankerových) půd. Pro půdy s kódem 8 a 9 je hloubku půdy nutné zjistit terénním průzkumem. (Janeček, 2008)

## 2.5 Povrchový odtok

Na našem území se průměrně v každém místě vyskytne 1x za rok 5 až 6 krátkodobých přívalových, zpravidla bouřkových dešťů se srážkovými úhrny nad 10 mm. Při těchto deštích, jejichž úhrn a intenzita překračuje počáteční akumulaci půdy a intenzitu infiltrace, dochází, zejména na svažitých pozemcích, k zvýšenému povrchovému odtoku. Obdobný jev se vyskytuje i při jarním tání, kdy se voda z tajícího

sněhu nestačí vsakovat do vodou nasycené, často ještě zmrzlé půdy. V důsledku morfologické rozmanitosti půdního povrchu se povrchově odtékající voda soustřeďuje a vytváří v orné půdě drobné rýžky, rýhy, někdy až strže. Odtok, vznikající v horních částech povodí stéká pak dolů různými druhy proudění, které jsou ovlivňovány velkým počtem faktorů, jako je rozdělení srážek v prostoru a čase, akumulace v povodí a korytech, hydraulikou vodního toku apod.

Hydrologické studie určující základní parametry odtoku vycházejí z dlouhodobě sledovaných průtoků v uzávěrových profilech povodí. Takové údaje jsou však v malých povodích zřídka k dispozici. Tam kde jsou, nemusí být směrodatné, zejména tehdy, pokud došlo ke změně způsobu využívání půd. Potřebné návrhové parametry, jako je objem odtoku a kulminační průtok, je možné stanovit pomocí hydrologických modelů, vyjadřujících vliv charakteristik povodí na odtokový proces.

Postihnout tento složitý srážkoodtokový vztah se snažila a snaží řada autorů. Služba na ochranu půdy (SCS) v USA zavedla v této souvislosti tzv. „metodu čísel odtokových křivek – CN. Jedná se o jednoduchý model s poměrně snadno dosažitelnými vstupy, použitelný pro výpočet charakteristik povrchového, správněji přímého odtoku způsobeného přívalovým deštěm z povodí o ploše od 5 do 10 km<sup>2</sup> .

Přímý odtok zahrnuje odtok povrchový a odtok hypodermický. Podíly těchto složek celkového odtoku se oceňují pomocí čísel odtokových křivek - CN. K hypodermickému odtoku, podílejícímu se na přímém odtoku dochází tehdy, když do půdy infiltrovaná voda stéká po mělce uložené, málo propustné vrstvě a vyvěrá opět na povrch, na rozdíl od základního odtoku, na jehož tvorbě se podílí voda, která infiltuje až k hladině podzemní vody. Tento základní odtok se objevuje zřídka natolik brzo po přívalovém dešti, aby měl vliv na velikost povodňové vlny vyvolané přívalovým deštěm. CN je tedy současně i ukazatelem pravděpodobnosti typu odtoku. Čím větší CN, tím je pravděpodobnější, že se přímý odtok týká povrchového odtoku.

Metoda CN – křivek je použitelná k posuzování vlivu způsobů využívání povodí, protierozních opatření a dalších změn na velikost povrchového odtoku a zejména pak k navrhování a posuzování technických protierozních opatření, jako jsou dráhy soustředěného povrchového odtoku - zatravněné údolnice, průlehy, záchytné příkopy, zasakovací pásy, ochranné hrázky a malé vodní nádrže, v souladu s ČSN 75 1300. "Hydrologické údaje povrchových vod". Metodu nelze použít pro výpočet odtoku z tání sněhu.

Základním vstupem metody CN - křivek je srážkový úhrn, za předpokladu jeho stejnoměrného rozdělení po ploše povodí. Objem srážek je transformován na objem odtoku pomocí čísel odtokových křivek - CN. Jejich hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd resp. infiltraci, obsahu vody v půdě, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, retenci, resp. intercepci a povrchové akumulaci. (Janeček, 2008)

## **2.6 Protierozní opatření proti vodní erozi**

Ochrana půdy před účinky eroze je důležitým prvkem ochrany a organizace půdního fondu. Jde o zamezení škodlivé účinnosti vody a větru, čili opatření proti vodní a větrné erozi. Při vodní erozi narušuje tekoucí voda povrchovou strukturu a odplavuje půdní částice a živiny. Obdobný vliv má proudění vzduchu. (Podhrázská, Dufková, 2005)

Protierozní opatření u vodní eroze se stejně jako u větrné dělí na organizační, agrotechnická a biotechnická (biologická, stavebně-technická). První dvě skupiny opatření jsou relativně levnější než skupina třetí. Z finančních důvodů bývají někdy tato opatření preferována. (Pasák, 1984)

### **2.6.1 Organizační opatření**

Principy zajišťující ochranu půdy proti vodní erozi:

- pěstování plodin dle specifik stanoviště a plodiny,
- včasný termín výsevu plodin,
- výsev víceletých pícnin do krycí plodiny,
- posun podmítky do období s nižším výskytem přívalových dešťů,
- zařazování bezorebně setých plodin,
- rozmístění plodin dle svažitosti pozemku,
- ochranné zatravnění a zalesnění,
- protierozní rozmíst'ování plodin,
- protierozní osevní postupy,
- pásové střídání plodin,
- protierozní směr výsadby sadů a vinic. (Dumbrovský, 2004)

### **2.6.2 Agrotechnická opatření**

- protierozní agrotechnologie na orné půdě,
- výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče či posklizňových zbytků,
- hrázkování a důlkování povrchu půdy,
- protierozní agrotechnologie ve speciálních kulturách,

- zatravnění mezičásí,
- krátkodobé porosty v mezičásí,
- mulčování,
- hrázkování a důlkování půdy v meziřadí. (Janeček, 1992)

### **2.6.3 Biotechnická opatření**

- terasy - úzké vrstevnicové terasy, úzké paralelní terasy, široké terasy, terasové dílce
- záchytné, svodné příkopy,
- cestní síť a příkopy,
- zatravněné pásy podél vodotečí,
- obdělávatelné a zatravněné průlehy – zatravněné údolnice,
- nádrže. (Dumbrovský, 2004)

## **2.7 Povodí a hydrografie**

### **2.7.1 Povodí**

Povodí je území, které je vodním tokem a soustavou jeho přítoků soustředěně odvodňováno. V území tvořeném nepropustnými horninami je omezeno rozvodnicí, která probíhá po hřbetech a vyvýšeninách, jež oddělují povodí od povodí sousedních. Takové povodí nazýváme orografickým nebo též geografickým.

V územích s propustným povrchem zasahuje skutečné povodí toku za hranice orografického povodí, protože voda srážek se dostává do vodního toku i z území ležícího za rozvodnicí, a to infiltrací a podzemními vodními cestami. Takové území

nazýváme povodím podzemní vody nebo geologickým nebo hydrogeologickým. K jeho vymezení je zapotřebí znát geologickou stavbu území.

V hydrogeologických výpočtech se většinou vychází z povodí orografického. V územích s propustným povrchem, např. v územích krasových a v případech, kdy záleží na přesném zjištění podzemního přítoku a odvodnění, je třeba vycházet z hydrogeologického povodí. V hydrologii se pod pojmem povodí rozumí povodí orografické, pokud není uvedeno jinak. Povodí vodního toku určíme ve vrstevnicové mapě tak, že z bodu, který na vodním toku povodí uzavírá, vynášíme na obou březích čáru, která je kolmá k vrstevnicím a která postupně přechází na hřbety, které povodí omezují.

Povodí podzemní vody (hydrogeologické) určíme z vrstevnicové geologické mapy, z níž si vyneseme geologické profily a určíme území, z něhož nastává odtok podzemní vody do uvažovaného hydrologického profilu.

Z veličin, které charakterizují povodí, jsou významné:

- plocha povodí; měříme ji planimetrem a uvádíme v km<sup>2</sup>; má význam pro nejrůznější hydrologické výpočty;
- tvar povodí podle říční soustavy; např. protáhlý tvar s výrazným hlavním tokem a krátkými přítoky (např. povodí Váhu); vějířovitý tvar s toky, které se spojují poblíž jednoho bodu (např. povodí Mže v Plzni) a jiné tvary;
- podélný profil toků v povodích
- morfologická členitost povodí ve vertikálním i horizontálním směru
- sklony svahů
- geologické poměry
- vegetační pokryv

Všechny tyto veličiny více nebo méně ovlivňují povrchový i podzemní odtok.

Časem, k němuž hydrologickou bilanci vztahujeme, tj. pro který ji vypočítáváme, může být jakákoliv doba, a to jakýkoliv časový okamžik nebo delší



období (např. vegetační období, rok apod.). Často se hydrologická bilance stanoví pro tzv. hydrologický rok. (Šilar a kol., 1983)

### 2.7.2 Plocha povodí F

Plocha povodí F je jednou z nejdůležitějších charakteristik, vytváří představu o významu toku, který dané povodí odvodňuje. Definována je jako plocha půdorysného průmětu povodí do vodorovné roviny. Udává se zpravidla v km<sup>2</sup>. Stanoví se planimetrováním z map vhodného měřítko.

Představu o postupném nárůstu plochy povodí směrem po toku a symetričnosti povodí získáme z grafu vývinu povodí.

Vzájemný vztah bilančních prvků je pro povodí dán rovnicí vodní bilance:

$$H_s = H_o + H_v + R$$

kde:  $H_s$  = množství srážek, spadlé na povodí,

$H_o$  = množství vody odtékající uzavírajícím profilem povodí,

$H_v$  = množství vody, které se z povrchu povodí odpařilo,

$R$  = změna v zásobách vody na povodí (v rybnících, jezerech, v půdě, v podzemních vodách).

Důležité je, aby se všechny prvky bilanční rovnice vztahovaly ke stejnému období. Základním bilančním obdobím užívaným v hydrologii je hydrologický rok. To je časově uzavřená jednotka o délce 12 měsíců, volená tak, aby pevné srážky spadlé na povrch v hydrologickém roce (tedy i sníh a led), v něm také otekly. U nás se hydrologický rok počítá od 1.XI. do 31.X. následujícího roku.

