

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Teoretické podklady pro určení transportu erozí pro návrhovou  
srážku**

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Krajinného managementu

**Autor práce:** Martin Berka

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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta zemědělská  
Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Martin BERKA  
Osobní číslo: Z11004  
Studijní program: B4106 Zemědělská specializace  
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí  
Název tématu: Teoretické podklady pro určení transportu erozí pro návrhovou srážku  
Zadávající katedra: Katedra krajinného managementu

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

Cílem práce je zpracování podrobné literární rešerše týkající se využití nových metod výpočtů transportu půdy vodní erozí. Bude porovnána využitelnost stávajících softwarových produktů používaných projekčních praxí. Dále bude porovnána hodnota transportu z dlouhodobého hlediska a pro jednu konkrétní přívalovou srážku. Součástí práce bude stručný popis vybrané lokality související s řešenou problematikou.

1. Literární rešerše na daná témata:

- a/ třídění erozních jevů
- b/ vodní eroze
- c/ výpočty používané v projekční praxi
- d/ metoda CN křivek

2. Popis a zpracování erozní problematiky v konkrétní pozemkové úpravě.

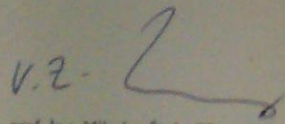
3. Vyhodnocení a závěr.

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 35 stran textu  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

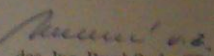
Doležal, P. a kol. 2010. Metodický návod k provádění pozemkových úprav. Ministerstvo zemědělství - Ústřední pozemkový úřad, Praha, 2010.  
USACE Flood-Runoff Analysis. Engineering Manual No. 110-2-1417, Washington, 1994, 214 s.  
Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha, ISV, 2002, 201 s.  
Feldman, A.D. (ed.) Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual. USACE, Davis, 155 s.  
časopisy: Hydrological processes, Journal of hydrology, Physics and chemistry of the earth, Hydrological studies, atd.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.  
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: 4. března 2013  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2014

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 02 - Česká Budějovice  
L.S.

  
doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. března 2013

## **PROHLÁŠENÍ:**

Prohlašuji, že tato práce nebyla opsána, ani zkopírována a byla zpracována samostatně. Uvedl jsem veškerou literaturu, ze které bylo čerpáno.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne

Martin Berka

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Pavlu Ondrovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce je zaměřena na erozní činnost a její následnou eliminaci, v podobě protierozních opatření. Zájmová oblast se nachází v katastrálním území Čížov u Jihlavy. Pro výpočet erozního ohrožení byla použita Wischmeier-Smithova rovnice. Na návrh má vliv několik faktorů. Jsou to srážkový úhrn, vegetační pokryv, půdní charakteristika, morfologie terénu a jiné.

**Klíčová slova:** vodní eroze, protierozní opatření, CN-křivky, pozemkové úpravy, Wischmeier-Smithova rovnice

## **Anotation**

This thesis is focused on erosion and its successive elimination as antierosion measures. The area of interest is in the cadastral territory of Čížov u Jihlavy. For the calculation of the erosion threat was used the Wischmeier-Smith equation. The proposal has the influence of several factors. It's rainfall, vegetation cover, soil characteristics, morphology, and other.

**Key Words:** water erosion, antierosion measures, CN-curves, land adjustment, Wischmeier-Smith equation

## **Obsah**

<b>1 Úvod</b> .....	8
<b>2 Koloběh vody</b> .....	9
2.1 Hydrologická bilance .....	10
2.1.1 Bilanční prvky.....	11
<b>3 Eroze</b> .....	18
3.1 Sněhová eroze .....	19
3.2 Antropogenní eroze.....	21
3.3 Větrná eroze .....	22
3.4 Vodní eroze .....	25
<b>4 Protierozní opatření</b> .....	27
4.1 Rozdělení protierozních opatření .....	27
4.1.1 Organizační opatření .....	27
4.1.2 Agrotechnická opatření .....	29
4.1.3 Technická opatření .....	30
4.2 CN křivky.....	31
4.2.1 Teoretická koncepce CN křivek.....	33
4.2.2 Variabilita hodnot .....	34
4.2.3 Zpětné určení CN.....	35
4.2.4 Vyhodnocení metody CN křivek .....	36
<b>5 Komplexní Pozemkové úpravy</b> .....	37
5.1 Prvky řešené pozemkovými úpravami .....	39
5.1.1 Společná zařízení (krajinné prvky) .....	39
5.1.2 Ekologická stabilita krajiny .....	41
5.1.3 Územní systém ekologické stability (ÚSES) .....	41
5.1.4 Koeficient ekologické stability .....	42
<b>6 Cíl bakalářské práce</b> .....	43
<b>7 Charakteristika lokality</b> .....	44
7.1 Poloha zvoleného povodí.....	44

7.2 Geologie a geomorfologie.....	44
7.3 Pedologie.....	44
7.4 Hydrologie .....	45
7.5 Landuse.....	45
<b>8 Výsledky a diskuse .....</b>	<b>46</b>
<b>9 Závěr .....</b>	<b>51</b>
<b>10 Literární citace .....</b>	<b>52</b>



# 1 Úvod

Voda je součástí našich životů, je to životodárná tekutina, bez níž by nebyl život na Zemi. Vyskytuje se jak na povrchu, tak pod povrchem a v ovzduší. Má tedy tři skupenství, a to pevné, kapalné a plynné. Kapalné je nejvíce zastoupené. Je součástí oceánů a moří v podobě slané vody a řek, potoků, vodních nádrží, podpovrchové vody a srážek v podobě vody sladké. Další skupenství je plynné. To se vyskytuje hlavně v atmosféře jako pára, kdy je součástí koloběhu vody na naší planetě. Velké množství vody je v pevném skupenství, tedy v ledu. Led tvoří jižní i severní pól, což je obrovské množství zmrzlé sladké vody. Bohužel vliv klimatu má za následek, že tyto zamrzlé komplexy začínají roztávat a dochází tak ke ztrátě této vody. Je těžké říci, jestli má toto na svědomí pouze člověk. Není to jen ve výstavbě továren, které uvolňují do ovzduší i do vody velké množství škodlivin a také tak napomáhají k tvorbě skleníkového efektu a ozónových děr, ale také v kácení pralesů a jiné zeleně, která pomáhá pohlcovat oxid uhličitý a naopak tvořit kyslík. Tento proces se nazývá fotosyntéza. Dále nelze nechat bez povšimnutí to, jak narušujeme půdní procesy a zvyšujeme tak erozní činitele. To má za následek degradaci půdy, zvyšující se množství eroze. Proto bylo nutné vymyslet různá protierozní opatření, která se snaží výše zmíněnou erozi zmenšovat nebo alespoň mírnit. Protierozní opatření máme na všechny typy erozí, ale v této práci se budu soustředit pouze na ty, které ve větší míře ohrožují naši republiku. Níže tedy rozeberu erozi vodní, větrnou, sněhovou a antropogenní. Tyto problémy řeší pozemkové úpravy, které mají různé nástroje řešící erozi.

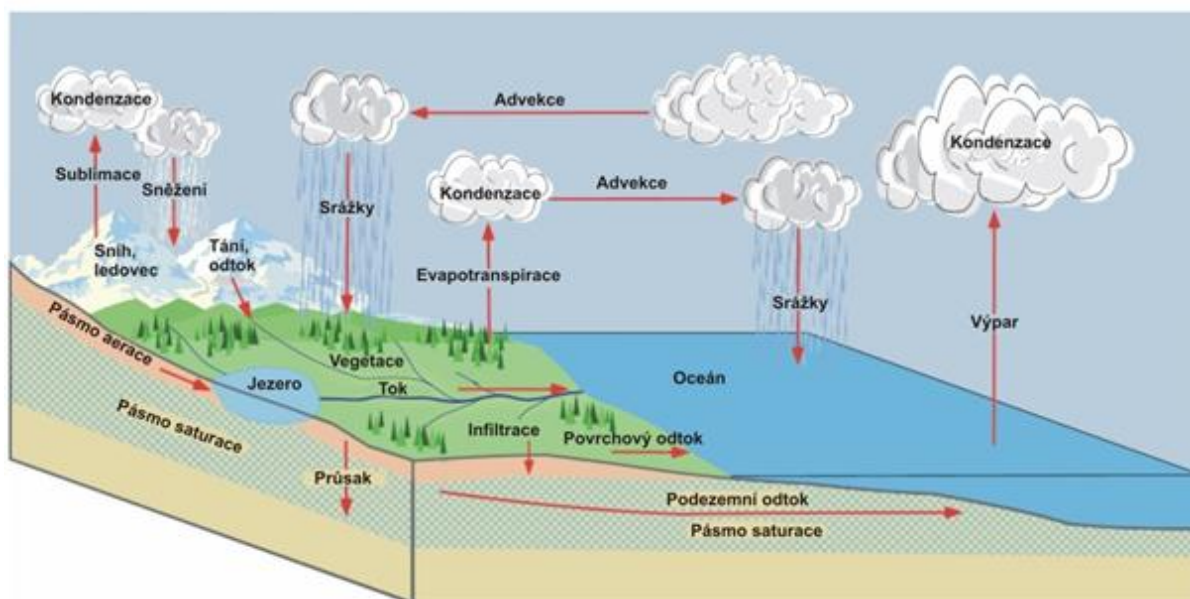
V druhé části této bakalářské práce je praktická část. Má vybraná oblast je povodí nacházející se asi 5 km na jih od Jihlavy. Nacházejí se v něm obce Cerekvička, Čížov a Rosice. V tomto území si vyberu několik půdních bloků, na kterých po spočítání velikost eroze, pomocí Wischmeier-Smithovi rovnice, zjistím nadměrnou erozní činnost. Dále navrhu na zmíněných půdních blocích protierozní opatření, která by měla výši erozí snížit. V práci budou zaznamenány jednotlivé výsledky i zvolená opatření.

## 2 Koloběh vody

V přírodě existují dva typy koloběhu vody, a to uzavřený a otevřený. Ještě je lze označit jako krátký a dlouhý.

Dlouhý koloběh vody popisujeme pro velkou oblast. Odehrává se nad pevninou i oceánem. Je specifický v tom, že voda v krajině rychle odtéká a pokud se část vody odpaří, nesráží se nad pevninou, protože tlak vodních par nedosáhne rosného bodu, ale putuje nad oceán, kde se pára konečně přemění ve srážky a opět padá. Srážky nejsou pravidelné. Většinou po období sucha přicházejí přívalové deště. Ty pak způsobují erozi půdy a dochází tím k odnosu půdních látek. Vlivem člověka dochází k čím dál většímu narušování půdy a snižuje se její odolnost vůči erozi, proto přívalové deště působí čím dál větší škody (Pokorný 2011).

