

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

TEORETICKÉ PODKLADY PRO URČENÍ TRANSPORTU  
EROZÍ PRO NÁVRHOVOU SRÁŽKU

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Katedra krajinného managementu

Autor práce  
Vladimír Bláha

Vedoucí práce  
Ing. Pavel Ondr, CSc.

2011

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUĎEJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Vladimír BLÁHA  
Osobní číslo: Z08594  
Studijní program: B4106 Zemědělská specializace  
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí  
Název tématu: Teoretické podklady pro určení transportu erozí pro návrhovou srážku  
Zadávací katedra: Katedra krajinného managementu

### Zásady pro vypracování:

Cílem práce je vypracovat rešerši z hlediska extrémních srážek ovlivňujících erozi  
Provést vyhodnocení literárních pramenů hodnotících výskyt extrémních srážek.  
Vyhodnotit srážkové úhrny pro vybranou meteorologickou stanici a vyhodnotit stupeň jejich  
erozní účinnosti.  
Vyhodnotit a popsat výpočetní metody pro erozní smyvy.  
Posoudit možnosti využití softwarového modelování.

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran  
Forma zpracování bakalářské 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  
Janeček, M.: Základy erodologie. ČZU Praha, Praha, 2008  
Časopis Soil and Water

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


Datum zadání bakalářské práce: 15. března 2010

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2011

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní obor  
Studená 13  
370 05 České Budějovice

V. Z.   
prof. Ing. Miroslav Šoch, CSc.  
děkan

L.S.

  
prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2010

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Teoretické podklady pro transport erozí pro návrhovou srážku* vypracoval samostatně na základě poskytnutých materiálů s použitím uvedené literatury.

V Českých Budějovicích dne 11.4. 2011

Vladimír Bláha

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Ondrovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky. Dále děkuji členům katedry krajinného managementu za pomoc a cenné rady.

#### Anotace

Atmosférické srážky jsou dány celkovým úhrnem, prostorovým rozložením a intenzitou. Všechny tyto faktory spolu s klimatickými podmínkami, vegetací a druhem půdy, se podílejí na celkovém odtoku. Extrémní srážky jsou nebezpečné svojí energií a celkovým úhrnem, ale i intenzitou, která má velký vliv na povrchový odtok a na transport půdních částic. Existují desítky programů na zpracování CN – křivek a celkového odtoku.

Klíčová slova: srážky; klimatické podmínky; celkový odtok; CN - křivky

#### Annotation

Atmospheric precipitation are given by a total rainfall, the spatial distribution and intensity. All of these factors, along with climatic conditions, vegetation and soil type, take part in the total runoff. Extreme rainfall is dangerous with its energy and total rainfall, but also with its intensity, which has great influence on surface runoff and transport of soil particles. There are dozens of programs for processing Curve Number and total runoff.

Key words: rainfall; climatic conditions; total runoff; Curve Number

Obsah:

1 Úvod.....	8
2 Srážky.....	10
2.1 Vznik.....	10
2.2 Rozdělení.....	11
2.3 Srážkové charakteristiky.....	12
2.4 Srážky jako zdroj půdní vláhy.....	13
2.5 Druhy srážek.....	14
2.6 Měření srážek.....	18
2.7 Intenzita srážek.....	21
3 Voda v krajině.....	24
3.1 Rozdělení vody .....	24
3.1.1 Povrchové vody.....	24
3.1.2 Podpovrchové vody.....	25
3.2 Oběh vody.....	27
3.3 Ochrana vody.....	28
4 Odtok.....	29
4.1 Podpovrchový odtok.....	30
4.2 Povrchový odtok.....	31
4.2.1 Faktory odtoku.....	31
4.2.1.1 Infiltrace.....	33
4.2.1.2 Intercepce.....	35
5 Charakteristika Byňova a okolí .....	40
5.1 Meteorologická stanice Byňov.....	43
5.2 CN – Křivky.....	45
5.2.1 Výpočet CN – křivky.....	47
6 Softwarové modely.....	49
6.1 USLE.....	52
7 Závěr.....	53
8 Literatura.....	55
9 Přílohy.....	58