Pro období dlouhé řady let, kdy se změny zásoby vody na povodí blíží k nule, lze výraz R zanedbat, takže se rovnice zjednoduší na tvar:

$$H_s = H_o + H_v \quad (\text{Kvítek a kol., 2004})$$

### 2.7.3 Říční síť v povodí

Voda ze srážek, která stéká po zemském povrchu vlivem gravitace, se soustřeďuje ve vodních tocích. Z počátku dochází k proudění vody po svahu v tenké vrstvě – roně, dále v drobných stružkách (erozních rýhách), které se postupně spojují ve vodní toky.

Vodní tok je přírodní (bystřina, potok, řeka) nebo umělý vodní útvar (kanál, náhon) ve kterém se soustřeďuje a odtéká voda buď trvale nebo po delší část roku.

Pro rozlišení mezi bystřinou, potokem a řekou nejsou pevná kritéria, rozhodující jsou někdy i místní zvyklosti. Řeka je zpravidla tok vyznačující se většími průtoky a velkou plochou povodí. Potok je obecné označení pro menší vodní tok s malou plochou povodí. Bystřina se vyznačuje nepravidelným sklonem dna, zpravidla značným pohybem splavenin a náhlými změnami průtoků.

Vodní toky odvodňují jenom určitou část území. To je dáno rozvodím, tj. geomorfologickým útvarem, tvořícím přirozené rozhraní mezi povodími.

Hlavní tok s přítoky tvoří říční soustavu. Vodní toky v říční soustavě označujeme řádem toku. Tok, vlévající se do moře, je tokem I. řádu (v ČR jsou to Labe a Odra), přítok toku I. řádu je tok II. řádu (např. Vltava), jeho přítok je tok III. řádu (např. Malše) atd.

Hlavní tok je tedy tok nejvyššího řádu v povodí. Toky v povodí jsou ale dále řazeny (označovány) také podle hydrologického pořadí, to je postupně, od pramene po proudu, od toku nižšího řádu k vyššímu.

Označení toků dle hydrologického pořadí (od pramene k zaústění) představuje smluvený systém, který se využívá často při hydraulických matematických modelech odtokového procesu. Podle hydrologického pořadí jsou rovněž členěny hydrologické údaje pro toky a jejich přítoky.

Hydrologické soustavy v uvažovaném území tvoří říční síť. Říční síť v povodí se charakterizuje hustotou říční sítě, která představuje poměr mezi celkovou délkou všech toků v uvažovaném území a plochou povodí.

$$r = \frac{\sum L_T}{F}$$

kde:  $\sum L_T$  = celková délka toků v povodí [km],

$F$  = plocha povodí [km<sup>2</sup>].

#### 2.7.4 Délka toku $L_T$

Délka toku  $L_T$  je vzdálenost ústí toku (místo kde se tok vlévá do jiného toku, jezera apod.) od pramene, měřená v ose toku. Ústí považujeme za počátek, vzdálenosti měřené na ose toku od tohoto počátku označujeme jako staničení. Poněvadž se tok neustále vyvíjí, délka toku ani staničení nejsou stálé. Rovněž činností člověka, např. novým vedením trasy koryta upravovaného toku mnohdy dochází k podstatné změně jeho délky. Délku toku lze nejpřesněji určit v přírodě měřením, přibližně pak z mapy.

(Kvítek a kol., 2004)

#### 2.7.5 Sklonové poměry toku

Orientační charakteristikou výškových poměrů toku je absolutní spád toku, který představuje rozdíl mezi maximální a minimální nadmořskou výškou trasy toku.

$$\Delta H_T = H_{Tmax} - H_{Tmin} \text{ [m]}$$

kde:  $H_{Tmax}$  = maximální nadmořská výška na trase toku (kóta pramene),

$H_{Tmin}$  = minimální nadmořská výška na trase toku (kóta uzavírajícího profilu povodí).

Sklon toku  $I_T$  je poměr absolutního spádu toku  $\Delta H_T$  k délce toku, vyjádřený v procentech:

$$I_T = \frac{\Delta H_T}{L_T} \cdot 100 \text{ [%]}$$

kde:  $\Delta H_T$  = spád toku [m]

$L_T$  = délka toku [m] (Kvítek a kol., 2004)

## **3. CÍL A METODIKA PRÁCE**

### **3.1 Cíl práce**

Cílem této diplomové práce je posoudit a vyhodnotit erozní jevy na modelovém povodí Malče Budského potoka ležícího v bývalém okrese Český Krumlov na katastrálních územích Besednice, Soběnov a Malče.

Charakteristika oblasti je uvedena pro celé povodí toku Malče Budského potoka. Pozorování a výpočty byly provedeny na zemědělských pozemcích ležících v povodí potoka.

Erozní ohroženost v dané lokalitě byla vyhodnocena pomocí metody přesného hydrologického modelu CN křivek, která je vhodná pro zjištění povrchového odtoku a velikosti kulminačního průtoku z povodí, dále pak pomocí rovnice pro stanovení transportu splavenin a rovnice ztráty půdy vodní erozí dle Wisheiera a Smithe. Na základě těchto podkladů lze posoudit a navrhnout zejména technická protierozní opatření.

Dále bylo úkolem vyhodnotit srážkové úhrny nejbližších meteorologických stanic, vyhodnocována byla meteorologická stanice v Soběnově.

### **3.2 Metodika**

Základním vstupem metody CN křivek je srážkový úhrn o určitém časovém rozdělení, za předpokladu jeho stejnoměrného rozdělení po ploše povodí. Pomocí CN - křivek, jejichž hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepce a povrchové akumulaci, je objem srážek přeměněn na objem odtoku, který se transformuje na průtok kulminační.

### 3.2.1 Stanovení objemu přímého odtoku

Přímý odtok zahrnuje povrchový odtok a hypodermický odtok. Přímý odtok se oceňuje pomocí čísel křivky CN. K hypodermickému odtoku podílejícímu se na přímém odtoku dochází tehdy, když do půdy infiltrovaná voda stéká po mělce uložené málo propustné vrstvě a vyvěrá opět na povrch, na rozdíl od základního odtoku, na jehož tvorbě se podílí voda, která se vsakuje až k hladině podzemní vody a vtéká do koryt toků. Tento základní odtok se objevuje zřídka tak brzy po přívalové dešti, aby měl vliv na velikost povodňové vlny z přívalu.

K odhadu objemu přímého odtoku z malých povodí na našem území můžeme využít N-leté maximální 24 hodinové srážkové úhrny.

Odtok začíná po určité akumulaci srážek, ovlivněn počáteční ztrátou, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové akumulace. Tato ztráta je na základě experimentálních měření odhadnuta na 20% potencionální retence. Z toho odvozujeme:

$$H_O = (H_S - 0,2 A)^2 / (H_S - 0,8 A)$$

pro  $H_S \geq 0,2 A$

kde:  $H_O$  = přímý odtok (mm),

$H_S$  = úhrn přívalové srážky (mm),

$A$  = potencionální retence (mm), vyjádřená pomocí křivky:

$$A = 25,4(1000/CN - 10).$$

Pro výpočet objemu přímého odtoku pak použijeme vztah:

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_P \cdot H_O$$

kde:  $O_{pH}$  = objem přímého odtoku (m<sup>3</sup>),

$P_P$  = plocha povodí (km<sup>2</sup>).

### 3.2.2 Stanovení čísla CN křivek

Čísla odtokových křivek jsou tabelována dle:

- hydrologických vlastností půd, rozdělených do 4 skupin A, B, C a D, podle minimální rychlosti infiltrace vody do půdy,
- vlhkosti půdy určené na základě 5 denního úhrnu předcházejících srážek a vyjádřené indexem předchozích srážek (IPS) ve třech stupních. IPS I odpovídá obsahu vody v půdě, který ještě umožňuje orbu a IPS III půdě, která je vodou přesycena. Pro návrhové účely tedy většinou uvažujeme s IPS II,
- využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a protierozních opatření.

Na zemědělské půdě je třeba také zhodnotit dobré nebo špatné hydrologické podmínky. Ty závisí především na hustotě zapojení porostu v průběhu roku, zařazení jetelotrav v osevním postupu, množství posklizňových zbytků na povrchu půdy a na drsnosti povrchu.

Nejdříve dle BPEJ určíme z tabulek půdní subtyp, substrát (zrnitost) a hlavně pro stanovení čísla CN - křivek nejdůležitější, hydrologickou půdní skupinu.

Dále pomocí zjištěného využití půdy, způsobu obdělávání, hydrologických podmínek a právě hydrologické půdní skupiny odečteme z tabulky pro dané IPS číslo odtokových křivek - CN.

Je třeba také uvést, že během vegetačního období probíhají na zemědělské půdě a rostlinách sezónní změny, které se odvíjejí od vegetačního stádia daných rostlin. Tyto sezónní změny, ve vztahu k určení čísel CN - křivek, dělíme do tří období. Pro období orání a setí (sázení) CN odpovídá úhoru. Mezi výsevem (výsadbou) a před vrcholovým růstem odpovídají CN průměrům. V období vrcholového růstu, zpravidla před sklizní platí, že  $CN = 2 \cdot CN_{\text{úhor}} - CN_{\text{průměr}}$ .

### 3.2.3 Stanovení kulminačního průtoku

Kulminační průtok se vypočte ze vztahu:

$$Q_{pH} = 0,00043 \cdot q_{pH} \cdot P_P \cdot H_O \cdot f$$

kde:  $q_{pH}$  = jednotkový kulminační průtok (odečet z tabulky),  
 $P_p$  = plocha povodí ( $\text{km}^2$ ),  
 $H_o$  = odtok (mm),  
 $f$  = opravný součinitel pro nádrže, rybníky a bažiny (odečet z tabulky).

Jednotkový kulminační průtok pro II. typ rozdělení srážek vychází (pomocí nomogramu) z doby koncentrace  $T_c$  a poměru  $I_a / H_s$ .  $I_a$  je počáteční ztráta vody v milimetrech, vyjádřena buď vztahem  $0,2A$ , popř. odečtena z tabulky podle čísla CN.  $H_s$  je úhrn přívalové srážky v milimetrech. Opravný součinitel  $f$  vyjadřuje procento ploch nádrží, rybníků a bažin v povodí.

Výsledný kulminační průtok používáme především k dimenzování hydrotechnických prvků protierozní ochrany.