### Dlouhý koloběh:

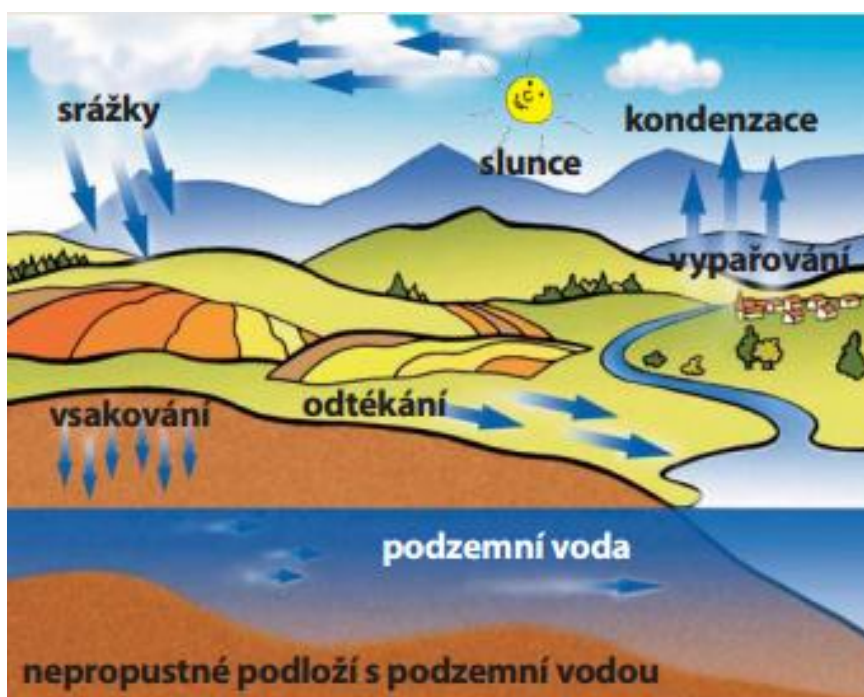


(Grmela 2004)

Krátký koloběh vody se odehrává na pevnině, v krajině bohaté na vegetaci a zásobu vody. Srážky padají na vegetační kryt. Část vody ze srážek dopadne na zem, část dopadne na rostliny a část se odpaří dřív, než dopadne. Při

poklesu nočních teplot se voda ve vegetačním krytu sráží a tvoří se tak mlhy a rosa. Voda v tomto cyklu je dokola využívána rostlinami. Výpar vody z rostlin a půdy brání ve dne půdě v přehřívání a v noci tlumí pokles teploty. Teplotní rozdíly nejsou tak drastické jako v oblastech, kde probíhá dlouhý vodní cyklus. Je to z důvodu vegetačního krytu. Srážky jsou pravidelné a udržují hladinu spodní vody (Pokorný 2011).

### Krátký koloběh:



(Marušincová 2007)

## 2.1 Hydrologická bilance

Hydrologickou bilancí řešíme a zjišťujeme množství a druhy vody v povodí. Voda v povodí se rozdělí mezi bilanční hodnoty. To znamená, že zjišťujeme množství vody srážkové, vody z výparu, infiltrace, rozdíly mezi hladinou podpovrchové a povrchové vody. Proces samozřejmě ovlivňují klimatické podmínky na povodí (Bažatová, Šimková 2013).

## **Základní rovnice modelu hydrologické bilance elementární odtokové plochy:**

$$\mathbf{HS(p) - Q(c) - E(t,s) - Q(gr) + \Delta W(p) + \omega = 0}$$

**HS(p) ... podkorunové srážky**

**Q(c) ... celkový odtok v závěrečném profilu povodí**

**E(ts) ... evapotranspirace**

**$\Delta W(p)$  ... přírůstek/úbytek vody v povodí**

**Q(gr) ... průsak do geologického podloží**

**$\omega$  ... rozdíl naměřených parametrů**

Kromě omegy jsou zbylé parametry známé. Omega je odchylka modelu a měření (Švihla, Černohous, Šach 2010).

### **Bilanční rovnice:**

$$\mathbf{H_s = H_o + H_v +/- R}$$

**Hs ... roční výška srážek**

**Ho ... roční výška odtoku**

**Hv ... roční výška výparu**

**R ... změna zásob vody v povodí**

Zjednodušeně se dá rovnice napsat v podobě: **Hs= Ho+ Hv**

(Kemel 1996)

## **2.1.1 Bilanční prvky**

### **2.1.1.1 Atmosférické Srážky**

Atmosférické srážky vznikají v atmosféře kondenzací vodních par. Jejich skupenství může být pevné nebo kapalné. Tyto srážky pak rozdělujeme na vertikální a horizontální. Vertikální srážky lze charakterizovat jako srážky padající z oblaků.

Trvalé srážky vypadávají z oblaků nimbostratus a altostratus. Přeháňky pak přináší bouřkový mrak cumulonimbus. Horizontální srážky se tvoří (kondenzují) na povrchu (stromů, automobilů, budov, ...), ale i uvnitř vzduchových hmot (Bagar, Kovář 2006).

- 1 mm srážek = 1 litr vody na m<sup>2</sup>
- srážkový úhrn chápeme jako průměrné množství srážek za zvolený časový interval

### **Vertikální srážky:**

**Děšť** – kapky deště mají kapky o průměru 0,5 – 7mm. Mohou být menší než 0,5 mm, ale vypadávají hustě. Dešťové kapky mohou být i větší, ale odporem vzduchu v atmosféře se po vypadnutí rozpadají na menší.

**Mrholení** – V mrholení jsou kapky o průměru menším než 0,5 mm.

**Sníh** – Tyto srážky patří do pevného skupenství. Základní tvar sněhové vločky je šesticípá hvězda nebo jen její část. Pokud je při chumelení vyšší teplota, dochází ke shlukování vloček do větších chomáčků.

**Sněhové krupky** – patří mezi srážky pevného skupenství. Tvoří je neprůhledné ledové částice. Tato zrna mají kulový tvar o průměru 2 – 5 mm. Tvoří se zejména při přeháňkách, kdy teplota bývá kolem bodu mrazu.

**Sněhová zrna** – Sněhová zrna neboli sněhová krupice, patří mezi tuhé srážky s průměrem menším než 1 mm. Tvoří se při teplotách pod bodem mrazu. Z mraku stratus vypadávají v malém množství nebo jsou obsaženy v mlze.

**Námrazové krupky** – Jsou to ledová zrna o průměru okolo 5 mm. Obvykle vypadávají společně s deštěm při nižších teplotách. Při dopadu odskakují nebo se roztříští.

**Zmrzlý déšť** – Dešťové kapky zmrznou a přemění se na ledová zrna o průměru 5mm.

**Kroupy** – Vypadávají z bouřkových mraků. Jsou to ledové částice o průměru 5 – 50 mm.

**Ledové jehličky** - Toto jsou ledové útvary (krystalky) ve tvaru jehliček. Ve vzduchu se spíše vznášejí a pomalu dopadají na zem. Vznikají při silných mrazech. Typické jsou pro polární oblasti (Matějček 2007).

### **Horizontální srážky:**

**Rosa** – Voda v kapalném stavu usazená na zemském povrchu. Rosa je tvořena malými kapkami. Tvoří se při večerním ochlazení nebo ranním oteplováním, kdy voda kondenzuje, sráží se.

**Zmrzlá rosa** – To samé jako rosa, akorát v pevném skupenství.

**Jíní (šedý mráz)** – vzniká stejně s rosou, ovšem teplota musí být pod nulou. Netvoří se na stromech a drátech.

**Jinovatka** – Je tvořena jemnými ledovými jehličkami. Vzniká při velkých mrazech a usazuje se na drátech vedení a stromech.

**Ovlhnutí** – Tento druh horizontální srážky se nachází na návětrných polohách a svislých plochách. Vyskytuje se v podobě vodních kapek, které na zmíněných plochách kondenzují.

**Námraza** – Vzniká z mlhy při teplotách -2 až -10 °C. Je to průhledná zrnitá usazenina, držící se na návětrných stranách. Najdeme jí na stromech, vedení nebo letadlech při letu.

**Ledovka** – Ledová usazenina, která vzniká při přemrznání vodních kapek na povrchu. Tvoří se při teplotách blízko pod bodem mrazu.

**Náledí a zmrázky** – Pokrývají zemský povrch ledem. Vznikají zmrznutím kapky až po dopadu na zem nebo zmrznutím vody z roztátého sněhu (Matějček 2007).

Denní srážky lze rozdělit na dva typy, a to pevninský a pobřežní (mořský) typ. V letních obdobích je pro naši republiku typický pevninský typ, v zimě pak pobřežní. To znamená, že v létě se voda nestačí přesunout do ústí oceánu a nedostane se tak do velkého hydrologického koloběhu. Vypaří se a zůstane v malém (pevninském) koloběhu (Šír a kol. 2003).

Geografické rozložení srážek řešíme z důvodu nestejného rozložení oblačnosti. To je z důvodu členitosti terénu. Za návětrnými stěnami se tvoří srážkové stíny. Tyto stěny jsou tvořeny zejména vysokými pohořími, jako jsou Himaláje nebo Alpy. Dále nás zajímá expozice svahů, protože jižní svahy bývají výrazněji zahřívány. Úhrn srážek se odvozuje od nadmořské výšky z důvodu limitu výšky hladiny kondenzace. Nad 2000 m dochází ke srážkové inverzi. Nejteplejší oblasti se nacházejí v pásu mezi obratníky. Jsou tam také největší srážkové úhrny. Vyšší srážkové úhrny jsou pak v mírném pásu, chudé v subtropích a suché oblasti jsou v polárních oblastech (Matějček 2007).

Sněhová pokrývka má velký klimatický význam. Její teplota je nižší než povrch půdy bez ní. Má malou teplotní vodivost, to znamená, že dochází k menším teplotním ztrátám z povrchu. Promrzání půdy závisí na výšce sněhové pokrývky. Ochladuje vzduch a vzniká tak sněhová, jarní inverze. Mimo jiné ji můžeme brát i jako zdroj vody při tání (Janásková 2006).

### **2.1.1.2 Odtok**

Na počátku minulého století se hodně spekulovalo o tom, jak vlastně odtok vzniká, co podněcuje jeho vznik a jak ho eliminovat. S konečnou definicí nakonec přišel Horton. Tato definice bývá označována jako infiltrační teorie nebo taktéž teorie povrchového odtoku. V této teorii se jako hlavním podporovatelem povrchového odtoku označuje voda ze srážkové činnosti anebo voda, která se objevila v důsledku tání sněhu.

Dále Horton zavedl pojem infiltrační kapacita. Ta je stanovená jako množství vody, které je půda schopná pojmout a zadržet. Půda tedy do určité míry zadržuje vodu z povrchového a podpovrchového odtoku (Hlavčová, Holko, Szolgay 2001).

Povrchový odtok na povodí vzniká tak, že se překročí infiltrační kapacita půdy, ovšem nemusí dojít k jejímu nasycení. Záleží na intenzitě srážek. Při vzniku povrchového odtoku hraje velkou roli druh vegetačního krytu a způsob využívání

krajiny. Více vody půda zadrží, když je jako vegetační kryt trvalý travní porost než holá půda.

Celkový odtok vypočítáme tak, když sečteme odtok podpovrchový, povrchový a základní.

Pro potřebu inženýrské hydrologie byl odtok rozdělen na další dvě složky: přímý (skládá se z povrchového a podpovrchového odtoku) a základní odtok. Toto rozdělení mělo usnadnit výpočet kulminačního průtoku, objemu povodňové vlny a převod průběhu efektivních srážek na časový průběh odtoku (Hlavčová, Holko, Szolgay 2001).

**Tab.: 1 Rychlost odtoku v rámci různých hydrologických procesů**

<b>Typ proudění</b>	<b>Rozsah rychlosti (m/hod)</b>
Otevřené koryto	300-1000
Povrchový odtok	50-500
Odtoková trubka	50-500
Odtok na půdní matrici	0,005-0,3
<b>Podzemní proudění</b>	
Pískovec	0,001-10
Jílovité břidlice	0,00000001-1
Vápenec	0-500

(Hlavčová, Holko, Szolgay 2001)

### 2.1.1.3 Výpar

**Definice** říká, že výpar je přeměnění kapalného skupenství na plynné za pomoci energie. Na 1g vody, o teplotě 0 °C, je potřeba 2500 J, aby došlo k výparu.



**Faktory ovlivňující výpar** řadíme do dvou skupin. Do první patří faktory klimatické. Mezi ně logicky patří teplota, vlhkost, tlak a vítr. Ve druhé skupině jsou faktory charakterizující vypařující se povrch. Tam patří druhy povrchu, jeho pokryv a barva, stáří vegetace, vlhkost, atd.

**Množství výparu** se udává v mm za jednotku času (zpravidla den, měsíc, rok, atd.). 1mm znamená, že se z plochy 1m<sup>2</sup> vypaří 1 litr vody.

**Intenzita** výparu bývá udávána jako mm za jednotku času (sekundy, minuty, hodiny, atd.).

**Evaporace** je výpar z půdy nebo jiných neživých povrchů. Abychom zjistili podíl výparu z půdy, kromě klimatu, musíme sledovat i charakteristiku půdy, její složení a podíl vody v ní. V případě, že je půda plně nasycena vodou může výpar dosáhnout hodnoty 8 mm/ den, což je víc než se dokáže odpařit z vodní hladiny. To je ze dvou důvodů. Povrch má větší teplotu než vodní hladina a musíme brát v potaz jeho větší plochu. Prakticky se více vypařuje z neobdělávané půdy, protože není porušena pórovitost půdy (Žalud 2010).