# 1 Úvod

Voda je pro většinu lidí obyčejná věc, kterou máme neustále a je jí dostatek. Opak je pravdou, protože voda je stejně jako vzduch nebo půda důležitou součástí života všech organismů. Příroda se snaží udržovat určitou rovnováhu, ale člověk svojí činností tuto jakousi rovnováhu ničí. Neustálé rozšiřování měst a drancování přírodních zdrojů nemůže dobře dopadnout. Dnes už je samozřejmě celá řada limitů a omezení, ale je načase říci si, zda-li je jich dost a jsou-li dostačující. Voda je pro člověka nezbytná nejenom jako potravina, protože vodní hospodářství, ale i ostatní hospodářská odvětví jsou spojená s vodou. Některá více, jiná méně. I proto si musíme uvědomit, co pro lidstvo voda znamená a podle toho se k ní chovat. Už dřívější civilizace stavěli města podél velkých toků kvůli zdroji vody a také se snažily udržovat vodní tok v důstojném stavu. Postupem času se začalo rozvíjet vodní hospodářství a lidé pochopili, že na vodě se dá vydělávat. Začala se stavět vodní díla a lidé si začali upravovat vodní toky tak, jak jim to nejvíce vyhovovalo. Toto samozřejmě nemohlo zůstat bez odezvy. Voda se snaží neustále vracet do původních koryt nebo si koryto upravovat, a tak dochází ke vzniku slepých ramen nebo meandrů. Člověk ovšem potřebuje půdu kolem toků, a proto se mu nelíbí, když si voda razí vlastní cestu. Díky tomu dochází k narovnávání vodních toků, k vybetonování koryt řek a k jiným zásahům. Tímto si získáme prostor, ale už si neuvědomujeme, že jsme výrazně změnily rychlost vody v korytě, což má za následek daleko větší sílu vody a tedy i větší vodní erozi a zanášení koryt. Nelze se tedy potom divit, když přijdou silné nebo dokonce extrémní srážky, že si koryta vodních toků neumějí dostatečně dobře s takovou masou vody poradit a dochází k obrovským škodám nejen na toku samotném, ale i v jeho okolí. Tedy týká se to hlavně obydlí kolem řek a potoků. Není to pouze tento faktor, který způsobuje tyto škody, je to i uspořádání krajiny kolem vodních toků. Je to hlavně skladba plodin na polích, zalesnění krajiny, diferenciacie krajiny a jiné. Kolem vodních toků byly často lužní lesy, či rozsáhlá zatravněná území. Díky těmto prostorům se měla voda kam rozlévat a tím ztrácet svoji rychlost a sílu. Povodně se opakovali častěji, ale nikoli v takové drtivé síle jako dnes. Lidé si začali uvědomovat, že zásahy do přírody by měli vykonávat se vší opatrností a s rozumem.



Dnes se při pozemkových úpravách myslí i na protierozní ochranu, protože zanášení vodních toků a děl je jeden z dalších činitelů, který má za následek, že naše vodní díla a toky neplní funkci, ke které byly budovány.

Toto zanášení koryt toků a vodních nádrží je výsledkem silných dešťů, které způsobují velký povrchový odtok a pokud není krajina na tohle připravena, dochází k větším erozním smyvům. K omezení erozních projevů slouží řada opatření. Ke snížení erozního smyvu velmi výrazně přispívá složení krajinných prvků a vegetační pokryv půdy. Existují osevní postupy snižující ztráty půdních částic při přívalových srážkách. Při extrémně vysokých úhrnech dochází k velkému povrchovému odtoku a voda proudící po povrchu půdy má značnou sílu a rychlost. Zpomalením rychlosti odtoku a snížením síly dosáhneme přirozeně menších smyvů. K tomu nám slouží protierozní opatření.