### 3.2.4 Stanovení transportu splavenin (MUSLE)

Stanovení transportu splavenin bylo použito pro mnoho různých povodí po celém světě a pro odlišné účely a v některých případech vystaveno k různým modifikacím. Nicméně, aplikace MUSLE v lesních ekosystémech přesto ještě nebyla publikována.

Zběžné pročtení literatury také ukázalo, že složitosti v systémech povodí nutily ty, kteří prováděli modely terénu, a uživatele zřetelně porovnávat více upravených nebo revidovaných alternativ MUSLE. (Sadeghi, Mizuyama, Miyata, Gomi, Kosugi, Mizugaki, Onda, 2007)

Použil jsem tedy tu nejčastěji používanou rovnici dle Williamse a Berndta.

K odhadu transportu splavenin využíváme universální rovnici:

$$G = 11,8 \cdot (O_{pH} \times Q_{pH})^{0,56} \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

kde:  $G$  = transport splavenin z přívalového deště (t),  
 $O_{pH}$  = objem přímého odtoku ( $\text{m}^3$ ),



$Q_{pH}$  = velikost kulminačního průtoku ( $m^3/s$ ),

$K, LS, C, P$  = faktory universální rovnice ztráty půdy erozí.

**Faktor K**, vyjadřuje erodovatelnost půdy v povodí a je dán součtem násobků hodnot  $K$  jednotlivých půd s jejich plošným zastoupením v povodí a poměrem k celkové velikosti povodí

**Faktor L**, vyjadřuje celkovou průměrnou délku povrchového toku po svahu v metrech a je dán poměrem celkové plochy povodí v metrech čtverečních, ku dvojnásobku celkové délky všech toků v metrech.

**Faktor S**, vyjadřuje průměrnou svažitost povodí a zjišťuje se z mapy sklonitosti, na níž si vyznačíme plochy stejného sklonu v určitých intervalech (např. 0-5% a 5,1 - 10%). Průměrná svažitost je poté dána vztahem  $S = \sum S_i \cdot P_i / P_p$ . Kde  $P_i$  jsou plochy jednotlivých dílčích plošek v povodí se sklony  $S_i$ ,  $S_i$  jsou středy volených intervalů sklonu a  $P_p$  je plocha povodí v metrech čtverečních.

**Faktor C**, vyjadřuje faktor ochranného vlivu vegetace a vypočteme ho následujícím způsobem:  $C = \sum C_i \cdot P_i / P_p$ . Kde  $C_i$  je faktor pro způsob využití určité kultury,  $P_i$  je plocha obdělávaná jedním způsobem a  $P_p$  je plocha povodí.

### 3.2.5 Ztráta půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe

Tato problematika byla podrobně rozebrána v kapitole 2.4.1.

### 3.2.6 Využití softwaru při přípravě dat a výpočtech

Pro přípravu dat byl použit software ArcGIS, konkrétně součásti ArcMap a ArcCatalog. ArcGIS je integrovaný geografický informační systém, který obsahuje nástroje pro editaci, vizualizaci, vytváření, správu a analýzu prostorových dat.

Vrstvy byly zakládány v modulu ArcCatalog, po vložení nascanované mapy oblasti v měřítku 1:10 000, byly pomocí souřadnic ze serveru [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) a převaděče těchto souřadnic WGS-84 na souřadnicový systém S-JTSK vloženy 3 body, kterými byla vrstva přetransformována. Poté byla využita funkce area k výpočtu ploch vybraných pozemků.

Průměrná hodnota pro celé povodí a další výpočty byly vypočteny v programu ERCN. Tento program je vhodný pro výpočty potřebné pro návrh erozních opatření. Na sledovaném povodí se vyskytují zemědělské pozemky s HPJ o hodnotách 34, 37, 40, 50, 64, 68, 73. Pomocí těchto čísel byly určovány hlavní půdní skupiny (B, C).

V tomto programu byly provedeny i další výpočty - objem přímého odtoku a kulminačního průtoku. Při výpočtu byla nejprve zadána plocha povodí, průměrné číslo CN pro sledované povodí, maximální 24-hodinový srážkový úhrn pro jednotlivé N - leté případy (vybráno z tabulky, jako nejbližší sledovaná lokalita pro srážkový úhrn byla zvolena srážkoměrná stanice v Soběnově) a opravný koeficient nádrží (koeficient vybrán z tabulky, žádná nádrž - 1,00). Dále byly zadány sklonové a drsnostní podmínky na vybraných pozemcích v povodí pro výpočet jednotlivých dob doběhu a celkové doby koncentrace. Program ERCN poté automaticky vypočetl přímý odtok pro jednotlivé N - leté případy, poměr počáteční retence, objem přímého odtoku, jednotkový kulminační průtok a velikost kulminačního průtoku.

## 4. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI

Lokalita se nachází mezi obcemi Besednice, Soběnov, Smrhov a Malče. Většina toku leží na území Soběnovské vrchoviny, která spadá pod větší morfologický celek Novohradského podhůří ležícího na jihovýchodě Šumavské hornatiny.

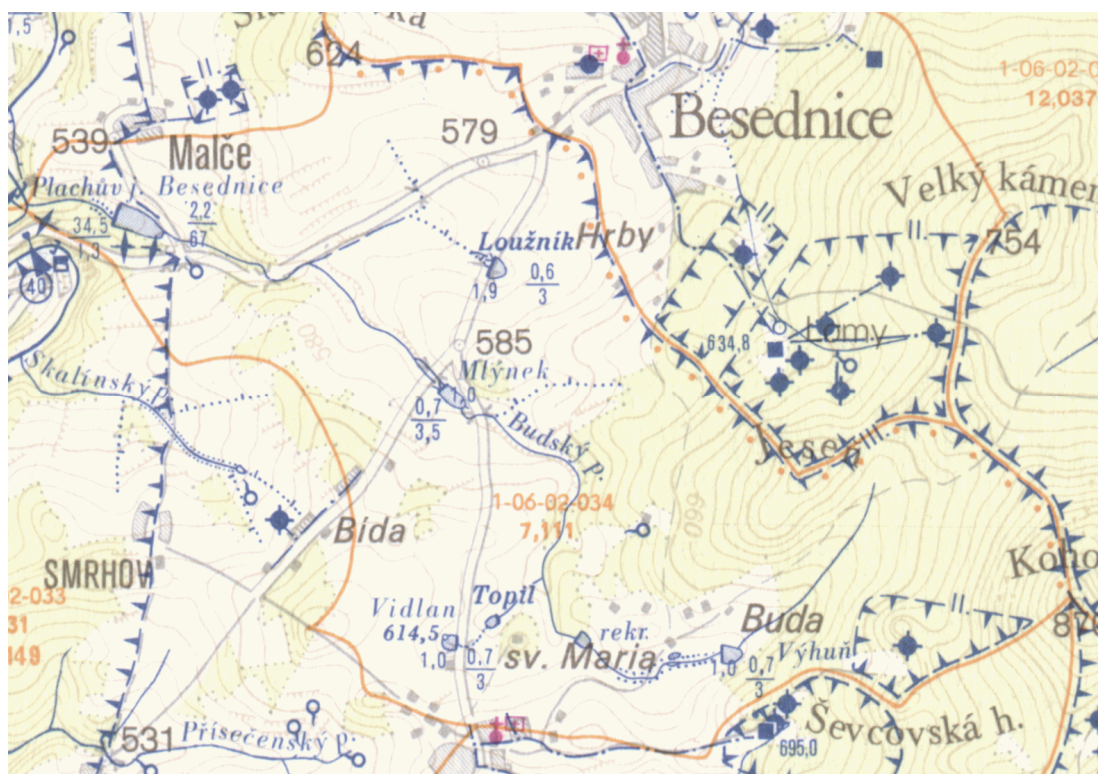
Z hlediska geomorfologického členění území České republiky náleží povodí Malče Budského potoka do:

Provincie – Česká vysočina,

Oblast – Šumavská hornatina,

Celek – Novohradské podhůří,

Podcelek – Soběnovská vrchovina.



Obr. 3-1 Povodí Malče Budského potoka (ZVM list 32-24, 1: 50 000)

## 4.1 Pedologie a hydrogeologie zájmové oblasti

### Soběnovská vrchovina

Kerná Soběnovská vrchovina, složená z hrástí a prolomů, tvořených v severní části kaplickými svorovými rulami a svory, ve střední a jižní části vyvřelinami centrálního moldanubického plutonu a jeho pláště z cordieritických rul s ostrůvkem neogenních usazenin, s převládajícími krátkými hřbety a jednotlivými vrcholy, většinou zalesněnými, sousedící na východě s Novohradskými horami, na jihu a západě s Kaplickou brázdou, na severu a severovýchodě se Stropnickou pahorkatinou. Celková plocha Soběnovské vrchoviny, s převládající výškovou členitostí 100 až 300 m, je 161 km<sup>2</sup>, nejvyšší výška 870 m, nejnižší místo 468 m, střední výška 627,8 a střední sklon 5°09'.

V členité Soběnovské vrchovině lze vymezit několik různých geomorfologických okrsků. Severozápadní část území zabírá 500 – 600 m vysoká plochá Pořešínská pahorkatina složená v severní části ze svorových rul a svorů, v jižní části ze žul se zbytky jejich pláště (cordieritické ruly), protékaná řekou Malší, která zde vytváří skalnaté kaňonovité údolí se zakleslými meandry. Nad jedním z nich jižně od Sv. Jana nad Malší se rozkládá širokému okolí vévodící nejvyšší žulová Chlumská hora /656 m/; nedaleká Slabošovka dosahuje 624 m. V úzkém severovýchodním výběžku vrchoviny se izolovaně zvedá nad údolím Svinenského potoka do výšky 608 m nápadná hrást' Todeňské hory z biotitických pararul.

Téměř poledníkovým směrem protažený, na všech stranách výraznými zlomovými svahy omezený, hřbet žulových Slepických hor dosahuje ve své centrální části Kohoutem /870 m/ největší výšky v celém Novohradském podhůří. V severní části Slepických hor vjv. od Besednice je nejvyšší kuželovitý zalesněný žulový Velký kámen (Besednická hora) /754 m/ se skupinami skalnatých vrcholů Lidlova kopce /669 m/ a jižnější Jeseně /732 m/, v jižní části jz. od Klení vystupuje Vysoký Kámen (Slepice) do výšky 865m. Na jihu Slepických hor se zvedá Klenská hora /727 m/.