**Transpirace** je výpar z rostlin. U nich dochází k uvolňování vody ze stomaty (průduch) a ta se pak odpaří. Malou část vody dokáží vyloučit kutikulou, což je nebuněčný pokryv těla rostlin, ale toto množství je zanedbatelné. Transpiraci spočítáme zjištěním transpirační rychlosti, která se udává v  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hod}^{-1}$  nebo  $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1}$  a transpiračním koeficientem, což je množství vytranspirované vody (v gramech) potřebné na tvorbu 1g sušiny (viz. tabulka).

**Tab.: 2**

<b>Druh</b>	<b>g H<sub>2</sub>O/1g sušiny</b>
Obilniny	500 – 650
Luskoviny	700 – 800
Brambory a řepa	≈ 500
C4 rostliny	220 - 350

(Žalud 2010)

**Intercepce** je výpar vody z povrchu rostlin. Tato voda není vydávána rostlinami, ale je to například srážková voda nebo rosa, mlha, apod., která je zachycena listy rostlin. Kapacita porostu závisí na velikosti listů rostliny. Tento výpar je neproduktivní, voda se vypaří, aniž by byla užítkována (Žalud 2010).

### 3 Eroze

Erozi lze charakterizovat jako přírodní proces, při kterém působením vody, větru, ledu, popř. jiných činitelů dochází k rozrušování povrchu půdy a transportu půdních částic a jejich následnému usazování.

Rozlišujeme erozi normální neboli geologickou, kterou nazýváme přirozenou, a erozi zrychlenou (Bryan 2000). Eroze půdy, která probíhá v nenarušených přírodních podmínkách zpravidla pozvolna bez většího škodlivého efektu, se v podmínkách zemědělské činnosti zrychluje (Toman 2001). Zrychlená eroze zemědělských půd vážně ohrožuje produkční a mimoprodukční funkce půd a vyvolává mnohamilionové škody v intravilánech měst a obcí, způsobované povrchovým odtokem a smyvem půdy zejména ze zemědělských pozemků.

Eroze půdy ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část – ornici, zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozují plodiny a kultury. Transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje, zanášejí akumulární prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin. Velké povodňové průtoky poškozují budovy, komunikace, koryta vodních toků a podobně.

Erozi půdy lze bez výhrad považovat jako nejničivější proces životního prostředí, ohrožující lidskou existenci. Je to sociální fenomén, produkt zásadní lidské činnosti (Svoray, Atkinson 2012).

Hlavní příčinou přibývání eroze je ekonomická činnost a zemědělsko-průmyslová výroba. Pro stabilní fungování musí být doplňující energie antropogenního původu vkládána do systému krajiny. Momentálně je takto využívána pouze malá část této energie. Druhá část energie, vedle výše zmíněné energie, je zastoupena ve velkém měřítku a pro změnu ničí základy přírodních zdrojů. To způsobuje zhoršení ekologického stavu a s erozí to jsou hlavní ničivé faktory. Proto myšlenka jak vytvořit ekologicky bezpečnou zemědělsky využívanou krajinu je, aplikovat antropogenní energii do dvou částí. V první části je energie potřebná pro užitečnou produkci a energie nezbytná jako kompenzace pro intenzivní

melioraci. Pak je tady intenzivnější využití a spolehlivější systém ochrany. Je nutné posoudit úroveň produkce krajiny jako celek, opustit pokusy podmanit si přírodu a obrátit se na koncepci soužití s přírodou (Medvědév, Bulygin 1997).

### 3.1 Sněhová eroze

Nivace je termín, kterým je označován projev sněhové eroze. Tedy eroze vzniklá táním sněhu nebo působením sněhových závějí. Tento druh eroze se vyskytuje hlavně v horských oblastech a je důležitá při modelování reliéfu a destrukci půdy. Dále jí můžou lehce ovlivnit srážky (Pokladníková, Šťastná 2006).

Ve vybraných oblastech je tající sníh významným erozním činitelem a způsobuje velké škody na zemědělských půdách. To se zpravidla stává tam, kde je těžká sněhová pokrývka a dojde k rychlému tání. Za chladného období (listopad – březen) dochází k častému zamrznání a rozmrznání půdy. Při promrznání se voda vytlačuje z půdy a vytváří malé ledové krystalky, které při svém vznikaní rozdrolují půdu. Proto je půda s příchodem tání náhlá k erozi a rozdrolené půdní agregáty jsou odneseny a rozpuštěny. Při opětovném zamrznání dochází k novému rozrušování půdy a jejímu zahlcování vodou. Pak se u tání stává, že vrchní vrstva půdy se mění v bláto a má sklon k tečení. Dalším faktorem pro vznik sněhové eroze je snížení infiltrace půdy a tím se voda z tání nedostane hlouběji do půdy a odtéká po povrchu. Tyto faktory mají za následek, že na jaře dochází k erozi i z malého množství tajícího sněhu. Vše může podtrhnout příliv teplého vzduchu kombinovaný s příchodem relativně teplých srážek (Pokladníková, Šťastná 2006).

Logicky je na jaře půdoochranný efekt vegetace velmi slabý. Na obhospodařovaných pozemcích je půda většinou holá nebo pokryta nízkými rostlinami.

Z údajů ukazujících informace o erozích způsobených vodou z roztávajícího sněhu můžeme vyčíst, že tato eroze roste s propustností půdy. Čím je propustnost větší, tím má ničivější dopad i eroze.

Dopad eroze z tání sněhu můžeme například posoudit analýzou říčních naplavenin. Detailní studie erozních procesů pod vlivem tání sněhu a dešťové vody

říká, že sněhová eroze je více nebezpečná v případě půdních ztrát, kdy je půda splachována do říčních systémů, tím jsou vodní toky zanášeny a následně dochází k jejich vylití z koryt (Toman, Podhrázská 2002).

Rychlost odtoku roztáté vody je zpravidla podstatně nižší než odtok ze srážkové vody. Zaznamenává se v mm/24 hodin. Avšak z důvodů, kdy v zimě je půda promrzlá a v podpovrchových vrstvách nasycena vodou a rychlost infiltrace je jiná v jílovitých nebo hlinitých půdách (infiltrace je minimální a pohybuje se v rozhraní 0,01 a 1,0 mm/den), dochází k tomu, že roztátá voda odtéká rychleji než voda srážková. K největšímu povrchovému odtoku dochází při permanentním tání, kdy velká část ležícího sněhu roztaje během následujících 10 až 20 dnů (Toman, Podhrázská 2002).

Při počítání sněhové eroze musíme brát také v potaz, že sněhový pokryv nemá všude stejnou výšku. Nejvíce sněhu je na závětrných stranách svahů a za překážkami, tam je právě eroze z tání sněhu logicky vyšší (Pokladníková, Šťastná 2006).

#### **Vzorec pro výpočet eroze z tání sněhu:**

$$E_s = m \times h \times k \times L \times S \times C \times P \times K$$

**E<sub>s</sub>** ... intenzita eroze z tání sněhu [t.ha-1.rok-1]

**m** ...intenzita tání sněhu ve 20-ti denní periodě, v době, kdy je tání

nejintenzivnější; v regionech, kde je tání urychlováno deštěm, hodnota m

vzrůstá od 50 do 100 % [mm.den-1]

**h** ... množství vody vzniklé táním sněhu za 20-ti denní období [cm],

**k** ...faktor odtoku vody násobený koeficientem 1,5 - 3

**L, S, C, P, K** ... faktory univerzální rovnice, C a P se týkají mimo vegetačního období

(Toman, Podhrázská 2002)

## 3.2 Antropogenní eroze

Litosféra je vnější obal Země a zároveň je základnou veškeré lidské (antropogenní) činnosti, zdrojem nerostných surovin a místo vzniku půd.

Zásahy člověka do litosféry můžeme srovnávat s působením erozních činitelů jako je voda, vítr nebo led. Člověk povrch litosféry narušuje, přeskupuje, mění její tvar, přenáší materiál na jiná místa. Ovlivňujeme i samotné geologické procesy, tedy erozi nebo zvětrávání, svahové pohyby, tektonické procesy, sedimentaci. Část litosféry, která je ovlivněná člověkem tvoří specifický ekosystém, takzvané horninové prostředí.

Tento negativní antropogenní vliv prudce vzrostl v 19. století, kdy přišla průmyslová revoluce. Tyto procesy jsou mnohem drastičtější a rychlejší než přírodní pochody (Blažková 2002).

### Nejčastější antropogenní procesy:

#### A. Procesy fyzikálně mechanického charakteru.

1. Narušování mechanické stability horninového prostředí (zakládání staveb, sesuvná území)
2. Eroze zemědělských půd.
3. Stará důlní díla, opuštěné těžební doly
4. Antropogenní sedimenty (odvaly, skládky, násypy apod.)
5. Negativní důsledky soustředěné průmyslové činnosti
6. Záměrné úpravy reliéfu a jejich následky

#### B. Procesy chemického charakteru.

1. Havarijní stavy horninového prostředí v důsledku významných úniků škodlivin
2. Velkoplošné znečištění horninového prostředí způsobené zemědělstvím

(Blažková 2002)

Erozní pohyby na svahu, způsobené člověkem mohou být způsobené změnou sklonu svahu, zatížením svahů násypy, haldami, skládkami, změnou hladiny podzemní nebo povrchové vody, obnažení paty svahu.

Urychlení eroze nastává při kácení lesů nebo špatným obhospodařováním polí, která se vyskytují na svahu. Často bývá hrozbou poddolování terénu, kdy dochází k propadům půdy nebo objektů.

Dalším jevem může být sedimentace, kdy dochází k usazování na patě svahu, která vznikne při splachování ornice z polí.

Momentálně nejzávažnějšími antropogenními procesy, které negativně ovlivňují litosféru, jsou těžba nerostných surovin a zemědělské obdělávání (Blažková 2002).

### **3.3 Větrná eroze**

Nejvíce postižená oblast větrnou erozí v ČR je jižní Morava. Celkem je v ČR ohroženo 28.8% zemědělských půd.

Faktory důležité pro odolání půdy proti větrné erozi jsou: struktura půdy, obsah humusu, textura půdy a vlhkost půdy. Přírodní faktory, které vyvolávají větrnou erozi, vyjadřují ohroženost půdy termínem erodovatelnost (Mužiková a kol. 2012).

Erodovatelnost nemá stále stejnou hodnotu, ale mění se s vlhkostí půdy. Obecně lze říci, že čím je vlhkost půdy nižší, tím je půda k větrné erozi náchylnější. Intenzivní větrná eroze působí nejvíce v oblastech s přeměnou vegetačního krytu na zemědělskou půdu a jejím intenzivním obděláváním (Dufková 2007).

Protierozní opatření pro větrnou erozi jsou typu organizačního, agrotechnického a technického.

Základem organizačních řešení ochrany půdy pro větrnou erozi je uspořádání pozemků. Pozemky by měly být navrženy tak, aby měly obdélníkový tvar a delší strana aby byla kolmá na směr převládajících větrů. Dále je důležitý výběr plodin. Nejlépe půdu ochrání trvalý travní pokryv. U tohoto druhu eroze jsou účinné

i osevní postupy, kdy nejvhodnější je volba víceleté pícniny a ozimé obiloviny. Postavení osevního postupu závisí na očekávané klimatické změně. Dále mezi základní způsoby ochrany půdy před větrnou erozí patří pásové střídání plodin. Pásky plodin jsou umísťovány kolmo na směr převládajících větrů. Mezi pásy vyšších pěstovaných rostlin, jako je kukuřice či slunečnice, se vkládají pásy s méně odolnými plodinami (Toman 2001).