## 2 Srážky

### 2.1 Vznik

Srážkami se rozumí výsledek kondenzace nebo desublimace vodní páry v ovzduší, na povrchu území, předmětů a rostlinném krytu. Srážky jsou spolu s teplotou vzduchu základním činitelem určujícím ráz krajiny. (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

Před samotným vypadáváním srážek zmínit zvětšováním částic v oblacích. Děje v atmosféře jsou složité.

Přes velkou složitost jevů uvnitř oblaků, které jsou stále předmětem studia, je možno charakterizovat dvě základní příčiny nárůstu částic :

1. Difusní přenos vodní páry, který probíhá v oblaku, kde je nad částicemi nestejně napětí nasycení vodních par.
2. Koagulace, která je v podstatě spojování oblačných kapalných částic při jejich přiblížení. (Havlíček a kol., 1986)

Narůstání oblačných částic difusním přenosem páry je rychlejší, než růst eventuelní koagulací. Doba potřebná k růstu kapek do různé velikosti, za různých podmínek teploty a přesycení vzduchu je uvedena v tabulce č.1. (Kešner, 1977)

Tabulka č. 1

Teplota vzduchu °C	Přesycení %	Poloměr kapky um			
		1 - 10	10 - 50	50 – 100	100 – 200
- 10	1	104	2520	7870	31500
	2	52	1260	3940	15750
+ 10	1	26	635	1980	7940
	2	13	318	990	3920

## 2.2 Rozdělení :

Srážky, které přicházejí na zemský povrch v hlavní formě jako déšť a sníh, se vyznačují velkou proměnlivostí a podle místa a způsobu vzniku je rozdělujeme na srážky horizontální a vertikální. (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

Množství horizontálních srážek je v porovnání s množstvím na zem vypadlých vertikálních za období hydrologického roku zpravidla malé. Hrají však významnou roli např. v zemědělství, neboť jsou schopny mnohdy pokrýt minimální potřebu vody pro zachování života v období, kdy je normálních (vertikálních) srážek katastrofálně málo. (Kemel, 1991)

Vertikální se podle průběhu srážkového jevu dělí na:

1. srážky trvalé, označované též jako krajinné, které mají sice menší intenzitu, ale vypadávají delší dobu a postihují vždy větší území (obvykle se vyskytují při přechodu teplých nebo okluzních front a z oblaků nimbostratů).
2. srážky přeháňkové, které mají větší intenzitu a kratší trvání, opakují se však během krátké doby vícekrát (jsou příznačné pro přechod studených front a nestabilní vzduchové hmoty, převážně padají z kupovitých oblaků).
3. srážky z mrholení, které jsou nejméně intenzivní formy vertikálních srážek, vypadávají ze stratů (drobné kapičky o rozměrech 0.05 až 0.5 mm se v ovzduší vlivem i nepatrných vánků pohybují všemi směry).

(Havlíček a kol., 1986)

Podle vnějšího vzhledu se atmosférické srážky dělí na: 1) sníh, 2) sněhová krupka, 3) sněhová krupice, 4) ledová krupka, 5) kroupa, 6) zmrzlý déšť, 7) ledové jehličky, 8) déšť, 9) mrholení, 10) mokry sníh (déšť se sněhem). (Kešner, 1977)

Podle původu okolností za jakých vznikly, se dělí na 1) deště z tepla, 2) deště orografické, 3) deště cyklonální (regionální nebo též krajinné). (Kemel, 1991)

- Deště z tepla (konvekční), které vznikají při výstupech vzdušných proudů a projevují se jako místní lijáky,