V okolí Líčova se prostírá v granodioritech a cordieritických rulách protáhlá tektonická Líčovská kotlina protékaná v hluboko zakleslém údolí řekou Černou, omezená na sv. Hrástí Slepíčních hor; na jihu a západě vystupuje hrást Hodonického hřbetu se zalesněným Hradištským vrchem /780 m/ vých. od Kaplice a jižnějším Hodonickým vrchem /726 m/ s mrazovými sruby a jinými formami kryogenní modelace. Podél řeky Kamenice (levostranný přítok Malše) se táhne SZ – JV směrem protáhlá zlomovými svahy omezená hrást Bukovského hřbetu složená z biotitického granodioritu a křemenného dioritu, dosahující na hranici s Kaplickou brázdou Mikolskou plání 761 m, Vyhlídkou 788 m, jz. od obce Bělá nejvyšší výšky Táhlým /836 m/, granodioritovým zaobleným hřbítkem SZ – JV směru. Protáhlá Malontská sníženina SZ – JV směru, složená z biotitického granodioritu, křemenného dioritu a cordieritických rul, omezená na severovýchodě Hodonickým hřbetem a na jihozápadě Bukovským hřbetem, v jižní části vrchoviny v širším okolí stejnojmenné obce dosahuje největších výšek na jihu kótami 681 m, resp. 700 m, na severovýchodě Žižkovým vrchem 714 m. (Chábera, 1998)

### **Charakteristika povodí Malče Budského potoka**

Malče Budský potok je povodí IV. řádu s hydrologickým číslem 1-06-02-034.

Malče Budský potok je pravostranným přítokem toku Malše, která se vlévá do Vltavy v Českých Budějovicích. Tok Malče Budského potoka pramení na západním svahu kopce Kohout a protéká katastrálními územími Besednice, Soběnov a Malče. Údolní niva Malče Budského potoka je v současné době využívána zčásti pro zemědělskou výrobu. Většinou jsou podél koryta louky, zčásti pastviny či místní komunikace. Komunikační síť je tvořena silnicemi II. a III. třídy.

## 4.2 Klimatické poměry

### Klasifikace klimatu podle E. Quitta uvedené v Atlasu podnebí Česka

Území ČR je rozděleno do tří oblastí (teplá, mírně teplá a chladná) a 23 podoblastí. (Tolasz, 2007)

Vymezené území náleží do mírně teplých klimatických oblastí MW1 a MW7 s touto charakteristikou:

#### Oblast MW1

Počet letních dnů	20 - 30
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	120 - 140
Počet dnů s mrazem	160 - 180
Počet ledových dnů	40 - 50
Průměrná teplota v lednu (°C)	-5 až -6
Průměrná teplota v červenci (°C)	15 - 16
Průměrná teplota v dubnu (°C)	5 - 6
Průměrná teplota v říjnu (°C)	6 - 7
Průměrný počet dnů se srážkami 1mm a více	120 - 130
Srážkový úhrn ve vegetačním období v mm	500 - 600
Srážkový úhrn v zimním období v mm	100 - 120
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	100 - 120
Počet zatažených dnů	120-150
Počet dnů	40-50

#### Oblast MW7

Počet letních dnů	30 - 40
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	140 - 160
Počet dnů s mrazem	110 - 130
Počet ledových dnů	40 - 50
Průměrná teplota v lednu (°C)	-2 až -3

Průměrná teplota v červenci (°C)	16 - 17
Průměrná teplota v dubnu (°C)	6 - 7
Průměrná teplota v říjnu (°C)	7 - 8
Průměrný počet dnů se srážkami 1mm a více	100 - 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období v mm	400 - 450
Srážkový úhrn v zimním období v mm	250 - 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 80
Počet zatažených dnů	120 -150
Počet dnů	40 - 50

### **Köppenova klasifikace klimatu**

Tato klasifikace dělí světové klima na pět klimatických pásem A až E, ve kterých ještě rozlišuje 11 typů a další podtypy. Klimatické typy jsou rozděleny podle teplot a srážek ve vztahu k vegetaci. (Vysoudil, 2004)

Sledovaná oblast spadá do podtypu Cfb – podnebí listnatých lesů mírného pásma.

### **Klasifikace klimatu podle Atlasu podnebí ČSR 1958**

Podnebí je rozděleno na tři oblasti (teplá A, mírně teplá B a chladná C), které jsou dále rozděleny na 9 podoblastí a 19 okrsků (R.Tolasz, 2007)

Podle této klasifikace náleží povodí do mírně teplé oblasti, konkrétně do podoblasti B3, která spadá do mírně teplého území. Tento okrsek je charakterizován jako mírně teplý, mírně suchý, převážně s mírnou zimou. Průměr lednových teplot je  $> -3^{\circ}$ .

### 4.3 Srážkové úhrny pro nejbližší meteorologické stanice

Nejbližší meteorologickou stanicí, která měří srážkové úhrny, je stanice v Soběnově. Leží v nadmořské výšce 640 m nad mořem, zeměpisná šířka je 48° 46', zeměpisná délka 14° 33'.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV- IX	X-III
29	32	33	54	79	97	<b>122</b>	88	62	49	34	36	715	502	213

**Tab. 4-1 Průměrný úhrn srážek (mm) za období 1901 – 1950**

Průměrný úhrn srážek (mm) za období 1901 – 1950 přináší úhrny pro měsíce, rok, vegetační období, tj. IV. až IX. měsíc, a za zimní období, tj. X. až III. měsíc.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
58	84	76	124	215	208	<b>229</b>	189	147	191	88	82
1923	1944	1944	1941	1949	1926	1907	1925	1922	1915	1910	1923

Rok	IV - IX	X - III
982	733	354
1910	192	1915/16

**Tab. 4-2 Nejvyšší úhrn srážek (mm) a rok jeho výskytu za období 1901 - 1950**

Nejvyšší úhrn srážek (mm) a rok jeho výskytu za období 1901 – 1950 má obdobnou náplň jako předcházející tabulka, přináší pro všechny měsíce, rok, vegetační období, tj. IV. až IX. měsíc, a za zimní období, tj. X. až III. měsíc, nejvyšší úhrn, který byl zaznamenán na stanici v Soběnově. V prvním řádku je příslušné maximum, v druhém řádku je rok, ve kterém bylo zaznamenáno. V případě, že na stanici bylo období přerušeno v době, kdy se v příslušné oblasti vyskytlo měsíční maximum, byl chybějící údaj doplněn obvyklou kvocientovou metodou podle nejbližší základní



stanice, případně interpolací z mapy izohyet příslušného měsíce, resp. roku. Takový údaj je uveden v závorce.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4	3	6	3	9	28	23	14	7	<b>0</b>	(2)	5
1904	1914	1946	1946	1931	1908	1904	1947	1947	1908	1920	1936

Rok	IV - IX	X - III
441	295	101
1908	1904	1908/09

**Tab. 4-3 Nejnižší úhrn srážek (mm) a rok jeho výskytu za období 1901 - 1950**

Nejnižší úhrn srážek (mm) a rok jeho výskytu za období 1901 – 1950 má shodnou náplň jako předcházející tabulka a platí k ní uvedené připomínky.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Datum abs. max.	Období
21,2	32,8	29,5	61	64,6	61,6	<b>65</b>	60,5	62,5	42,6	42,4	25,6	16.VII. 1941	1901-19 1922-50

**Tab. 4-4 Nejvyšší denní úhrn srážek (mm)**

Nejvyšší denní úhrn srážek (mm) přináší pro jednotlivé měsíce zaznamenaný maximální denní úhrn za období, které je uvedeno v posledním sloupci. Nejvyšší zjištěný denní úhrn srážek je vyznačen polotučnou sazbou a datum jeho výskytu je uvedeno v předposledním sloupci.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV- IX	X-III
10	9,5	9,3	11,3	12,5	13,5	14,3	13,0	10,4	9,3	10	10	133,1	75	58,1

**Tab. 4-5 Průměrný počet dnů se srážkami 0,1 mm nebo více za období 1901 - 1950**

Průměrný počet dnů se srážkami 0,1 mm nebo více za období 1901 – 1950 obsahuje pro měsíce součet dnů za rok a za vegetační období. Tato charakteristika je značně ovlivněna tím, že někteří dobrovolní pozorovatelé často přehlédli málo vydatné srážky.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV- IX	X- III
7,1	6,7	7,2	9,4	10,8	11,9	12,1	11	8,8	7,5	7,4	7,7	107,6	64	43,6

**Tab. 4-6 Průměrný počet dnů se srážkami 1,0 mm nebo více za období 1901 - 1950**

Průměrný počet dnů se srážkami 1,0 mm nebo více za období 1901 – 1950 má obdobnou náplň jako předcházející tabulka, nemá však její nedostatky, srážky s denní vydatností 1 mm a více jsou dobře zaznamenávány prakticky na všech srážkoměrných stanicích.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV- IX	X- III
0,4	0,5	0,5	1,4	2,2	3,1	4,0	2,7	1,8	1,3	0,6	0,6	19,1	15,2	3,9

**Tab. 4-7 Průměrný počet dnů se srážkami 10,0 mm nebo více za období 1901 - 1950**

Průměrný počet dnů se srážkami 10,0 mm nebo více za období 1901 – 1950 má shodnou náplň jako předcházející tabulka a platí k ní tam uvedené poznámky. (Podnebí ČSSR, 1961)

Poslední uvedená tabulka je nejdůležitější, zajímají nás totiž nejintenzivnější srážky na sledovaném území.

## 5. VÝPOČET EROZNÍCH PARAMETRŮ

Ze základních map České republiky v měřítku 1:10 000, konkrétně se jednalo o 4 mapové listy a to 32-24-08, 32-24-09, 32-24-13 a 32-24-14, jsem si sestavil území povodí Malče Budského potoka podle Základní vodohospodářské mapy 1: 50 000 na mapovém listu 32-24 a poté dle této mapy vyznačil rozvodnici.

### 5.1 Ztráta půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe

Pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy v tunách na hektarovém území za dobu jednoho roku bylo použito rovnice Wishmeiera a Smithe.

**Faktor R (faktor erozní účinnosti přívalového deště)** je v dané oblasti roven 20 a to dle průměrné hodnoty pro Českou republiku, Tato hodnota je konstantní pro každý pozemek.