Mezi agrotechnická protierozní opatření většinou zahrnujeme úpravu struktury půdy, zvyšování vlhkosti půdy, výsev do ochranné plodiny nebo strniště. Úprava struktury půdy spočívá v tom, že zvýšíme soudržnost půdy a vytvoříme půdní agregáty, se kterými vítr již nepohne a redukuje tak odnos půdy. Toho docílíme tak, že zvýšíme přísun organické hmoty do půdy a přidáváním jílovitých částic do půdy, která je pak více soudržná. Používají se i postřiky povrchu půdy, obsahující tmelící látky. Při kultivačních pracích by se měli používat stroje, které půdy více nerozdrolí a nerozprašují. Pak by byla ochrana proti větrné erozi zbytečná a nefunkční (Toman 2001).

Pokud bude zvyšovat vlhkost půdy, zvýšíme tím její soudržnost a snížíme erodovatelnost větrem. Zvyšování vlhkosti půdy dosáhneme vegetačním pokryvem, čímž se omezí výpar a půda si uchová vlhkost, dále pak vyloučením plošného kypření povrchu půdy, závlahou půdy nebo zadržením sněhu na pozemku (Dufková 2007).

Pro výsev méně odolných plodin (kukuřice, cukrovka, čekanka,...) do ochranné plodiny nebo strniště je zapotřebí speciálních strojů pro přesný výsev. Bezorebné setí obilnin s ponecháním stojícího strniště splňuje požadavky ochrany půdy, která je silně ohrožena větrnou erozí. Při tomto opatření se podřízne vrchní vrstva půdy, aby došlo k přerušení kapilární vztlínivosti vody a nakypření povrchové vrstvy půdy. Výsledkem je zničení vyklíčených plevelů a výdrolů a zároveň zůstane vzpřímené strniště z 80% zachováno. Tento způsob protierozní ochrany se zdá být účinný, avšak pro provádění těchto technologií je zapotřebí speciální mechanizace, která zatím není všude dostupná (Toman 2001).

Technickými opatřeními můžeme dosáhnout snížení škodlivých účinků větru, jeho rychlosti. Zpravidla se to dělá tak, že se větru do cesty postaví překážka. Tyto překážky jsou buď mobilní, nebo v podobě ochranných lesních pásů, tedy



větrolamů. Větrolamy tedy slouží k umírnění rychlosti větru a zvýšení vlhkosti půdy. Navrhují se kolmo na směr převládající větrné eroze ve vzdálenosti, která se udává podle jejich účinnosti a ekologické funkce v krajině. Pro co největší účinnost větrolamů se nesmí podceňovat výběr dřevin. Pro danou zájmovou lokalitu se vybírají dřeviny odpovídající stanovištním podmínkám. Toto je jedno z nejběžnějších a účinných protierozních řešení (Toman 2001).

**Rovnice k výpočtu intenzity větrné eroze:**

$$E = I \times K \times C \times L \times V$$

E ... potenciální ztráta půdy větrnou erozí (t.ha-1.rok-1)

I ... faktor erodibility

K ... faktor drsnosti půdního povrchu

C ... klimatický faktor

**Tab.: 3 Přenos půdních částic větrem**

<b>Průměr půdních částicv mm</b>	<b>Vzdálenost přenosu</b>
0-1	Několik metrů
1-0,125	1-1,5 km
0,125-0,0625	Několik kilometrů
0,0625-0,0312	Přes 300 km
0,0312-0,0156	Přes 1500 km
Pod 0,0156	Neomezeně

(Toman 2001)

### 3.4 Vodní eroze

Vodní eroze je způsobena destrukční činností deště a povrchového odtoku a následným transportem půdních částic (Janeček a kol. 2007).

Orná půda v našich podmínkách ve většině případů trpí zrychlenou erozí, při níž se splavuje značné (za prudkých přívalových dešťů až katastrofální) množství svrchní kulturní vrstvy půdy (Bryan 2000). Vodní eroze postupuje selektivně. Odnáší nejprve nejjemnější nebo nejlehčí půdní částice. V praxi to znamená ztrátu organické složky, snížení schopnosti vázat živiny, vyrovnávat pH a celkové snížení sorpční kapacity (Kliment 2003).

Při erozních procesech s nižší intenzitou dochází ke ztrátě jemných půdních částic. Tím se mění půdní textura a struktura a snižuje se vodní kapacita půdy. Při procesech vodní eroze s vyšší intenzitou, při nichž dochází ke smyvu značné části vrchního horizontu, nepřijímá nižší horizont, obvykle s menším obsahem organické hmoty a s menší propustností, v dostatečné míře srážkovou vodu; půdní profil je ochuzen o zásobu vláhy, což má v suchých obdobích výrazný vliv na vývoj vegetace (Janeček 1978).

Následkem plošné eroze dochází ke změně zrnitosti půdy směrem po svahu. V horní části je materiál o hrubší zrnitosti - ta vysychá podstatně dříve a snadněji než jemné sedimenty v dolní části svahu. V dolní části naopak převažuje materiál jemnozrný. Následkem těchto rozdílů v materiálu je nerovnoměrné rozložení vlhkosti po svahu.

Rýhová eroze je vedle plošné vodní eroze nejrozšířenějším a nejnebezpečnějším druhem srážkové eroze. Na svazích vzniká erozní zářez. V závislosti na okolním prostředí, podmínkách a délce vývoje nabývají formy rýhové eroze různých tvarů a rozměrů. Způsobují fragmentaci svahů, znehodnocují zemědělskou a lesní půdu a nepříznivě ovlivňují odtokové poměry v povodí (Kliment 2003).

Protierozní ochrana je nedílnou součástí plánu společných zařízení. Podkladem pro zpracování návrhu je vyhodnocení odtokových poměrů a stanovení erozní ohroženosti pozemků. Z pohledu retence vody v krajině jsou zvláště vhodné zasakovací průlehy, zatravněné údolnice s tvorbou drobných i větších retenčních

prostor, které lze s výhodou začlenit do ploch územních systémů ekologické stability. Protierozní opatření lze s výhodou kombinovat také se změnami využití pozemků (zatravnění, zalesnění), s komunikačním systémem a dalšími krajínovými úpravami (Jebari, Berndtsson, OlssonBahri 2012).

**Tab.: 4**

<b>Stupeň ohrožení</b>	<b>Rozloha zemědělské půdy</b>	<b>Podíl (%)</b>
Velmi slabé	134 041	3
Slabé	1 094 507	26
Střední	1 054 905	25
Silné	728 972	17
Velmi silné	484 365	11
Extrémní	782 601	18
Celkem	4 279 391	100

(Zemědělský svaz ČR 2011)

**Wischmeier-Smithova rovnice -> určení ohrožení pozemků vodní erozí**

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

G - průměrná dlouhodobá ztráta půdy t.ha<sup>-1</sup> za rok

R - faktor erozní účinnosti deště

K - faktor erodovatelnosti půdy

L - faktor délky svahu

S - faktor sklonu svahu

C - faktor ochranného vlivu vegetace

P - faktor účinnosti protierozních opatření

(Petr a kol.; 1989)

## 4 Protierozní opatření

Protierozní opatření jsou k tomu, aby přispěly k lepšímu hospodaření na půdě, aby se omezil efekt eroze půdy a zlepšila se úrodnost. Jinak řečeno protierozní opatření jsou taková opatření, která zmírňují projevy vodní a větrné eroze (Fulaftár, Styk 2007).

Investice v protierozních opatřeních má svůj význam (ačkoliv ve výsledku slabý a mezní efekt). Ti, kteří investovali velké úsilí a vložili nemalé náklady do protierozního opatření, nemusí se jim vyplatit (Verwimp 2005).

Protierozní opatření tvoří velké množství možností jak erozi půdy eliminovat. Tyto možnosti jsou rozděleny podle toho, jakým způsobem erozi ovlivňují. Protierozní opatření na polnohospodářských půdách rozdělujeme na:

- **Organizační opatření**
- **Agrotechnická a vegetační opatření**
- **Technická opatření**

### 4.1 Rozdělení protierozních opatření

#### 4.1.1 Organizační opatření

Základem je vymezení hranice lesního a polnohospodářského půdního fondu, vyčlenění pozemků s trvalým travním porostem a ornou půdou. Na to navazuje rozdělení kultur v závislosti na erozním ohrožení. Obvykle se pak orná půda dělí do tří skupin: půda pro pěstování plodin bez omezení, pro husté sítě jednoletých plodin pro víceleté plodiny (Fulaftár, Styk 2007).

## **Organizační opatření zahrnují:**

**Návrh vhodného umístění pěstovaných plodin.** Toto opatření dělíme ještě do pěti kategorií.

**I.** plochy podél vodotečí jsou charakteristické velmi malým sklonem. Z hlediska možného vybřežení vody z toku je nutno tyto plochy využívat jako trvalé travní porosty.

**II.** na plochu s ornou půdou se sklonem do tří stupňů lze soustředit plodiny se slabým protierozním efektem. Plodiny jako okopaniny, kukuřici, širokořádkové plodiny.

**III.** Na plochách s ornou půdou se sklonem do sedmi stupňů se sází odolné plodiny. Ozimé obiloviny se zde můžou pěstovat bez omezení. U plodin, které jsou náchylné erozi, lze využít běžný osevní postup.

**IV.** Sem patří orná půda se sklonem do dvanácti stupňů. Zde uplatňujeme použití speciálního osevního postupu. Je zde nutné zvážit převedení plochy jako trvalý travní porost.

**V.** Plochy bez orné půdy, se sklonem nad sedmnáct stupňů. Na těchto plochách by se měly vyskytovat pouze trvale travní porosty nebo lesní porosty (Sochorec, Knot 2010).

Jedná se o nejjednodušší a rychlé protierozní opatření. Na počátku jeho využívání může narušit hospodářský záměr vlastníka nebo uživatele pozemku.

**Návrh pásového střídání plodin.** Toto opatření spočívá v tom, že se zemědělská plocha, vyskytující se ve svahu rozdělí po vrstevnicích na několik pásů a na nich se střídají pásy erozně odolných plodin s plodinami erozně náchylnými. Na příklad je možné střídat okopaniny s pícevinami nebo okopaniny s ozimými obilovinami. Šíře jednotlivých pásů je v limitu 20 – 40 m. Z pravidla, čím má svah pozemku větší sklon, tím jsou pásy užší.

Pásové střídání plodin není v ČR zaběhlým standardem. Lze jej využít na dlouhých svazích ve sklonu tři stupně. Způsobuje problémy v podobě jiné přípravy půdy, jiné doby setí a sklizně. Dále je zde náročnost, která se týká organizace prací (Sochorec, Knot 2010).

**Návrh optimálního tvaru a velikosti pozemku.** Snížením délky svahu snižujeme účinek eroze. Změnou tvaru pozemku docílíme k lepšímu využívání pozemku a jiného systému obhospodařování.

Tyto změny lze využít pouze při projektování komplexní pozemkové úpravy (Sochorec, Knot 2010).

#### **4.1.2 Agrotechnická opatření**

Tato opatření jsou podmíněna speciálními nebo vhodně upravenými mechanizačními prostředky. Do těchto opatření spadá směr orby, setí a všechny ostatní kultivační a sklizňové operace. Pokud je to možné a sklon pozemku to dovoluje, vyžaduje se, aby byly tyto operace prováděny po směru vrstevnice, nejvýše s malým odklonem z tohoto směru.

Vyžaduje se, aby půda nebyla bez vegetačního krytu, proto se využívá podsevů a meziplodin, které se vysévají po sklizni hlavní meziplodiny.

Při pěstování brambor na půdách, které jsou ohrožené erozí, se vyplatí jejich setí po víceletých pícninách. Dále jako účinné protierozní opatření brambor se provádí hrázkování v brázdách. To omezuje povrchový odtok a podněcuje zvýšení akumulace vody na pozemku. Hrázkování je vhodné použít na svazích dlouhých maximálně 300 m a se sklonem do sedmi stupňů (Fulaftár, Styk 2007).

### 4.1.3 Technická opatření

Technickými opatřeními můžeme řešit plošnou a rýhovou erozi, které zapříčiňují ztrátu půdy, transport a sedimentaci půdních částic a transport chemických látek.