- deště orografické, vyvolávané reliéfem terénu, zvláště horského, kde vystupují teplé vzduchové hmoty do vyšších poloh a tam se ochlazují až na kondenzační teplotu,
- deště cyklonální, krajinné (též regionální), vznikají vlivem postupující tlakové deprese (cyklony). Přitom malé hluboké cyklony přinášejí průtrže mračen, ploché cyklony působí vytrvalé deště regionální. Tyto deště způsobují rozvodnění velkých řek. (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

### 2.3 Srážkové charakteristiky

*Množství srážek* se vyjadřuje výškou vrstvy vody v milimetrech, která by se vytvořila při kapalných srážkách na vodorovném povrchu bez zasakování, odtoku a výparu vody. Jeden litr vody na  $1\text{m}^2$  vytvoří vrstvu 1mm vysokou.

*Síla srážek* je množství srážek spadlých během jednoho srážkového případu (např. během jednoho deště).

*Trvání srážek* se udává v minutách či hodinách. (Kešner, 1977)

*Intenzita srážek* se vyjadřuje jako podíl výšky spadlých srážek a doby jejich trvání, nejčastěji v  $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ , a nebo jako specifická vydatnost ( $i'$ ) v  $1\cdot\text{s}^{-1}$  spadlých na plochu 1 ha :  $i = h / t$  ( $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

*Srážkový normál* je mnohaletý průměr srážek v určitém místě za období roku, sezony, měsíce.

*Srážkový den* (všeobecně, bez udání určitého množství srážek) je takový den, kdy během 24 hodin spadne více než 0,1 mm srážek.

*Efektivní srážky*. Je to množství srážek využitých půdou ve srovnání s celkově spadlými srážkami. V letním období činí v průměru asi 20 – 30 % z celkově spadlých srážek v daném místě (na málo strukturních půdách). (Kešner, 1977)

*Srážková výška* je tloušťka vrstvy vody ze srážek, rozprostřené na půdorysný průmět povodí. Některé příklady metod určení.

Metody určení: 1) Aritmetický průměr srážkových úhrnů za všech stanic

2) Metoda polygonu (metoda Hortonova, Thiessenova)

$$H_s = \sum H_i \times P_i / \sum P_i = \sum H_i \times P_i / F$$

Kde  $H_i$  = srážkový úhrn v  $i$  – té stanici

$P_i$  = velikost plochy  $i$  – tého mnohoúhelníku (skutečná nebo vyjádřená relativně)

$F$  = celková plocha povodí (skutečná nebo vyjádřená relativně) (Kemel, 1991)

## 2.4 Srážky jako zdroj půdní vláhy

Srážky jsou hlavním zdrojem půdní vláhy, která je rozhodujícím zdrojem zásobování rostlin vodou. Nedostatek srážek vede k vysušení povrchových vrstev půdy, vytváří nepříznivé podmínky pro zásobování rostlin vodou, zhoršuje stav porostů a snižuje výnosy. Se srážkami je nutno dobře hospodařit - provádět agrotechnická opatření s cílem vytvořit optimální vláhové půdní poměry. (Kešner, 1977)

Srážky velmi úzce souvisí se zemědělskou výrobou a zemědělci s nimi musejí počítat, protože například nevhodným osevním postupem či špatně umístěným polem degradují a ničí půdu. Dochází k velkému smyvu, rozrývání polí a zanášení údolnice erozním smyvem z polí.

Intercepce je zadržování srážek na nadzemních částech rostlinných porostů. Má velký význam pro vodní režim jak z hlediska vodohospodářského, tak i ekologického. (Kešner, 1977)

Srážky padající na suché porosty musí nejdříve nasytit *intercepční kapacitu*.

*Absolutní intercepční kapacita* je dána množstvím vody skropné.