**Faktor C (faktor ochranného vlivu vegetace)** je na dané oblasti konstantní a jeho hodnota je 0,22.

**Faktor P (faktor vlivu protierozních opatření)** Jelikož na daném území se nenachází žádné protierozní opatření, hodnota faktoru se rovná 1.

**Faktor LS (faktor délky a sklonu svahu)** je též uváděn jako topografický faktor. Na výše uvedených mapách jsem si změřil délku sklonu (d) a spočítal sklon svahu (s) podle vrstevnic tak, aby hodnota faktoru byla reálná a měla nejvyšší hodnotu. Nejvyšší hodnotu jsem hledal proto, abych zamezil špatnému výsledku W-S. Dále byly naměřené hodnoty dosazeny do výše uvedené rovnice zjišťující LS.

**Faktor K (faktor náchylnosti půdy k erozi)** byl určen pomocí BPEJ každého řešeného zemědělského pozemku. Na serveru Českého úřadu zeměměřičského a

katastrálního jsem si našel BPEJ všech zemědělských pozemků na území rozvodnice Malče Budského potoka a podle následující tabulky určil hodnoty faktoru K.

Faktor K vztažený k jednotkám základní půdní mapy KPP v měřítku 1 : 10 000 (1 : 5 000) a k hlavním půdním formám ekologicko-půdních (bonitačních) map v měřítku 1 : 5 000.

Jednotky půdní mapy KPP	Jednotky ekologicko-půdní mapy (druhé a třetí místo pětimístného kodu)	Faktor K
HM (smyté) - 57,58	08	0,72
CM, HM (smyté) - 24,25	08	0,67
IP, HMi - 57,58	14	0,60
HMG - 57,58	(11), 42	0,59
IPg - 57,58	43	0,58
OG - 57,58	44	0,58
HM - 57,58	11	0,52
HM, HMi, ČMi - 24,25	09, 10	0,51
IP - 63	15	0,47
ČM, ČMd - 24,25	01, 02, (0 3, 05)	0,41
HM, HMG - 63	12, (45)	0,41
HP, HPa, RA, RAh - 1, 14, 43, 44, 45, 53, 54,	18, 19, 24, 25, 26, 28, 33, 35, 38,	
	39, 41	0,39
OG, HPg - 63	46, 47, 48, 50, 51	0,39
HPt - 6, 7, 8, 9	28	0,31
OG - 49	52	0,30
OG, HPg, RAhg - 16, 17, 18, 21, 51, 52, 56	49, 54	0,30
OG, HPg - 51	53,	0,28
HP, HPa - 47, 48	30, 31	0,21
HP, HPa - 39, 40, 41, 42	29, 34, 37, 40	0,21
HP, HPa - 34, 35, 37, 38	32	0,20
HP - 16, 17, 18, 21, 51, 52, 56	20, 24, 27	0,17
ČM, ČM1 - 16, 17, 18, 21, 52, 56	06, 07 (0 8)	0,16
HPp - 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 55	36, 40	0,16
HP, HPa - 15, 19, 22, 45, 49, 69, 71	31	0,13
ČM - 26, 52	04	0,13
IP - 15, 19, 26, 71	16, 17	0,13
DA - 71, 72,	21, 22	0,13
ČMsm - 16, 17, 18, 21, 52, 56	07	0,09

Tab.5-1 Pomocná tabulka pro faktor K

Hodnoty faktoru K nabývaly dvou hodnot, na většině pozemků se rovnaly 0,21, na zbývajících zemědělských pozemcích byl faktor K roven 0,39.

### 5.1.1 Výsledky ztráty půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe v dané lokalitě

Pozemek	Faktor R	Faktor K	Faktor L(m)	Faktor S (%)	Faktor C	Faktor P	G smyv t/ha za rok
1	20	0,21	200	9	0,22	1	2,77
<b>2</b>	<b>20</b>	<b>0,21</b>	<b>770</b>	<b>9,2</b>	<b>0,22</b>	<b>1</b>	<b>5,61</b>
3	20	0,21	420	5,7	0,22	1	1,91
4	20	0,21	40	10	0,22	1	1,45
<b>5</b>	<b>20</b>	<b>0,39</b>	<b>240</b>	<b>10</b>	<b>0,22</b>	<b>1</b>	<b>6,59</b>
6	20	0,39	560	3,2	0,22	1	2,38
7	20	0,21	510	3,1	0,22	1	1,19
<b>8</b>	<b>20</b>	<b>0,39</b>	<b>310</b>	<b>5,8</b>	<b>0,22</b>	<b>1</b>	<b>3,50</b>
<b>9</b>	<b>20</b>	<b>0,21</b>	<b>350</b>	<b>8</b>	<b>0,22</b>	<b>1</b>	<b>3,09</b>
10	20	0,21	300	5,7	0,22	1	1,81
<b>11</b>	<b>20</b>	<b>0,21</b>	<b>400</b>	<b>8,5</b>	<b>0,22</b>	<b>1</b>	<b>3,61</b>
12	20	0,21	190	4,7	0,22	1	1,14
13	20	0,21	170	8,2	0,22	1	2,23
14	20	0,21	100	5,0	0,22	1	0,89
15	20	0,21	170	8,2	0,22	1	2,23
16	20	0,21	350	7,4	0,22	1	2,77
17	20	0,21	100	7,0	0,22	1	1,37
18	20	0,21	730	3,2	0,22	1	1,36
<b>19</b>	<b>20</b>	<b>0,21</b>	<b>450</b>	<b>9,3</b>	<b>0,22</b>	<b>1</b>	<b>4,36</b>
<b>20</b>	<b>20</b>	<b>0,39</b>	<b>280</b>	<b>6,4</b>	<b>0,22</b>	<b>1</b>	<b>3,78</b>

Tab. 5-2 Výsledky ztráty půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe v dané lokalitě

Na základě informací z kapitoly 2.4.2 lze tedy určit pozemky s nejvyšší mírou eroze, jestliže víme, že na sledovaném území jsou půdy středně hluboké (30 – 60 cm).

Tuto přípustnou mez překračují pozemky č. 2, č. 5 a č. 19. Vysoký erozní smyv mají ale také pozemky č. 8, č. 9, č. 11 a č. 20.

**Pozemek č. 2** má erozní smyv  $5,61 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Podle mého názoru je zde eroze vysoká z důvodu 770 m dlouhého svahu, který má sklon 9,2 %. Řešením by byla například cesta se strouhou, která by rozdělila dlouhý svah na pozemku. Nabízí se také druhé řešení, a to využívat pozemek jako pastvinu pro dobytek, pozemek se totiž nachází v blízkosti zemědělského družstva obce Malče.

**Pozemek č. 5** má erozní smyv  $6,59 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Pozemek se nachází pod vrcholem kopce Slabošovka. Vysoký erozní smyv má za následek velký sklon pozemku, který činí 10% a také druh půdy, která se zde nachází. Je to totiž hnědá půda oglejená. Z důvodu vysokého sklonu na relativně krátkém svahu, měří 240 m, se zde nabízí jediné řešení, kterým je louka.

**Pozemek č. 19** má erozní smyv  $4,36 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Eroze je vysoká z důvodu vysokého sklonu, který je 9,3% na svahu dlouhém 450 m. Protierozním opatřením by opět mohla být cesta se struhou. Jelikož se pozemek rozkládá na katastrálních územích Soběnova a Malče, mohla by cesta vést například po hranici. Pozemek se svažuje směrem k silnici II. třídy, a tak se nabízí také jako možné řešení louka na tomto pozemku.

## 5.2 Stanovení transportu splavenin

K odhadu transportu splavenin z pozemku lze použít upravenou universální rovnici Williamse a Berndta.

Pozemky, které byly nakonec řešeny, byly vybrány na základě výsledků ztráty půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe v dané lokalitě. Jsou to pozemky č. 2, č. 5, č. 8, č. 9, č. 11, č.19, a č.20, na kterých se vyskytuje vysoká eroze. A dále pozemky č. 7 a č. 12, kde je eroze nízká.

Pro stanovení objemu přímého odtoku a velikosti kulminačního průtoku jsem použil program ERCN. Pozemky jsem volil podle největších a nejmenších ztrát půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe. K vypočtení bylo třeba znát velikost každého vybraného pozemku, k tomu jsem využil programu ArcGIS, z mapy na serveru [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) jsem použil tři různé body a v převaděči „WGS84toSJTSK“ jsem si převedl souřadnice z WGS-84 do S-JTSK, se kterými pracuje ArcGIS.



**Obr. 5-1 Program „WGS84toSJTSK“**

V něm jsem si přes funkci area vypočítal plochu vybraných pozemků. V programu ERCN jsem vypočítal  $O_{pH}$  a  $Q_{pH}$  při N2 a N20. Na vybraných pozemcích jsem hodnoty  $O_{pH}$  a  $Q_{pH}$  počítal při úvaze, že se zde pěstuje kukuřice, obiloviny nebo víceleté pícniny.

Po dosazení již známých faktorů K, LS, C a P byla vypočtena následující data. Ke srovnání uvádím i výsledky spočítané podle rovnice ztráty půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe na vybraných pozemcích.

### 5.2.1 Výsledky stanovení transportu splavenin

#### Základní data o pozemku č. 2:

Půdní typ na pozemku: kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách, rulách, svorech a fylitech, středně těžké lehčí až středně skeletovité, vláhově zásobené, vždy však v mírně chladném klimatickém regionu

BPEJ pozemku: 83431, 83421, 83716

Délka svahu: 770 m

Sklon svahu: 9,2 %

Plocha pozemku: 34,3 ha

č. poz.	plodina	CN	OpH	QpH	K	LS	C	P	G(W-B)	G (W-S)
<b>2</b>	kukuřice	2	2337,22	0,39	0,21	6,09	0,22	1	<b>4,40</b>	<b>5,61</b>
	obiloviny	2	1712,6	0,23	0,21	6,09	0,22	1	<b>2,75</b>	
	víc.pícniny	2	908,78	0,07	0,21	6,09	0,22	1	<b>0,99</b>	
	kukuřice	20	7991,62	1,69	0,21	6,09	0,22	1	<b>19,90</b>	
	obiloviny	20	6695,81	1,38	0,21	6,09	0,22	1	<b>16,09</b>	
	víc.pícniny	20	4809,88	0,89	0,21	6,09	0,22	1	<b>10,46</b>	

Tab. 5-3 Výsledky z pozemku č. 2

Pozemek č. 2 má největší erozní smyv dle Williamse a Berndta při dvacetiletém přívalovém dešti, kdy na pozemku je zasetá kukuřice, a to 19,9 t . ha<sup>-1</sup>. rok<sup>-1</sup>. Přijatelný smyv na tomto pozemku je při dvouleté přívalové srážce při obilovinách a víceletých pícninách, které tak lze doporučit.