Ztráta půdy při erozních procesech postihuje nejvíce zemědělství. Ztráta půdy je trvalá, protože i v případě jejího zachycení a odtěžení zcela vyjímečně vrací zpět na pozemek. Uvolňování a odnos částic obvykle probíhá ve velkém měřítku. Často se za intenzivních srážek smyje svrchní mělká půdní vrstva a obnaží půdní podklad, což má při dlouhodobém procesu tvorby nové půdy pro zemědělskou i lesní výrobu velmi nepříznivé důsledky (Fulaftár, Styk 2007).

V ČR se v minulosti nejvíce vyskytovaly terasy (nebo agrární valy). Tyto druhy teras patří v Česku k nejrozšířenějším formám antropogenního reliéfu vzniklých zemědělskou činností. Agrární terasy jsou vlastně svahové stupně tvořené úzkou a dlouhou plošinou s příkřejším svahem terasy. Lze je rozlišovat podle:

způsobu jejich vzniku na \_\_\_\_\_ : stavěné (pro vinohrady, sady)

vzniklé samovolně

velikosti \_\_\_\_\_ : makro terasy

mikro terasy

materiálu tvořícího svah terasy : hliněné

kamenné

Z těchto možností existuje řada variant a přechodných forem. Jako příklad jsou uvedeny hliněné agrární makro terasy, vyskytující se na severo-západě Čech. K jejich vzniku vedla po staletí prováděná orba svažitých polních parcel, jejichž hranice vedou po vrstevnici nebo šikmo k ní. Princip vzniku terasového pole leží na tom, když se zemina nahromadí na dolním okraji polní parcely. To má za následek vznik a růst terasového stupně. Agrární terasy vznikají vlivem přírodních činitelů. Jejich působení však urychluje svou činností člověk.

V Česku nalezneme celé systémy agrárních teras. Především se pak vyskytují v mnoha částech Českého středohoří a Krušných hor (Machová, Kubát, Elznicová, Riezner, Kovář 2011).

Do těchto opatření také spadá obnova, odbahnění a rekonstrukce rybníků a výstavby vodních nádrží. Vedle rybníků a nádrží mohou být při pozemkových úpravách naplánovány úpravy toků, kdy se zpevňují a vyvyšují břehy nebo se tvoří umělé meandry. Dále se plánuje odvodnění nebo ochranné hráze. Dále sem vedle výše zmíněných teras patří výstavba protierozních mezí, průlehů, příkopů, zatravňování údolnic nebo výstavba polních cest. Všechna tato opatření jsou více či méně využívána, mezi nejpoužívanější patří výstavba polních cest. Technická opatření jsou neúčinnějšími opatřeními, ale jsou také nejnákladnějšími (Zanden, Verburg, Mucher 2013).

## 4.2 CN křivky

Při modelování přímého nebo povrchového odtoku je k dispozici mnoho metod a modelů. V závislosti na nejvhodnějším použití metody určitého modelu, musíme brát zřetel na dostupnost a kvalitu vstupních dat pro určité území, dostupnost a náročnost modelu (Hejlová, Pechanec, Miřijovský 2013).

Metoda CN – křivek je jednou z nejrozšířenějších metod pro modelování srážko – odtokového procesu. Touto metodou dokážeme odvodit objem přímého odtoku a kulminačního průtoku na zemědělsky využívaných pozemcích a zalesněných pozemcích povodí o ploše od 5 do 10 km<sup>2</sup>. Lze metodu aplikovat i na urbanizovaných povodích o velikosti plochy povodí do 5 km<sup>2</sup> (Hanzlová, Horák, Unucka, Halounová, Židek, Boukalová 2006).

Vstupní data k výpočtu CN- křivek nám poskytne ČÚZK, VÚMOP a ÚHÚL. Z ČÚZK dostaneme polohopis a výškopis mikropovodí, z VÚMOP nám poskytnou půdní data a půdní data v zalesněných oblastech získáme od ÚHÚL (Hejlová, Pechanec, Miřijovský 2013).

Vegetace ve studiích změn odtoku zaměřených na extrémní odtokové situace je zpravidla vnímána jako faktor retenční schopnosti povodí. Tyto změny v retenci



vycházející ze změn ve využití krajiny nám umožňují vyčíslit odtokové křivky, tedy CN křivky. Tato metoda pro výpočet přímého odtoku způsobeného přivalovým deštěm z povodí, byla poprvé použita v USA organizací s názvem Služba na ochranu půdy. Základní hodnota pro výpočet je srážkový úhrn. Objem srážek se převede pomocí čísel odtokových (CN) křivek na objem přímého odtoku. Číslo CN křivky není vždy stejné, závisí na tom, jakou hydrologickou vlastnost má určitá půda, kolik vody se nachází v nenasycené zóně (jinak zóna aerace), dále záleží na stavbě vegetačního krytu a způsobu obhospodařování pozemků (Kopp 2007). Se stoupající hodnotou čísla CN- křivek, stoupá pravděpodobnost povrchového odtoku. Vysoká čísla Cn – křivek proto přiřazujeme k nepropustným oblastím. Čísla CN – křivek se zvyšují s čím dál horšími hydrologickými vlastnostmi půdy (Hejlová, Pechanec, Miřijovský 2013).

Jako vstupní hodnoty do modelů odtokového procesu nám slouží hodnoty potenciální retence. Díky nim můžeme vymezit retenční prostor v povodí nebo nám poslouží k modelování erozních procesů (Kopp 2007).

Díky metodě CN – křivek dokážeme stanovit objem přímého odtoku, který byl způsoben návrhovým přivalovým deštěm. Srážkový úhrn návrhového deště je tedy základním vstupem pro metodu CN – křivek. Užívá se rovnoměrné rozdělení srážkového úhrnu na ploše povodí pět dní před tím, než budeme počítat objem přímého odtoku. Čísla CN – křivek transformujeme objem, neboli výšku, srážek na objem, neboli výšku, odtoku (Hejlová, Pechanec, Miřijovský 2013).

**Pro výpočet objemu přímého odtoku máme následující vzorec:**

$$H_0 = (H_s - 0,2A)^2 / (H_s + 0,8A), \text{ pro } H_s > 0,2A$$

$H_0$  ... přímý odtok (mm)

$H_s$  ... úhrn návrhového deště (mm)

$A$  ... potenciální retence (mm), vyjadřujeme jí pomocí čísel CN – křivek a získáme jí ze vztahu:

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

Sloučením půdních dat zemědělských a lesních půd, dostaneme půdní data, která využijeme jako podklad pro modelování. K hlavní půdní jednotce se pak přiřadila hydrologická skupina a její hydrologické podmínky. Pokud máme lesní data, není u nich určena HPJ a tak se řídíme lesními typy. K lesním typologickým datům tedy přiřazujeme skupiny typů geobiocénů (STG). Pokud tedy známe STG a soubory lesních typů, můžeme k souboru lesních typů přiřadit číslo, odpovídající hlavní půdní jednotce, které by odpovídalo zemědělské půdě, kdyby se tu vyskytovala místo lesní plochy.

Číslo CN zjistíme z tabulky, řešící nelesní a lesní oblasti. Nyní můžeme podle výše zmíněného vzorce určit hodnoty retence u jednotlivých odtokových křivek (Hejlová, Pechanec, Miřijovský 2013).

#### **4.2.1 Teoretická koncepce CN křivek**

Odtokový vztah metody CN byl vypracován na základě předpokladu: „podíl odtoku k přebytku srážek se rovná podílu vody zadržené při přívalovém dešti k potenciálnímu objemu, který může být zadržen během extrémně dlouhého přívalového deště.“

Znovu je důležité uvést, že u maximální potenciální retence je závislost na druhu půdy, jejího vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a podmínkách vlhkosti půdy (Janeček, Kovář 2010).

**Tento vzorec vyjadřuje vztah mezi retencí a odtokem:**

$$F/S = Q/P \text{ [mm]}$$

**F** = P – Q = aktuální retence

**S** = potenciální maximální retence

**Q** = celková výška přímého odtoku z přívalového deště P

**P** = potenciální maximální odtok = celková výška přívalového deště

(Janeček, Kovář 2010)

S částí srážky, se počítá jako s počáteční ztrátou ( $I_a$ ), která se odečítá a je brána jako intercepce, infiltrace a povrchová retence před začátkem odtoku.

Z praktických důvodů se S uvádí jako bezrozměrný parametr CN v rozsahu

$$100 \geq S \geq 0$$

$$S = 1000 / CN - 10 \rightarrow CN = 1000 / S + 10$$

CN = 100 (S = 0) ... nepropustné povodí

CN = 0 (S =  $\infty$ ) ... nekonečně propustné povodí

(Janeček, Kovář 2010)

#### 4.2.2 Variabilita hodnot

Za předpokladu určité variability, se u CN-křivek používají hlavně střední hodnoty. Při vývoji této metody se totiž potvrdilo, že variabilita je skutečně reálná a jedno povodí může mít více než jednu CN. Pravděpodobné zdroje variability jsou:

- a) účinek plošné variability přívalových dešťů a vlastnosti povodí
- b) účinek časové variability přívalových dešťů, to znamená jejich intenzit
- c) kvalita zjištěných údajů/vztahů P – Q
- d) účinek předchozích srážek a s nimi spojených půdních vlhkostí

Původní čísla odtokových křivek se odvodila z měřených údajů srážek a odtoků, na území, kde byly známy hydrologické skupiny půd, třídy obhospodařování pozemků a vlastnosti povrchů. Denní srážkové a odtokové údaje, spolu s povodňovými údaji posloužily při vývoji CN-křivek. Tyto údaje pak byly vloženy do grafu, kde srážky byly označeny jako P a přímý odtok jako Q. Číslo CN, které

odpovídá křivce oddělující polovinu vnesených hodnot, se říká medián CN pro danou lokalitu (Janeček, Kovář 2010).

Z průměrných hodnot CN pak přes průměrné hodnoty mediánu odvodíme průměrné podmínky půdní vlhkosti. Rozptyl bodů kolem mediánu nám pak ukáže variabilitu půdní vlhkosti a s ní spojenými srážkami a odtokem. CN číslo ležící uprostřed se vyhodnotí jako mediánové číslo křivky, což odpovídá průměrnému potenciálnímu odtoku. Pro horní meze CN platí, že jsou nasycené vodou. Pro nízké hodnoty CN naopak, že jsou suché s nízkým potenciálem odtoku (Janeček, Kovář 2010).

Obsah vody v půdě bereme jako náhradu za ostatní zdroje variability, kromě těch, které jsou důsledkem vlastností půdy. Tam patří způsob využívání pozemků či podmínky povrchu. Pokud nám nevychází spojitost mezi hodnotami pro CN nasycené a CN suché, nezbyvá než provést další analýzu. Tou můžeme zjistit, že vlhkostní změny mezi CN nejsou významné (Janeček, Kovář 2010).

### 4.2.3 Zpětné určení CN

Pokud známe konkrétní hodnoty pro přívalový déšť P a následný odtok O, můžeme odhadnout velikost hodnoty CN. Zde je jasná závislost vztahu CN a přívalového deště. Pokud budeme brát odtok jako nulový, pro výpočet CN platí následující:

$$CN_0 = 100 / 1 + 0,02P$$

**Tab.: 5**

<b>Je-li P (mm)</b>	0	1	5	10	20	50	100	200
<b>Pak CN<sub>0</sub></b>	100	98	91	83	71	50	33	20

(Janeček, Kovář 2010)

Z přiložené tabulky je jasné, že při stoupající hodnotě CN klesá hodnota P a naopak. Závislost CN na P nám vyjadřují body ležící nad  $CN_0$ , což je číslo odtokové křivky pro P, při němž nedochází k odtoku (Janeček, Kovář 2010).

#### 4.2.4 Vyhodnocení metody CN křivek

Zde si vyjasníme výhody a nevýhody metody CN-křivek.

##### Výhody:

- Je to jednoduchá, stabilní metoda pro odhad výšky přímého odtoku, založenou na přívalových deštích a podporovanou údaji vyplývajících ze zkušeností.
- Závisí na jediném parametru a to číslu odtokové křivky. To se měří jako funkce čtyř hlavních vlastností ovlivňující odtok (hydrologické skupiny půd, třídy využití a obhospodařování pozemků, hydrologické podmínky povrchu, předchozí vlhkosti, včetně dalších zdrojů variability (Janeček, Kovář 2010).