(Havlíček a kol., 1986)

Skropná voda se ze zmáčených povrchů vypařuje. Je ztrátovou složkou vodní bilance. Ekologicky je to významné zvláště v oblastech sušších, s nedostatkem půdní vláhy. Z hlediska vodohospodářského představuje pouze část zadržené vody ztrátovou složkou vodní bilance, neboť smáčení povrchu do určité (zatím blíže neurčené) míry snižuje evapotranspiraci. (Kešner, 1977)

*Podmíněná intercepční kapacita* obsahuje také vodu, která může být uvolněna pro opad nebo stok, například otřesem vlivem větru, nebo odtokem do půdy.

Uvádí se, že srážky do 0,2 mm vůbec neprojdou zapojeným rostlinným krytem. Teprve od 0,3 mm srážek začíná část vody prostupovat porostem k povrchu půdy.

(Havlíček a kol., 1986)

Intercepce srážek závisí na činitelích meteorologických i vegetačních. Z meteorologických činitelů to jsou především:

- 1) Tvar srážky – tuhé srážky jsou korunami zadržovány více než kapalné.
- 2) Síla a intenzita srážky – intercepce závisí především na síle, méně již na intenzitě srážky

Z vegetačních faktorů působících na intercepci je to především charakter porostu a forma rostlin. (Kešner, 1977)

## 2.5 Druhy srážek

Jak již bylo zmíněno, srážky se dělí na horizontální a vertikální (atmosférické). Mezi horizontální srážky řadíme například rosu, jinovatku, atd. Pro nás jsou důležitější srážky vertikální a to z důvodu, že jsou častější a mají větší sílu. Mezi vertikální srážky řadíme např. déšť, kroupy, sníh, atd. Tyto 3 si blíže popíšeme, neboť jsou nejčastější a mají velký vliv na půdu i na vodní režim.

### **Déšť:**

Deště sledujeme především z hlediska jejich vydatnosti, doby trvání, plochy, kterou zasahují, a pravděpodobnosti jejich výskytu. Trvání deště určujeme v minutách, hodinách nebo ve dnech. (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

Vydatnost a doba trvání bude popsána později a podrobněji, neboť tyto dvě charakteristiky jsou jedny z nejdůležitějších u erozně nebezpečných dešťů. Zajímavou kategorií je tzv. „umělý déšť“.

### Umělý déšť

Ke vzniku srážek bez umělého zásahu musí být v atmosféře vhodné podmínky.

K nim patří mohutné výstupné proudy, velká vodnost a vertikální mohutnost oblaků a existence ledových částic v oblaku. Na základě hlubokého studia problematiky vzniku přirozených srážek byly vypracovány metody umělého působení na oblačnost s cílem vyvolat umělé srážky. (Kešner, 1977)

Spočívají v tom, že do oblaků jsou uměle dodávány částice, které v nich podpoří vznik dostatečně velkých částic (kapek, krupek) schopných vypadávat.

(Havlíček a kol., 1986)

Pro poměrně vysoké teploty (kolem  $-5^{\circ}\text{C}$ ) se hodí jen málo látek, nejvíce tzv. suchý led ( $\text{CO}_2$ ) a jodid stříbrný ( $\text{AgJ}$ ). Čím je teplota vrstvy oblaku s přechlazenými kapkami nižší, tím více látkami může být led nahrazen. Při teplotách pod  $-30^{\circ}\text{C}$  to již mohou být prakticky všechny minerální látky. Při infikování oblaků musí být pro každý případ správně volen vhodný počet uměle dodaných jader. (Kešner, 1977)

Každý umělý zásah do přírody u většiny případů znamená odvetu. Příroda se začne bránit a lidská věda a technika ještě nejsou na takové úrovni, abychom byly schopni tyto procesy bezpečně ovládat.

Širší uplatnění umělého vyvolání srážek však naráží nejen na značné problémy, ale nyní také na přijaté *konvence OSN* a jejich specializovaných organizací. V současnosti se nepřipouští ovlivňování biosféry a podnebí v zájmu vojenských i jiných cílů. Jde o závazky nevyvíjet meteorologické, geofyzikální, ani vědeckotechnické ovlivňování biosféry, včetně počasí a podnebí.