#### Základní data o pozemku č. 5:

Půdní typ na pozemku: kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách (které nejsou v HPJ 48,49), středně těžké lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření

BPEJ pozemku: 83421, 85011

Délka svahu: 240 m

Sklon svahu: 10 %

Plocha pozemku: 15,8 ha

č. poz.	plodina	CN	OpH	QpH	K	LS	C	P	G(W-B)	G (W-S)
<b>5</b>	kukuřice	2	1076,62	0,2	0,39	3,84	0,22	1	<b>4,98</b>	<b>6,59</b>
	obiloviny	2	788,89	0,11	0,39	3,84	0,22	1	<b>3,00</b>	
	víc.pícniny	2	418,62	0,04	0,39	3,84	0,22	1	<b>1,19</b>	
	kukuřice	20	3681,27	0,86	0,39	3,84	0,22	1	<b>22,46</b>	
	obiloviny	20	3084,37	0,7	0,39	3,84	0,22	1	<b>18,12</b>	
	víc.pícniny	20	2215,63	0,45	0,39	3,84	0,22	1	<b>11,76</b>	

Tab. 5-4 Výsledky z pozemku č. 5

Vysoké hodnoty erozních smyvů na tomto pozemku jsou dány především vysokým sklonem svahu. Nejhorší hodnoty smyvu jsou opět při zaseté kukuřici a dvacetileté přívalové srážce, avšak ani tatáž plodina při dvouleté srážce nevykazuje uspokojivé hodnoty, stejně jako obiloviny. Pro tento pozemek bych doporučil pěstování víceletých pícnin.



### Základní data o pozemku č. 7:

Půdní typ na pozemku: kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách, rulách, svorech a fylitech, středně těžké lehčí až středně skeletovité, vláhově zásobené, vždy však v mírně chladném klimatickém regionu

BPEJ pozemku: 83421, 86811

Délka svahu: 510 m

Sklon svahu: 3,1 %

Plocha pozemku: 19,0 ha

č. poz.	plodina	CN	OpH	QpH	K	LS	C	P	G(W-B)	G (W-S)
<b>7</b>	kukuřice	2	1301,48	0,16	0,21	1,28	0,22	1	<b>0,73</b>	<b>1,19</b>
	obiloviny	2	788,89	0,08	0,21	1,28	0,22	1	<b>0,37</b>	
	víc.pícniny	2	506,06	0,03	0,21	1,28	0,22	1	<b>0,17</b>	
	kukuřice	20	4450,14	0,68	0,21	1,28	0,22	1	<b>3,25</b>	
	obiloviny	20	3084,37	0,46	0,21	1,28	0,22	1	<b>2,13</b>	
	víc.pícniny	20	2678,39	0,36	0,21	1,28	0,22	1	<b>1,71</b>	

Tab. 5-5 Výsledky z pozemku č. 7

Pozemek č. 7 je jedním z příkladů pozemku, kde eroze není vysoká. Hodnoty zde se vyskytující jsou ve všech směrech přijatelné. Výskyt minimální eroze na pozemku je dán jeho velkou délkou svahu a zároveň nízkým sklonem. Vzhledem k nízkým hodnotám pro všechny uvedené plodiny nejsou v tomto směru nutné žádné preference, lze doporučit i jindy nevhodnou kukuřici.

### Základní data o pozemku č. 8:

Půdní typ na pozemku: kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách (které nejsou v HPJ 48,49), středně těžké lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření

BPEJ pozemku: 85011, 83421, 83424

Délka svahu: 310 m

Sklon svahu: 5,8 %

Plocha pozemku: 52,5 ha

č. poz.	plodina	CN	OpH	QpH	K	LS	C	P	G(W-B)	G (W-S)
<b>8</b>	kukuřice	2	3577,37	0,58	0,39	2,04	0,22	1	<b>2,83</b>	<b>3,5</b>
	obiloviny	2	2621,33	0,34	0,39	2,04	0,22	1	<b>1,77</b>	
	víc.pícniny	2	1391	0,11	0,39	2,04	0,22	1	<b>0,66</b>	
	kukuřice	20	12232,07	2,51	0,39	2,04	0,22	1	<b>12,81</b>	
	obiloviny	20	10248,69	2,05	0,39	2,04	0,22	1	<b>10,36</b>	
	víc.pícniny	20	7362,06	1,32	0,39	2,04	0,22	1	<b>6,73</b>	

**Tab. 5-6 Výsledky z pozemku č. 8**

Vysoké hodnoty erozního smyvu na tomto pozemku jsou dány především erozně náchylným půdním typem zde se vyskytujícím. Vysoké hodnoty smyvu vykazuje opět kukuřice při dvacetileté návrhové srážce a též obiloviny při stejné návrhové srážce. Z tohoto hlediska doporučuji opět pěstování víceletých pícnin.

#### **Základní data o pozemku č. 9:**

Půdní typ na pozemku: kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách, rulách, svorech a fylitech, středně těžké lehčí až středně skeletovité, vláhově zásobené, vždy však v mírně chladném klimatickém regionu

BPEJ pozemku: 83421

Délka svahu: 350 m

Sklon svahu: 8 %

Plocha pozemku: 19,2 ha

č. poz.	plodina	CN	OpH	QpH	K	LS	C	P	G(W-B)	G (W-S)
<b>9</b>	kukuřice	2	1308,3	0,22	0,21	3,35	0,22	1	<b>2,27</b>	<b>3,09</b>
	obiloviny	2	958,66	0,13	0,21	3,35	0,22	1	<b>1,42</b>	
	víc.pícniny	2	508,71	0,04	0,21	3,35	0,22	1	<b>0,51</b>	
	kukuřice	20	4473,44	0,95	0,21	3,35	0,22	1	<b>10,24</b>	
	obiloviny	20	3748,09	0,78	0,21	3,35	0,22	1	<b>8,30</b>	
	víc.pícniny	20	2692,41	0,5	0,21	3,35	0,22	1	<b>5,38</b>	

**Tab. 5-7 Výsledky z pozemku č. 9**

I když hodnoty erozního smyvu při dvouleté přívalové srážce jsou pro všechny uvedené plodiny vyhovující, nevyhovují jsou již při dvacetileté přívalové srážce, proto je vhodné uvažovat o protierozním opatření na tomto pozemku, například o polní cestě se strouhou.

**Základní data o pozemku č. 11:**

Půdní typ na pozemku: kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách, rulách, svorech a fylitech, středně těžké lehčí až středně skeletovité, vláhově zásobené, vždy však v mírně chladném klimatickém regionu

BPEJ pozemku: 83421

Délka svahu: 400 m

Sklon svahu: 8,5 %

Plocha pozemku: 21,7 ha

č. poz.	plodina	CN	OpH	QpH	K	LS	C	P	G(W-B)	G (W-S)
<b>11</b>	kukuřice	2	1478,65	0,24	0,21	3,9	0,22	1	<b>2,63</b>	<b>3,61</b>
	obiloviny	2	1083,48	0,14	0,21	3,9	0,22	1	<b>1,63</b>	
	víc.pícniny	2	574,94	0,04	0,21	3,9	0,22	1	<b>0,57</b>	
	kukuřice	20	5055,92	1,03	0,21	3,9	0,22	1	<b>11,82</b>	
	obiloviny	20	4236,12	0,84	0,21	3,9	0,22	1	<b>9,55</b>	
	víc.pícniny	20	3042,99	0,54	0,21	3,9	0,22	1	<b>6,19</b>	

**Tab. 5-8 Výsledky z pozemku č. 11**

Hodnoty erozního smyvu na tomto pozemku jsou dány vysokým sklonem pozemku na relativně malé délce svahu. Co se týče vhodnosti plodin, doporučit lze víceleté pícniny.

**Základní data o pozemku č. 12:**

Půdní typ na pozemku: kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách, rulách, svorech a fylitech, středně těžké lehčí až středně skeletovité, vláhově zásobené, vždy však v mírně chladném klimatickém regionu

BPEJ pozemku: 83421

Délka svahu: 190 m

Sklon svahu: 4,7 %

Plocha pozemku: 20,9 ha

č. poz.	plodina	CN	OpH	QpH	K	LS	C	P	G(W-B)	G (W-S)
<b>12</b>	kukuřice	2	143,09	0,02	0,21	1,23	0,22	1	<b>0,58</b>	<b>1,14</b>
	obiloviny	2	104,85	0,01	0,21	1,23	0,22	1	<b>0,33</b>	
	víc.pícniny	2	55,64	0	0,21	1,23	0,22	1	<b>0,00</b>	
	kukuřice	20	489,28	0,1	0,21	1,23	0,22	1	<b>2,82</b>	
	obiloviny	20	409,95	0,08	0,21	1,23	0,22	1	<b>2,25</b>	
	víc.pícniny	20	294,48	0,05	0,21	1,23	0,22	1	<b>1,44</b>	

**Tab. 5-9 Výsledky z pozemku č. 12**

Hodnoty erozního smyvu u tohoto pozemku jsou vyhovující při obou návrhových přívalových srážkách pro všechny uvedené plodiny, dokonce u víceletých pícnin při dvouleté přívalové srážce nevzniká žádná eroze, což je dáno malým sklonem a délkou svahu. Zde bych se opět nebál pěstovat kukuřici, jejíž použití na ostatních pozemcích nelze doporučit.