##### Nevýhody:

- Tato metoda byla vyvinuta v USA, to znamená, že používá údaje typické pro klima této země a jelikož je metoda využívána pomalu po celém světě je nezbytné dávat pozor při využívání této metody v jiných geografických nebo klimatických oblastech
- Při nižších hodnotách CN a nižších hodnotách srážek je metoda citlivá
- Metoda se nejvíce hodí tam, kde je poměr přímého k celkovému odtoku co nejbližší jedné (zemědělské lokality, v tocích se zanedbatelným základním odtokem)
- Metoda je nejvhodnější pro aplikaci na malých a středních povodích. Na velkých povodích je třeba jisté opatrnosti.  
(Janeček, Kovář 2010)

## 5 Komplexní Pozemkové úpravy

Pozemkové úpravy nám můžou sloužit i při vlastnických střetech na určitém území. Pozemkovými úpravami se prostorově a funkčně uspořádávají pozemky, scelují se nebo dělí a zabezpečuje se jimi přístupnost a využití pozemků a vyrovnávání jejich hranic tak, aby se vytvořily podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy. Za těchto podmínek se k pozemkům shromažďují informace o vlastnících a věcných břemenech, která se na pozemcích vyskytují. Na řešení střetů má vliv jak jednoduchá pozemková úprava, tak i komplexní, ovšem komplexní PÚ je samozřejmě účinnější. Řešení vlastnických vztahů je důležité z důvodu obnovy katastrálního operátu a také pro územní plánování. Po právní stránce se proces PÚ musí řídit zákonem o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona, kde se řeší vlastnické vztahy k půdě a jinému zemědělskému majetku (Toman 2005).

Řízení o začátku pozemkových úprav zahájí pozemkový úřad. To dá na vědomí veřejnosti vyhláškou, jinak musí samozřejmě upozornit i dotčené správní úřady, což se provádí písemně. Správní úřady musí dostat upozornění o plánu PÚ včas, aby měly dostatek času ke stanovení podmínek k ochraně veřejných zájmů, které hájí (Knotek 2009).

V počáteční fázi pozemkový úřad uspořádá úvodní schůzi, na které seznámí účastníky s nadcházejícími pracemi, projektem a předpokládaným obvodem pozemkových úprav. Účastníci řízení se mohou aktivně projevit a diskutovat. Na úvodu si vlastníci pozemků musí zvolit, na dobu trvání pozemkových úprav, několik zástupců (sbor zástupců), kteří je budou zastupovat a účastnit se zpracování projektu. Na úvodní jednání obvykle zástupci dotčených správních úřadů nejsou pozváni. Může ovšem dojít na to, že se zástupce dotčeného úřadu stane členem komise pro zjišťování průběhu hranic pro účely PÚ. Do komise jsou zváni především za podmínek, kdy jsou do obvodu PÚ zahrnuty pozemky, které lze v PÚ řešit pouze se souhlasem dotčeného správního úřadu. Pozemková komise je jednoznačně složena z pracovníků pozemkového úřadu, katastrálního úřadu, zpracovatele návrhu, a zástupců obcí (Knotek 2009).

Dalším krokem je zpracování návrhu pozemkových úprav, což má na starosti pozemkový úřad. Z toho nejdříve dojde ke zpracování plánu společných zařízení. Pak je na řadě zpracování návrhu rozvržení pozemků. Společná zařízení mají funkci vylepšit přístupnost k pozemkům, zlepšit ráz krajiny a redukovat erozní činnost půdy. Zpracování plánu společných zařízení má na starosti projektant pozemkového úřadu, zástupci obce a jiní specialisté. Oni pak musí vyhovět podmínkám řečeným na zasedání, hledat kompromisy a nakonec přijít s nejlepším možným řešením. Podle zákona má pozemkový úřad jednou za šest měsíců sezvat zástupce obce, sboru a dotčených správních úřadů kvůli řešení případných střetů zájmů a projednávání projektu (Knotek 2009).

Zpracovaný plán společných zařízení, pak pozemkový úřad předloží dotčeným správním orgánům pro kontrolu a vydání souhlasného stanoviska. V úvodní části plánu musí být část, ve které se zohledňují podmínky stanovené správními úřady. Dotčené správní orgány se musí k plánu vyjádřit do třiceti dnů od jeho doručení. Plán společných zařízení musí být posouzen také sborem a schválí ho zastupitelé obce na veřejném zasedání. Dále pokud se tento plán nebude projednávat ve věci regulačního plánu či změně stávajícího územního plánu obce musí se projednat s úřadem územního plánování. Doporučuje se, před předložením plánu společných zařízení ke stanovisku dotčeným orgánům, kvůli zachování ochrany veřejných zájmů, svolat poslední kontrolní den (Ministerstvo zemědělství 2010).

Při zpracovávání návrhu pozemkových úprav, konkrétně uspořádání pozemků, je projektant povinen diskutovat o novém plánu se všemi zúčastněnými vlastníky, kteří jsou povinni se k novému rozvržení pozemků vyjádřit. Pokud se vlastník ve stanovené lhůtě k projektu nevyjádří, pozemkový úřad to bere, jako že souhlasí s novou situací. Pokud chtějí vlastníci uspořádat zvláštní schůzi, musí jich o to požádat pozemkový úřad nejméně jedna třetina. Tam mají možnost uplatnit své připomínky a návrhy. Pokud se vlastník na výzvu pozemkového úřadu nedostaví na schůzi, má možnost zaslat své vyjádření písemně, a to nejpozději do patnácti dnů od doručení výzvy k účasti na jednání. Pokud se zpráva nedoručí do patnácti dnů, pozemkový úřad k námětům či připomínkám nepřihlíží (Knotek 2009).

V konečné fázi pozemkový úřad ohlásí, kde si je možné prohlédnout zpracovaný návrh pozemkové úpravy. Náhled do projektu je možný po dobu třiceti dnů. Projekt nechají také na obci, což dají vědět všem zúčastněným a současně to

účastníky je poslední možnost, kdy uplatnit své připomínky a návrhy u pozemkového úřadu. Po třiceti dnech už je na námitky pozdě a pozemkový úřad svolává závěrečné jednání, kde se zhodnotí výsledky pozemkové úpravy a zúčastněné seznámí s projektem. Poté pozemkový úřad vydává rozhodnutí o schválení návrhu PÚ. To oznamuje veřejnou vyhláškou a doručí ji i všem účastníkům (Knotek 2009).

Pokud na pozemkový úřad nebyla podána žaloba, nabyde právní moci a může vydat rozhodnutí o výměně nebo přechodu vlastnických práv, popřípadě o zřízení nebo zrušení věcného břemene. Rozhodnutí se oznámí veřejnou vyhláškou a doručí se katastrálnímu úřadu a všem vlastníkům pozemků nebo osobám, kterých se nějak týkají věcná břemena nebo změna zástavního práva. Rozhodnutí nabyde právní moci patnáct dnů od vydání veřejné vyhlášky. Proti rozhodnutí se nelze odvolat (Vanek, Váchal a kol. 2005).

Ze zákona se pozemková úprava může provést za podpory pouze tří čtvrtin vlastníků řešené půdy v projektu. V praxi se ovšem usiluje o to, aby se vyhovělo a dostalo souhlasu, pokud je to možné, od všech dotčených vlastníků. To se samozřejmě dělá nejen z důvodu všem vyhovět, ale zabraňuje se tak i zbytečným stížnostem, odvoláním nebo soudním sporům, které pozemkovou úpravu jen protahují. Loajální ovšem nesmí být pouze pozemkový úřad a jiné dotčené úřady, ale vlastníci, kteří by svou aktivitou a účastí na schůzích měli pomoci k co nejhladšímu průběhu pozemkové úpravy (Vanek, Váchal a kol. 2005).

## **5.1 Prvky řešené pozemkovými úpravami**

### **5.1.1 Společná zařízení (krajinné prvky)**

Krajina představuje dynamický, prostorový systém tvořený prvky, jevy, které jsou výsledkem přírodních a antropogenních procesů. Na základě toho, jaký má krajina potenciál, jako je využívání a jaké funkce plní, může být chápána jako materiální zdroj (vodní zdroje, půdní zdroje, lesy, nerosty, apod.) anebo prostor, který může člověk využívat (bydlení, rekreace, hospodářské aktivity). Krajina též může reprezentovat scénu environmentálních problémů anebo naopak, může být



objektem rozjímání, kdy člověk svými smysly vnímá především krásu a estetiku krajinného obrazu (Pauditšová 2010).

Krajinné prvky jsou útvary, které jsou nedílnou součástí zemědělské krajiny. Člení jí a spoluvytvářejí její ráz. Tyto útvary jsou přírodní nebo vytvořené člověkem. Krajinné prvky dělíme na prvky v zemědělské a významné krajinné prvky. Krajinné prvky v zemědělské krajině mají alespoň částečnou společnou hranici se zemědělskou půdou a nacházejí se úplně nebo částečně na zemědělské půdě. Charakterem vegetace se liší od zemědělských plodin pěstovaných na zemědělské půdě a svým specifickým rázem a velikostí od okolní krajiny (Zanden, VerburgMucher 2013).

Mezi tyto krajinné prvky patří meze, terasy, skupiny dřevin, stromořadí, nebo solitérní dřeviny (což jsou dřeviny vysazené nebo přirozeně rostoucí osamoceně, případně s velmi nízkým podrostem). Krajinné prvky v zemědělské krajině jsou předmětem společenského, právem chráněného zájmu k jejich zachování v původním stavu, bez nežádoucích vlivů zemědělské výroby. Významný krajinný prvek je ekologicky, geomorfologicky nebo esteticky hodnotná část krajiny, která utváří její typický vzhled nebo přispívá k udržení její stability. Jsou jimi lesy, rašeliniště, vodní toky, rybníky, jezera, údolní nivy. Dále jsou jimi jiné části krajiny, které zaregistruje příslušný orgán ochrany přírody jako významný krajinný prvek, zejména mokřady, stepní trávníky, remízky, meze, trvalé travní porosty (Hirt, Mewes, Burghard, Meyer 2011).

### **5.1.1.1 Funkce krajinných prvků**

Krajinné prvky mají mnoho funkcí. Kromě tvorby krajiny a ochrany krajinného rázu mají i estetickou a rekreační funkci, podílí se na udržení či zvýšení ekologické stability území a biologické rozmanitosti, slouží k ochraně přírody. Mimo to chrání krajinu před povodněmi, snižují vliv erozních činitelů na půdu a zvyšují retenci vody v krajině. Komplexní pozemkové úpravy se na krajinné prvky zaměřují v rámci naplňování cíle obnovy struktury krajiny, zvýšení její biodiverzity a celkové ekologické stability (Lange 2001).

## 5.1.2 Ekologická stabilita krajiny

Ekosystém jsou otevřené termodynamické systémy, charakterizované vstupy a výstupy energie a hmoty. Stabilita může být definována jako schopnost systému zůstat blízko bodu rovnováhy nebo se do něj vrátit po nějakém narušení (Larsen 1994). Ekosystém je odolný do té míry, dokud zůstává blízko referenčnímu stavu v přítomnosti poruch.

Odolnost se obecně měří podle odchylek stavu systému nebo jiných měřených veličin odchylek parametrů (Pawlowski, McCord 2008). Z pravidla platí, že čím méně je ekosystém narušený, tím je ekologická stabilita lepší, stabilnější (Johnson, Vogt, Clark, Schmitz, Vogt 1996). Tím pádem jako nejhorší území se nabízí zemědělská plocha. Je náchylná na eroze, růst plevelů a není vhodná pro přežití určitých druhů živočichů a rostlin.

Ekologická stabilita se hodnotí pro každé území zvlášť. Z toho pak můžeme zjistit stabilitu většího území. Stabilitu vypočítáme pomocí koeficientu ekologické stability (Larsen 1994).

## 5.1.3 Územní systém ekologické stability (ÚSES)

ÚSES byl navržen v Československu v 80. letech a byl zahájen s cílem najít přijatelný kompromis mezi ekologickými a sociálními požadavky pro navrhování krajiny (Kubeš 1996).

Jsou zde 3 kritéria, podle kterých určujeme ÚSES. Výběrové kritérium je založeno na tvaru území, ekologickém významu, velikosti. Lokalizační kritérium je založeno na postoji a prostorovém uspořádání geo-ekosystémů, požadavku na kvalitu půdy a vody, protierozním opatření, filtraci, atd. Poslední je realizační kritérium. Tam záleží na složení dané oblasti...její osídlení, terén, landuse (Jongman, Kulvik, Kristiansen 2004).

Za hlavní přínos ÚSES v PPÚ považujeme jeho realizační fázi, kdy se ÚSES na místní úrovni (MÚSES) stává skutečným nástrojem tvorby krajiny. Prvky MÚSES (biokoridory, biocentra, interakční prvky) tvořící ekologickou síť mají

význam pro člověka, krajinu a ochranu přírody a jejich fungování je úzce propojeno (Reháčková, Pauditšová, Ružičková 2007). MÚSES a realizace nových prvků ekologické sítě mají význam zejména v intenzivně využívané zemědělské krajině s velkoblokovou strukturou polí. Různé remízky, břehové porosty, stromořadí působí jako významný zpřírodňující prvek. Dřevinná vegetace a její různé formy poskytují útočiště, životní prostor a potravu širokému spektru volně žijících organismů (Kubeš 1996).

Nově navrhované prvky časem vytvoří v zemi nové biotopy, nové útočiště pro různé organismy a zvýší celkovou rozmanitost krajiny (Reháčková, Pauditšová, Ružičková 2007).

#### **5.1.4 Koeficient ekologické stability**

Získaný koeficient, který se rovná 1, udává vyvážení krajiny. Hodnota KES nižší než 1 znamená narušenou krajinu, případně pokud je nižší jak 0,1, jde o degradovanou krajinu. Naopak, v případě že hodnota KES dosahuje hodnoty mezi 1 – 10, jde o krajinu, kde převažují přírodní složky a hodnota vyšší jak 10, hovoříme o přírodní nebo přírodě blízké krajině (Reháčková, Pauditšová 2007).

Stanovení KES bylo dlouhé období chápáno jako akademický problém, který neměl vážnější dosah v praxi. V současné době však KES představuje klíčový prvek pro návrh opatření v rámci tvorby krajiny vyplývající z návrhů místních územních systémů ekologické stability, zpracovaných pro projekty pozemkových úprav (Reháčková, Pauditšová 2007).

Výpočet KES se tedy posunul do praktické roviny, čímž vznikla potřeba vypracovat metodický nástroj, který umožní stanovit KES tak, aby byla jak v malých tak ve velkých mírách zpracování v co nejvyšší míře zachována exaktnost a objektivita hodnocení krajiny a prvků. Podstata aplikování jednotného způsobu výpočtu KES krajiny v praxi se zabezpečí údajová a prostorová kompatibilita. Na základě metodicky jednotně stanovené ekologické stability krajiny vznikne přirozená možnost srovnání území a účelového spojování menších územních celků do větších celků (Reháčková, Pauditšová 2007).

## 6 Cíl bakalářské práce

Cílem práce je výpočet vodní eroze na námi vybraných půdních blocích v zájmovém území (katastrální území Čížov u Jihlavy) a v případě zjištění, že eroze převyšuje limitující hodnotu, máme za úkol navrhnout protierozní opatření tak, aby se velikost vodní eroze snížila na přijatelnou hodnotu. Pro tuto práci jsem ve zvoleném území vybral 5 půdních bloků, na kterých budu řešit erozní a popřípadě i protierozní činnost. K výpočtu vodní eroze použiju W-S rovnici. U protierozních opatření se budu snažit brát ohled na efektivitu a finanční náročnost zvolených prací.

## 7 Charakteristika lokality

### 7.1 Poloha zvoleného povodí

V mém povodí jsou obce Čížov, Cerekvička a Rosice, z nichž největší obec mého povodí je Čížov. Nachází se v ČR, kraj Vysočina, asi 5km jižně od města Jihlava. Její souřadnice jsou 49°20'40.765"N, 15°35'9.953"E.

### 7.2 Geologie a geomorfologie

Na většině území se v podloží nachází pararula a pararula-migmatit:

**Stáří:** paleozoikum-proterozoikum

**Typ hornin:** Metamorfity

**Geologický region:** Moldanubikum

V menším množství pak najdeme svahové sedimenty, jako je hlína a písek, a nivní sedimenty:

**Stáří:** kvartér

**Typ hornin:** Sedimenty nezpevněné

**Geologický region:** Kvartér Českého masivu a Karpat

### 7.3 Pedologie

Na území se ve velké většině vyskytuje kambizem a kambizem slabě oglejená.

## 7.4 Hydrologie

Na území pramení Čížovský potok, který vyvěrá asi 2 km východně od obce, dál teče do Čížova, kde se vlévá do řeky Jihlávky. Jihlávka teče do Čížova z obce Vilanec (v protiproudu nejbližší obec), z Čížova pak vtéká do Jihlavy. Dále v daném povodí protéká Rosický potok, vyvěrá v Rosicích a dále teče přes Cerekvičku, za ní se vlévá do Jihlávky.

## 7.5 Landuse

Celá obec je obklopena poli. Asi 3 km na sever pak je další obec (Rančířov). Po asi 2 km na západ je les. 3 km na jih je obec Cerekvička, která, až na malou výjimku v podobě louky, je také ve středu polí. Asi 5 km na východ narazíme opět na les. Z popisu lze vyčíst, že zvolené povodí je složené téměř celé z polí, dále lesů a osídlených oblastí.

## 8 Výsledky a diskuse

V našem území bylo vybráno 5 půdních bloků, na kterých byl překročen přípustný erozní smyv, a mohou sehrát negativní roli při povodních. Na těchto půdních blocích byly, pro zjištění velikosti eroze, provedeny výpočty pomocí Wischmeier – Smithovi rovnice. Na mapě jsou znázorněny zájmové plochy.



Průběh erozních procesů určují především faktory, jejichž kvantitativní účinek je vyjádřen v rovnici pro výpočet ztráty půdy za přívalových dešťů: W. H. WISCHMEIER a D. D. SMITH.

$$G = R * K * L * S * C * P$$

kde **G** - Ztráta půdy v t·ha<sup>-1</sup>

**K** - Zjistil jsem si pro jednotlivé půdní bloky číslo BPEJ. Z něj jsem použil 2. a 3. číslo pro zjištění faktoru K

**L, S** - Abychom určili L, potřebujeme zjistit délku odtokové dráhy na daném půdním bloku. Pak hodnotu L zjistíme tabulky. Faktor S dostaneme podílem převýšení svahu s jeho délkou. To vynásobíme 100 a vyjde nám sklon svahu v %. Hodnotu S zjistíme podle tabulky.

**P, R** - R mám zvoleno pro danou oblast jako 40. P má v dané oblasti hodnotu 1.

**C** - Osevní postup, viz níže.

Pro osevní postup jsem zvolil plodiny vhodné pro pěstování na Vysočině.

1. Jetel červený
2. Ječmen (jař)
3. Pšenice (ozimá)
4. Brambory rané ++
5. Žito (jař s podsevem)



<u>Plodina</u>	<u>období</u>	<u>datum</u>	<u>faktor-C</u>	<u>R</u>	<u>C1-5</u>
Jetel.....	16.8.-1.9. ....	0,015	x	1	= 0,015
					<u>C1 = 0,015</u>
Jetel.....	2.9.-15.8. ....	0,015	x	0,845	= 0,013
					<u>C2 = 0,013</u>
Pšenice (ozim).....	1. .... 16.8. - 31.8. ....	0,50	x	0,156	= 0,002
	2. .... 1.9. - 30.9. ....	0,55	x	0,02	= 0,011
	3. .... 1.10. - 30.4. ....	0,30	x	0,009	= 0,003
	4. .... 1.5. - 15.7. ....	0,05	x	0,499	= 0,025
	5. .... 16.7. - 15.4. ....	0,20	x	0,161	= 0,032
					<u>C3 = 0,073</u>
Brambory rané ++...1. ....	16.4. - 30.4. ....	0,65	x	0,003	= 0,002
	2. .... 1.5. - 31.5. ....	0,80	x	0,07	= 0,06
	3. .... 1.6. - 1.7. ....	0,65	x	0,268	= 0,174
	4. .... 2.7. - 31.8. ....	0,30	x	0,633	= 0,19
	5. .... 1.9. - 14.4. ....	0,70	x	0,01	= 0,007
					<u>C4 = 0,433</u>
Žito (jař s podsevem)1. ....	15.4. - 30.4. ....	0,70	x	0,0025	= 0,002
	2. .... 1.5. - 31.5. ....	0,75	x	0,07	= 0,525
	3. .... 1.6. - 30.6. ....	0,50	x	0,268	= 0,134
	4. .... 1.7. - 31.7. ....	0,08	x	0,322	= 0,026
	5. .... 1.8. - 15.8. ....	0,25	x	0,156	= 0,039
					<u>C5 = 0,726</u>

$$C = (C1 + C2 + C3 + C4 + C5) : 5$$

$$C = 1,26 : 5$$

C = 0,25.....Výsledný faktor C pro daný osevní postup je 0,25

## Výsledky na jednotlivých půdních blocích (stávající stav)

V následující tabulce jsou ke každému našemu půdnímu bloku přiřazena čísla jednotlivých faktorů, před zahájením úprav:

Tab.: 6

<b>B1 – G = 40 * 1 * 0,25 * 5,22 * 0,57 * 0,32 = <u>9,5 t/ha</u></b>	<b>eroze</b>
<b>B2 – G = 40 * 1 * 0,25 * 4,52 * 1,35 * 0,19 = <u>11,6 t/ha</u></b>	<b>eroze</b>
<b>B3 - G = 40 * 1 * 0,25 * 3,68 * 0,84 * 0,32 = <u>9,9 t/ha</u></b>	<b>eroze</b>
<b>B4 - G = 40 * 1 * 0,25 * 3,68 * 0,84 * 0,32 = <u>9,9 t/ha</u></b>	<b>eroze</b>
<b>B5 - G = 40 * 1 * 0,25 * 3,99 * 0,7 * 0,32 = <u>8,9 t/ha</u></b>	<b>eroze</b>

## Navržený stav

Tab.: 7

<b><u>B1</u> – Pásové pěstování plodin (okopaniny/víceleté pícniny), vybudování meze směřující po vrstevnici a půlící svah.</b>
<b><u>B2</u> - Pásové pěstování plodin (okopaniny/víceleté pícniny), vybudování meze směřující po vrstevnici a půlící svah.</b>
<b><u>B3</u> – Proběhne vybudování meze půlící odtokovou dráhu.</b>
<b><u>B4</u> - Proběhne vybudování meze půlící odtokovou dráhu, orba podle vrstevnic.</b>
<b><u>B5</u> – Pásové střídání plodin (okopaniny/ozimé obiloviny), vysází se po vrstevnici alej dubů.</b>

Zde již máme výsledný faktor G po aplikaci výše zmíněných protierozních opatření na jednotlivých půdních blocích:

Tab.: 8

<b>B1 – G = 40 * 0,35 * 0,25 * 3,68 * 0,84 * 0,32 = <u>3,5 t/ha</u></b>
<b>B2 – G = 40 * 0,35 * 0,25 * 3,02 * 1,35 * 0,19 = <u>2,7 t/ha</u></b>
<b>B3 - G = 40 * 1 * 0,25 * 1,52 * 0,7 * 0,32 = <u>3,4 t/ha</u></b>
<b>B4 - G = 40 * 0,6 * 0,25 * 1,91 * 0,7 * 0,32 = <u>2,6 t/ha</u></b>
<b>B5 - G = 40 * 0,5 * 0,25 * 3,02 * 0,7 * 0,32 = <u>3,4 t/ha</u></b>

## Diskuse

Litosféra je nedílnou součástí složek životního prostředí. Proto souhlasím s (Blažková 2002), která uvádí, že antropogenní činnost byla dlouhou dobu podceňována a tak došlo v určitých oblastech k nenávratnému narušení. Byl pomíjen fakt, že se jedná o základnu veškeré lidské činnosti, o zdroj nerostných surovin, o místo, kde dochází k propojení hydrosféry, biosféry a atmosféry a hlavně o místo vzniku půd. Člověk povrch litosféry narušuje, rozrušené materiály přenáší na jiná místa a vytváří tak nové tvary. Zastávám tedy i názor, že antropogenní činnost je v globálním měřítku mnohem ničivější, rychlejší a drastičtější než přírodní činnost.