#### **Základní data o pozemku č. 19:**

Půdní typ na pozemku: gleje modální, stagnogleje modální a gleje fluvické na svahových hlínách, nivních uloženinách, jílovitých a slinitých materiálech, zkulturněné, s upraveným vodním režimem, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu nebo slabě skeletovité

BPEJ pozemku: 83421, 86421

Délka svahu: 450 m

Sklon svahu: 9,3 %

Plocha pozemku: 13,8 ha

č. poz.	plodina	CN	OpH	QpH	K	LS	C	P	G(W-B)	G (W-S)
<b>19</b>	kukuřice	2	940,34	0,17	0,21	4,72	0,22	1	<b>3,20</b>	<b>4,36</b>
	obiloviny	2	689,03	0,1	0,21	4,72	0,22	1	<b>2,00</b>	
	víc.pícniny	2	365,63	0,03	0,21	4,72	0,22	1	<b>0,71</b>	
	kukuřice	20	3215,29	0,72	0,21	4,72	0,22	1	<b>14,28</b>	
	obiloviny	20	2693,94	0,59	0,21	4,72	0,22	1	<b>11,57</b>	
	víc.pícniny	20	1935,17	0,38	0,21	4,72	0,22	1	<b>7,51</b>	

**Tab. 5-10 Výsledky z pozemku č. 19**

Vysoký sklon tohoto pozemku spolu s jeho délkou je příčinou vysoké eroze při pěstování kukuřice i obilovin. Nabízí se tak možnost protierozního opatření, například cesta se strouhou. Jelikož se pozemek rozkládá na katastrálních územích Soběnova a

Malče, mohla by cesta vést například po hranici, jak je uvedeno ve výsledcích ztráty půdy vodní erozí dle WS.

### **Základní data o pozemku č. 20:**

Půdní typ na pozemku: kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách (které nejsou v HPJ 48,49), středně těžké lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření

BPEJ pozemku: 85011

Délka svahu: 280 m

Sklon svahu: 6,4 %

Plocha pozemku: 2,99 ha

č. poz.	plodina	CN	OpH	QpH	K	LS	C	P	G(W-B)	G (W-S)
<b>20</b>	kukuřice	2	376,26	0,08	0,39	2,2	0,22	1	<b>5,00</b>	<b>3,78</b>
	obiloviny	2	320	0,07	0,39	2,2	0,22	1	<b>4,23</b>	
	víc.pícniny	2	224,94	0,04	0,39	2,2	0,22	1	<b>2,54</b>	
	kukuřice	20	1010,81	0,24	0,39	2,2	0,22	1	<b>16,08</b>	
	obiloviny	20	914,42	0,21	0,39	2,2	0,22	1	<b>14,10</b>	
	víc.pícniny	20	739,32	0,17	0,39	2,2	0,22	1	<b>11,12</b>	

**Tab. 5-11 Výsledky z pozemku č. 20**

Hodnoty erozního smyvu na pozemku č. 20 jsou opět vysoké. Jsou dány vysokým sklonem pozemku na poměrně krátkém svahu. Zde by pomohlo opět protierozní opatření, například strouha, která by pozemek rozdělila na dva menší pozemky s přijatelnou erozí pro pěstování obilovin či víceletých pícnin.

## 6. ZÁVĚR

V této kapitole mé diplomové práce, která se zabývala posuzováním a vyhodnocováním erozních jevů na modelovém povodí Malče Budského potoka, bych nejprve zhodnotil výsledky, poté bych zobecnil a upřesnil jednotlivé faktory a nakonec porovnal metody výpočtu.

Výrazné hodnoty erozních jevů byly zjištěny na pozemcích č. 2, č. 5 a č. 19 a to dle výsledků ztráty půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe. Prvky, které nejvíce tuto skutečnost podpořily, jsou především délka svahu a sklon pozemků. Navržená řešení jsou uvedena v kapitole 5.1.1. Jedná se o protierozní opatření typu cesta se struhou či konkrétně pastvina z pozemku č. 2.

Stanovení transportu splavenin dle universální rovnice Williamse a Berndta bylo přesnější. Potvrdilo výsledky ztráty půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe na pozemcích č. 2, č. 5 a č. 19. Metoda stanovení transportu splavenin dle universální rovnice Williamse a Berndta navíc prokázala, že pozemky, které se podle metody W-S zdály vyhovující, jsou erozně ohrožené při pěstování kukuřice. Jednalo se o pozemky č. 8, č. 9, č. 11 a č. 20. Faktory o tomto rozhodující jsou opět vysoký sklon pozemků a délka svahu. Jako důležitý faktor je zde také typ půdy na pozemcích.

Jelikož určité faktory nelze výrazně změnit, aby se snížila míra eroze, tak musíme ovlivnit ty, u kterých to lze. Jsou to především faktory L, S, C a P.

Faktor délky sklonu se dá snížit například rozčleněním pozemku. Snížení hodnoty faktoru sklonu pozemku docílíme tak, že na pozemku použijeme protierozní opatření, které se nazývá terasování. Hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace se dají změnit vhodným osevním postupem, který by měl být upraven v rámci posouzení možností eroze přímo na daný pozemek. Někdy může být řešením i změna kultury pozemku, například změna orné půdy na TTP. Faktor vlivu protierozních opatření je

řešením při situaci, kdy nelze snížit hodnoty ostatních faktorů.

Obecně jde tedy říci, že míra eroze stoupá se zvyšujícím se sklonem pozemku a vyšší délkou svahu. Nemalou roli zde hraje i půdní typ na pozemku. Důležitým faktorem je také pěstovaná plodina na pozemku. Jelikož eroze vzniká jen při přívalových deštích, je rozhodující, jaká plodina v době přívalové srážky roste na pozemku. Podle mých výpočtů i podle literatury je erozně nejnáchylnější kukuřice a méně náchylnější jsou obiloviny. Víceleté pícniny se ve výsledcích jeví jako nejčastěji doporučená plodina s ohledem k míře eroze.

A jaká metoda je lepší? Podle mého názoru je to jednoznačně metoda stanovení transportu splavenin dle universální rovnice Williamse a Berndta, při které se k výpočtu využívají CN - křivky. Zohledňuje se zde také plodina, která je na pozemku v době přívalového deště, při kterém probíhá eroze. Metoda stanovení transportu splavenin dle universální rovnice Williamse a Berndta navíc prokázala, že pozemky, které se podle metody W-S zdály vyhovující, jsou erozně ohrožené v případě, že je v době přívalového deště na pozemku pěstována kukuřice či obiloviny. Dále se hodnotí dobré nebo špatné hydrologické podmínky půd v rámci CN - křivek. Nevýhodou této metody je, že hodnoty CN nejsou známy pro všechna povodí v ČR. Využívají se data z nejbližších míst a tím se snižuje přesnost výpočtu. Také se zde počítá s objemem přímého odtoku a velikostí kulminačního průtoku, které zpřesní výsledky propočtu erozního procesu. Metoda ztráty půdy vodní erozí dle Wisheiera a Smithe je ale základním kamenem k výpočtu stanovení transportu splavenin dle universální rovnice Williamse a Berndta, tato univerzální rovnice je svým způsobem dokonalejší modifikací rovnice dle Wisheiera a Smithe.

Závěrem lze jen zdůraznit nutnost snahy po neustálém zpřesňování výsledků propočtu erozních smyvů na jednotlivých pozemcích s danými parametry a následný diferencovaný přístup k těmto pozemkům z hlediska protierozní ochrany.

## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

citace dle normy ČSN ISO 690

Česká použitá literatura

- CABLÍK, J., JŮVA, K. *Protierozní ochrana půdy*. Praha: Státní zemědělská nakladatelství, 1963.
- DUMBROVSKÝ, M. *Pozemkové úpravy*. Brno: CERM, 2004. 263 s. ISBN 80-214-2668-3.
- DUMBROVSKÝ, M., MEZERA, J., STRÍTECKÝ, L. *Metodický návod pro vypracování návrhů pozemkových úprav*. Brno: Českomoravská komora pro pozemkové úpravy, 2004. 190 s.
- FISTIKOGLU, O., HARMANCIOGLU, N.B. *Integration of GIS with USLE in Assessment of Soil Erosion*. *Water Resources Management*. 16. 2002, s. 447 – 467
- HOLÝ, M. *Protierozní ochrana*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1978. 283 s.
- CHÁBERA, S., *Fyzický zeměpis Jižních Čech*. Přehled geologie, geomorfologie, horopisu a vodopisu. České Budějovice :Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 1998, 139 s. ISBN 80-7040-218-0
- JANEČEK, M. *Vliv eroze půdy na znečištění povrchových vod*. Praha:Stud. Inform. ÚVTIZ, Ř. Půdoznal.-Melior.-Výž.rostl., 1978, č.4, 72 s.



- JANEČEK, M. a kol. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: , Metodika pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe č 5/1992, 1992
- JANEČEK, M, et al. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: VÚMOP, v.v.i, 2007. 76 s. ISBN 978-80-254-0973-2.
- JANEČEK, M a kol., *Základy erodologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2008. 165 s. ISBN 978-80-213-1842-7.
- JONÁŠ, F. *Pozemkové úpravy*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1990. 512 s. ISBN 07-035-90 04/16.
- KVÍTEK, T., GERGEL, J., ONDR, P., ZÁMIŠOVÁ, K. *Zemědělské meliorace*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2004, 148 s.
- MONTGOMERY, D. R. *Soil erosion and agricultural sustainability*. PNAS, 104. 2007, s. 268-272
- NOVOTNÁ, D. (ed.). *Úvod do pojmosloví v ekologii krajiny*. Praha: MŽP+Enigma, 2001. 399 s. ISBN 80-7212-192-8.
- PANDEY, A., CHOWDARY, V.M., MAL, B.C. *Sediment yield modelling of an agricultural watershed using MUSLE, remote sensing and GIS*. Paddy Water Environ, 2009, DOI 10.1007/s10333-009-0149-y
- PASÁK, V., JANEČEK, M. A ŠABATA, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: Metodiky ÚVTIS , 1983. 77 s.
- PASÁK, V. a kol. *Ochrana půdy před erozí*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1984. 160 s.

- PODHRÁZSKÁ, J. DUFKOVÁ, J. *Protierozní ochrana půdy*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005. 95 s. ISBN 80-7157-856-8.
- SADEGHI, S. H. R., MIZUYAMA, T., MIYATA, S., GOMI, T., KOSUGI, K. MIZUGAKI, S., ONDA, Y. *Is MUSLE apt to small steeply reforested watershed?*. J For Res, 2007, 12, s. 270-277
- SKLENIČKA, P. *Základy krajinného plánování*. Praha: Naděžda Skleničková, 2003. 321 s. ISBN 80-903206-1-9.
- ŠILAR, J. *Všeobecná hydrogeologie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, KU přírodovědecká fakulta. 1983
- TOLASZ, R. *Atlas podnebí Česka*. Praha – Olomouc: ČHMÚ a UP Olomouc, 2007, 255 s.
- VYSOUDIL, M. *Meteorologie a klimatologie*. Olomouc: UP Olomouc, 2004, 280 s. ISBN 80-244-0875-9
- WISCHMEIER, W. H., SMITH, D.E. *Predicting rainfall erosion losses*. United States Department of agriculture, (Agricultural Handbook No. 537). 1978, s. 58
- *Podnebí ČSSR – Tabulky*. Praha: Hydrometeorologický ústav, 1961, 380 s.