Dnes si již uvědomujeme následky našeho působení, nicméně proces devastace přírody můžeme pouze zpomalit. Když se zaměříme na Českou republiku, jak tvrdí (Krása a kol. 2009), erozní problematika je u nás stále zásadnějším tématem. Je zde snaha o uvedení krajiny do původního stavu. Její narušení má na svědomí zejména scelování pozemků a zvyšování ploch pro zemědělskou činnost, což u nás proběhlo v padesátých až osmdesátých letech. (Krása a kol. 2009) dále uvádějí, že se práce ulehčují díky moderním výpočetním metodám, které pak lze využít při projekci protierozních a protipovodňových opatřeních.

Částečně bych převzal výrok od (Podhrázká 2003), která tvrdí, že „hydrologické poměry malých povodí jsou ovlivněny mimo jiné zejména způsobem hospodaření na zemědělské půdě. Se změnami politickými jdou často ruku v ruce změny v koncepci využívání krajiny“. Není se čemu divit, že Moravu sužuje nadměrná erozní činnost, když bylo nařízeno Evropskou unií, aby se zde pěstovala několik let kukuřice a jiné erozní plodiny ve velkém. Ovšem k tomu došlo i díky vysokým dotacím, které lidem sice dost pomohly, ale zároveň dnes získané peníze půjdou do protierozních a jiných opatření a také díky neschopnosti našich evropských komisařů.

Na závěr bych dodal, že erozní činnost (zejména vodní) vysoce ohrožuje půdu, zemědělskou činnost, z globálního pohledu i lidské a jiné živočišné životy. Lidé se tomu však snaží bránit. Existuje mnoho opatření, metod apod., ale podle mého názoru není využitý celý potenciál naší snahy. Často dochází k neefektivnímu využití protierozních metod a využití finančních příspěvků.

## 9 Závěr

V bakalářské práci na téma teoretické podklady pro určení transportu erozí pro návrhovou srážku byla zpracována literární rešerše jako podklad pro vyhodnocení vybraného povodí. Hlavní témata byla vodní eroze, protierozní opatření a CN-křivky. V dnešní době je tato problematika aktuální a v řadě komplexních pozemkových úprav detailně řešena.

Hlavním úkolem bylo popsání a zhodnocení povodí. Vybral jsem povodí v katastrálním území Čížov u Jihlavy, které bylo zhodnoceno z hlediska geologických a pedologických podmínek, geomorfologie, landuse a hydrologie. V území bylo řešeno pět půdních bloků, u kterých se řešila redukce odnosu půdy, což bylo způsobeno vodní erozí. Na všech byla navržena protierozní opatření, snižující erozní smyv pod mezní hodnotu.

Samotný návrh by neměl mít pouze tuto funkci, ale měl by být propojen i s ostatními částmi plánu společných zařízení. Jsou to opatření ke zpřístupnění pozemků a opatření k tvorbě a ochraně životního prostředí. Navržená opatření by měla tedy mít multifunkční charakter.

## 10 Literární citace

1. Balcar, V., Kacálek, D. a kol.: Prosperita pionýrských listnatých dřevin a smrku v horských podmínkách; Zprávy lesnického výzkumu, č. 3, 149-157 s., ISSN 0322-9688, 2010
2. Bagar, R., Nekovář, J.: Tendence vývoje vegetace v závislosti na klimatických podmínkách v přírodní lesní oblasti Bílé Karpaty a Vizovické vrchy, Fenologická odezva proměnlivosti podnebí, č. 1, 1-23 s., ISBN 80-86690-35-0, 2006
3. Bažantová, T., Šimková, J.: Ovlivňují antropogenní zásahy odtokový režim povodí?; Voda, půda a rostliny, 14 s., ISBN 978-80-87577-17-2, 2013
4. Blažková, M.: Antropogenní geologické procesy v krajině; Československá bioklimatologická konference, č. 14, 28-31 s., ISBN, 80-85813-99-8, 2002
5. Bryan, R.B.: Soil erodibility and processes of watererosion on hillslope; Geomorphology, č. 32, 415 s., 2000
6. Doležal, P.: Stanovení stupně ohrožení malých povodí větrnou a vodní erozí a odtoky z přívalových srážek; Vědecké spisy vysokého učení technického v Brně, č. 300, 40 s., ISSN 1213-418X, ISBN 978-80-214-3837-8, 2008
7. Dufková, J.: Vliv větrolamů na větrnou erozi, Bioclimatology And Natural Hazards, 1-5 s., ISBN 978-80-228-17-60-8, 2007
8. Fulajtár, E., Styk, J.: Podna erozia a protierozné opatrenia; Pozemkové úpravy na Slovensku, č. 2, 38-45 s., 2007
9. Hanzlová, M., Horák, J., Unucka, J. a kol.: Klasifikace pokryvu území v povodí Bělé pro hodnocení srážko – odtokových poměrů; Geoinformatika ve veřejné správě, 9 s., 2006
10. Hehl-Lange, S.: Structural elements of the visual landscape and their ecological functions; Landscape and Urban planning, 2001

11. Hejlová, V., Pechanec, V., Miřijovský, J.: Monitoring a modelování povrchového odtoku s využitím GIS; GIS Ostrava 2013, 11 s., 2013
12. Hirt, U., Mewes, M., Meyer, B. C.: A new approach to comprehensive quantification of linear landscape elements using biotope types on a regional scale; Physics and Chemistry of the Earth, č. 36, 579-590 s., 2011
13. Hlavčová, K., Holko, L., Szolgay, J.: Tvorba a modelovanie odtoku na svahoch a z malých povodí; Navrat – Zivotneprostredie, č. 3, 126 s., 2001
14. Janásková, B.: Ukládání a odbourávání sněhu ve vrcholové oblasti východních Krkonoš, Opera Corcontina, č. 43, 57-80 s., 2006
15. Janeček, M. a kol.: Ochrana zemědělské půdy před erozí; Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 110 s., 1992
16. Janeček, M., Kovář, P.: Aktuálnost „metody čísel odtokových křivek – CN“ k určování přímého odtoku z malého povodí; Vodní hospodářství; roč. 60, č. 7, 187-190 s., 2010
17. Janeček, M.: Vliv eroze půdy na znečištění povrchových vod, Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství v Praze, 72 s., 1978
18. Janeček, M., a kol.: Ochrana zemědělské půdy před erozí, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 76 s., 2007
19. Jebari, S., Berndtsson, R. a kol.: Soil erosion estimation based on rainfall disaggregation; Journal of Hydrology, č. 436-437, 102-110 s., 2012
20. Johnson, K. H., Vogt, K. A. a kol.: Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems; Tree, č. 11, 372-377 s., 1996
21. Jongman, R. H. G., Kūlvik, M., Kristiansen, I.: European ecological networks and greenways; Landscape and Urban Planning, č. 68, 305-319 s., 2004
22. Kemel, M.: Klimatologie, meteorologie, hydrologie, České vysoké učení technické, Praha, 289 s., 1996
23. Kliment, Z.: Lineární eroze povodí Manětínského potoka; Geomorfologický sborník, č. 2, 95-106 s., 2003

24. Knotek, J.: Pozemkové úpravy a řešení střetů zájmů v území; Dny práva, č. 1, 9 s., ISBN 978-80-210-4990-1, 2009
25. Kopp, J.: Změny odtokového procesu v krajině – indikační a interpretační přístupy k výzkumu vývoje krajiny; *Miscellanea Geographica*, č. 13, 155-160 s., 2007
26. Kubeš, J.: Biocentres and corridors in a cultural landscape. A critical assessment of the territorial system of ecological stability; *Landscape and urban planning*, č. 35, 231-240 s., 1996
27. Larsen, J. B.: Ecological stability of forest and sustainable silviculture; *Forest ecology and management*, č. 73, 85-96 s., 1994
28. Machová, I., Kubát, K., Česká, J., Synek, V.: Vyhodnocení výskytu cévnatých rostlin z agrárních valů a teras z úpatí vrchu Oblíku v Českém středohoří; *Příroda*, č. 28, 185-202 s., 2009
29. Madvedev, V. V., Bulygin, S. Yu.: Experience in developing erosion resistant agrolandscapes on large watersheds (a case study from Ukraine); *Soil & Tillage Research*, č. 43, 185-193 s., 1997
30. Matějček, I. a kol.: Úloha vody v atmosféře; *Meteorologie a klimatologie*, 31-41 s., 2007
31. Ministerstvo Zemědělství; 2. Aktualizované vydání, Pozemkové úpravy, č. 2, 1-30 s., ISBN 978-80-7084-944-6, 2010
32. Mužíková, B. a kol.: Ochrání větroly půdu při vysoké rychlosti větru?; *Acta horticulturae et regionum*, mimořádné číslo, 40-42 s., 2012
33. Paudítšová, E.: Špecifiká krajinných opatrení a zariadení v pozemkových úpravách (metodický přístup); *Acta environmentalica universita tiscomeniale*, č. 18, 130-144 s., ISSN 1335-0285, 2010
34. Pawlowski, C. W., McCord, C.: A markov model for assessing ecological stability properties; *Ecological modelling*, č. 220, 86-95 s., 2008
35. Petr, J. a kol.: Protierozní ochrana půdy; *Rukověť agronoma*, publikace č. 4407, 704 s., ISBN 80-209-0062-4, 1989

36. Pokladníková, H., Šťastná, M.: Intenzita eroze půdy v jarním období ve vybraných oblastech Moravy; Department of applied and landscape ecology, Mendel university of agronomy and forestry in Brno, 7 s., 2006
37. Pokorný, J.: Voda v krajině; Voda v krajině, č. 13, 143 s., 2011
38. Sochorec, M., Knot, P.: The plan of antierosion measures in the area of Uherské Hradiště; Mendel Net, 7 s., 2010
39. Svoray, T., Atkinson, P. M.: Geoinformatics and water-erosion processes; Geomorphology; Geomorphology, 4 s., 2012
40. Šír, M. a kol.: Autoregulace hydrologického cyklu, Ústav pro hydrodynamiku AVČR, 1-6 s., 2003
41. Švihla, V., Černohous, V., Šach, F.: Hydrologická bilance elementární odtokové plochy lesního povodí v Orlických horách, Zprávy lesnického výzkumu, č. 3, 1-95 s., ISSN 0322-9688, 2010
42. Toman, F.: Ochrana půdy před větrnou erozí v podmínkách možné klimatické změny; Mendelova Zemědělská a Lesnická univerzita v Brně, 5 s., 2001
43. Toman, F.: Pozemkové úpravy; Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 144 s., 1995
44. Toman, F., Podhrázká, J.: Vliv klimatických podmínek na vznik eroze způsobené táním sněhu, Česko-Slovenská bioklimatologická konference, č. 14, 456-464 s., ISBN 80-85813-99-8, 2002
45. Verwimp, P.: Aneconomic profile of peasant perpetrators of genocide, Micro.level evidence from Rwanda; journal of development economics, č. 77, 297-323 s., 2005
46. Zanden, E. H. van der, Verburg, P. H., Mucher, C. A.: Modelling the spatial distribution of linear landscape elements in Europe; Ecological indicators, č. 27, 125-136, 2013
47. Zemědělský svaz ČR: Eroze půdy a protierozní ochrana půdy; Sborník ze semináře: Program rozvoje venkova, 55 s., ISBN 978-80-87262-11-5, 2011



48. Žalud, Z.: Bioklimatologie; Mendelova univerzita v Brně, 137 s.,  
2009/2010