## 8. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

- Obr. 3-1 Povodí Malče Budského potoka (ZVM list 32-24, 1: 50 000)
- Obr. 5-1 Program „WGS84toSJTSK“
  
- Tab. 2-1 Tabulka sklonů svahu a příslušných hodnot m
- Tab. 4-1 Průměrný úhrn srážek (mm) za období 1901 – 1950
- Tab. 4-1 Průměrný úhrn srážek (mm) za období 1901 – 1950
- Tab. 4-2 Nejvyšší úhrn srážek (mm) a rok jeho výskytu za období 1901 – 1950
- Tab. 4-3 Nejnižší úhrn srážek (mm) a rok jeho výskytu za období 1901 – 1950
- Tab. 4-4 Nejvyšší denní úhrn srážek (mm)
- Tab. 4-5 Průměrný počet dnů se srážkami 0,1 mm nebo více za období 1901 – 1950
- Tab. 4-6 Průměrný počet dnů se srážkami 1,0 mm nebo více za období 1901 – 1950
- Tab. 4-7 Průměrný počet dnů se srážkami 10,0 mm nebo více za období 1901 – 1950
- Tab.5-1 Pomocná tabulka pro faktor K
- Tab. 5-2 Výsledky ztráty půdy vodní erozí dle Wishmeiera a Smithe v dané lokalitě
- Tab. 5-3 Výsledky z pozemku č. 2
- Tab. 5-4 Výsledky z pozemku č. 5
- Tab. 5-5 Výsledky z pozemku č. 7
- Tab. 5-6 Výsledky z pozemku č. 8
- Tab. 5-7 Výsledky z pozemku č. 9
- Tab. 5-8 Výsledky z pozemku č. 11
- Tab. 5-9 Výsledky z pozemku č. 12
- Tab. 5-10 Výsledky z pozemku č. 19
- Tab. 5-11 Výsledky z pozemku č. 20

## 9. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Mapa povodí Malče Budského potoka s vyznačením čísel pozemků a sklonů pozemků
- Příloha č. 2 Pracovní prostředí programu ERCN (příklady)
- Příloha č. 3 Fotodokumentace povodí

**Příloha č. 2      Pracovní prostředí programu ERCN  
(příklady)**

**Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek**

Zadání vstupních hodnot

Plocha povodí : 34,30 ha

Průměrné CN : 75,00

Max. 24-h srážkový úhrn : 44,6 mm

Opravný koef. nádrží : 1,00 mm

Přímý odtok : 6,81 mm

la / Hs : 0,38

QpH : 2337,22 m<sup>3</sup>

qpH = 0,61

QpH = 0,39 m<sup>3</sup>/s

pozemek č. 2, kukuřice, N2

Celková doba koncentrace

Plošný povrchový odtok

Délka : l = 100 m    Hydraulický sklon : s = 0,12 tg α

Drsnost : n = 0,17 ...    Dvouletý 24-h déšť : Hs2 = 44,6 mm

Tta = 0,308 h

Soustředěný odtok o malé hloubce

Délka : l = 670 m    Hydraulický sklon : s = 0,089 tg α

Povrch na zájmovém území

Nedlážděný    Rychlost : v = 1,467 m/s

Dlážděný    Ttb = 0,127 h

Soustředěný odtok v otevřeném korytě

Délka : l =    m    Hydraulický sklon : s =    tg α

Drsnost : n =    ...    Plocha přič. profilu : F =    m<sup>2</sup>

Rychlost : v =    m/s    Omočený obvod : O =    m

Ttc =    h    Hydraulický průměr : B =    m

Tc = 0,435 h

**Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek**

Zadání vstupních hodnot

Plocha povodí : 15,80 ha

Průměrné CN : 75,00

Max. 24-h srážkový úhrn : 74,5 mm

Opravný koef. nádrží : 1,00 mm

Přímý odtok : 23,30 mm

la / Hs : 0,23

QpH : 3681,27 m<sup>3</sup>

qpH = 0,85

QpH = 0,86 m<sup>3</sup>/s

Pozemek č. 5, kukuřice, N 20

Celková doba koncentrace

Plošný povrchový odtok

Délka : l = 100 m    Hydraulický sklon : s = 0,090 tg α

Drsnost : n = 0,17 ...    Dvouletý 24-h déšť : Hs2 = 44,6 mm

Tta = 0,345 h

Soustředěný odtok o malé hloubce

Délka : l = 140 m    Hydraulický sklon : s = 0,11 tg α

Povrch na zájmovém území

Nedlážděný    Rychlost : v = 1,631 m/s

Dlážděný    Ttb = 0,024 h

Soustředěný odtok v otevřeném korytě

Délka : l =    m    Hydraulický sklon : s =    tg α

Drsnost : n =    ...    Plocha přič. profilu : F =    m<sup>2</sup>

Rychlost : v =    m/s    Omočený obvod : O =    m

Ttc =    h    Hydraulický průměr : B =    m

Tc = 0,365 h

**Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek**

Zadání vstupních hodnot

Plocha povodí : 13,80 ha Výpočet

Průměrné CN : 67,00

Max. 24-h srážkový úhrn : 74,5 mm Vybrat h

Opravný koef. nádrží : 1,00 mm Vybrat f

Přímý odtok : 14,02 mm

la / Hs : 0,34

QpH : 1935,17 m<sup>3</sup>

qpH = 0,71

QpH = 0,38 m<sup>3</sup>/s

Výpočet QpH

Konec

Uložit

pozemek č. 19, víceleté pícniny, N20

Celková doba koncentrace

Plošný povrchový odtok

Délka : l = 100 m Hydraulický sklon : s = 0,101 tg α

Drsnost : n = 0,17 Dvouletý 24-h déšť : Hs2 = 44,6 mm

Tta = 0,330 h

Soustředěný odtok o malé hloubce

Délka : l = 350 m Hydraulický sklon : s = 0,092 tg α

Povrch na zájmovém území

Nedlážděný Rychlost : v = 1,492 m /s

Dlážděný Ttb = 0,065 h

Soustředěný odtok v otevřeném korytě

Délka : l = m Hydraulický sklon : s = tg α

Drsnost : n = Plocha příč. profilu : F = m<sup>2</sup>

Rychlost : v = m /s Omočený obvod : O = m

Ttc = h Hydraulický plošný : B = m

Tc = 0,395 h Výpočet Tc

**Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek**

Zadání vstupních hodnot

Plocha povodí : 52,50 ha Výpočet

Průměrné CN : 75,00

Max. 24-h srážkový úhrn : 44,6 mm Vybrat h

Opravný koef. nádrží : 1,00 mm Vybrat f

Přímý odtok : 6,81 mm

la / Hs : 0,38

QpH : 3577,37 m<sup>3</sup>

qpH = 0,59

QpH = 0,58 m<sup>3</sup>/s

Výpočet QpH

Konec

Uložit

Pozemek č. 8, kukuřice, N 2

Celková doba koncentrace

Plošný povrchový odtok

Délka : l = 100 m Hydraulický sklon : s = 0,060 tg α

Drsnost : n = 0,17 Dvouletý 24-h déšť : Hs2 = 44,6 mm

Tta = 0,406 h

Soustředěný odtok o malé hloubce

Délka : l = 210 m Hydraulický sklon : s = 0,057 tg α

Povrch na zájmovém území

Nedlážděný Rychlost : v = 1,174 m /s

Dlážděný Ttb = 0,050 h

Soustředěný odtok v otevřeném korytě

Délka : l = m Hydraulický sklon : s = tg α

Drsnost : n = Plocha příč. profilu : F = m<sup>2</sup>

Rychlost : v = m /s Omočený obvod : O = m

Ttc = h Hydraulický plošný : B = m

Tc = 0,455 h Výpočet Tc

## **Příloha č. 3      Fotodokumentace povodí**

- Obr. 1 : Pohled z vrchu Slabošovka na povodí Malče Budského potoka, v pozadí vrch Kohout**
- Obr. 2 : Další pohled na povodí Malče Budského potoka, uprostřed v pozadí obec Soběnov**
- Obr. 3 : Další pohled z vrchu Slabošovka na povodí Malče Budského potoka**
- Obr. 4 : Pozemek č. 2**
- Obr. 5 : Pozemek č. 2, v pozadí obec Besednice**
- Obr. 6 : Pozemek č. 5**
- Obr. 7 : Meandry potoka u samoty zvané U Švepeše**
- Obr. 8 : Nádrž Besednice jižně od obce Malče**
- Obr. 9 : Pozemek č. 2, foceno směrem na východ**
- Obr. 10 : Pozemek č. 19**
- Obr. 11 : Soutok Malše a Malče Budského potoka**
- Obr. 12 : Nádrž u osady Na Budách**
- Obr. 13 : Malče Budský potok, v pozadí vrch Kohout**





**Obr. 1 : Pohled z vrchu Slabošovka na povodí Malče Budského potoka, v pozadí vrch Kohout**



**Obr. 2 : Další pohled na povodí Malče Budského potoka, uprostřed v pozadí obec Soběnov**



**Obr. 3 : Další pohled z vrchu Slabošovka na povodí Malče Budského potoka**



**Obr. 4 : Pozemek č. 2**



**Obr. 5 : Pozemek č. 2, v pozadí obec Besednice**



**Obr. 6 : Pozemek č. 5**



**Obr. 7 : Meandry potoka u samoty zvané U Švepeše**



**Obr. 8 : Nádrž Besednice jižně od obce Malče**



**Obr. 9 : Pozemek č. 2, foceno směrem na východ**



**Obr. 10 : Pozemek č. 19**



**Obr. 11 : Soutok Malše a Malče Budského potoka**



**Obr. 12 : Nádrž u osady Na Budách**



**Obr. 13 : Malče Budský potok, v pozadí vrch Kohout**