(Havlíček a kol., 1986)

### **Kroupy:**

Kroupy padají nejčastěji v letních měsících a nejčastěji při bouřkách. Krupobití patří k nejnebezpečnějším meteorologickým jevům a to nejen z hlediska rozrušování půdy, ale hlavně z hlediska ničení úrody a majetku lidí.

Jádrem kroupy je ledová krupka, vznikající ze sněhové krupky obalením vrstvou vody. Postupné zvětšování částic je podmíněno opakovaným přemísťováním částic z hladiny přechlazených kapek do hladiny ledových jader. Ve spodní vrstvě cumulonimbu, v podmínkách přechlazených kapiček, narůstá průsvitná ledová vrstva, v podmínkách ledových jader matná vrstva. (Havlíček a kol., 1986)

Velikost krup po dopadu na zemi je nejčastěji 6 až 20 mm průměru. Řidčeji byly pozorovány i kroupy o průměru 4 až 10 cm. Krupobití trvá většinou krátce (15 – 30 min.). Zvláště velké škody přináší krupobití v době květu, v době dozrávání plodů, když rány nemohou být již zaceleny při dalším růstu. I na chmelu, vinné révě, polních a zahradních kulturách a jinde dochází při krupobití ke značným škodám. (Kešner, 1977)

## **Sníh**

Agrometeorologicky i agroklimaticky je nejvýznamnější formou tuhých srážek sníh. Utváří se v oblacích, jako produkt desublimace, přechodem vodí páry na pevnou formu vody na tzv. nesublimačních jádrech při teplotě pod 0<sup>0</sup> C. Elementární krystalky, které za uvedených podmínek vznikají, krystalizují v šesterečné (hexagonální) krystalické soustavě. Tato soustava umožňuje vznik velkého množství tvarů, které se formují v závislosti na fyzikálních podmínkách, jako jsou množství vodní páry ve vzduchu, teplota prostředí, doba průběhu krystalizace a další. (Havlíček a kol., 1986)

A proto lze říci, že žádná vločka sněhu není stejná. Většinu lidí zajímá, pouze jak vysoká bude sněhová pokrývka, ale zemědělce a hydrology zajímá hlavně kolik vody je obsaženo ve sněhové pokrývce. Neplatí zde měřítko jako u srážek, ale všeobecně se počítá 1 cm sněhu 1 mm srážek.

Lze ji vypočítat ze vzorce:  $P = H \cdot d \cdot 10$

Kde  $P$  je zásoba vody ve sněhu v mm

$H$  je výška sněhové pokrývky v cm

$d$  je hustota sněhu

Hustota sněhu má v průměru hodnotu 0,20 – 0,25 g/cm<sup>-3</sup>. Starý sníh po oblevách má hustotu 0,3 – 0,5 g/cm<sup>-3</sup>. Hustota čerstvě napadlého sněhu závisí značně na teplotě :



Tabulka č. 2

Teplota ( $^{\circ}\text{C}$ )	Průměrná hustota ( $\text{g/cm}^{-3}$ )
+2 <sup>0</sup> a více	0,20
0 až +2 <sup>0</sup>	0,18
0 až -5 <sup>0</sup>	0,11
-5 až -10 <sup>0</sup>	0,09
-10 <sup>0</sup> a méně	0,07

(Kešner, 1977)

Další charakteristikou je trvání sněhové pokrývky.

Trvání sněhové pokrývky je závislé především na nadmořské výšce a zeměpisné poloze. Závislost lze vyjádřit vztahem

$$D = D_0 + K' \text{ Hn.m.}$$

kde  $D$  je počet dnů se sněhovou pokrývkou na území s nadmořskou výškou  $H$ ,

$D_0$  – počet dnů se sněhovou pokrývkou na nulové výšce,

$K'$  – vertikální gradient trvání sněhové pokrývky na 1 m nadmořské výšky ( $\text{d m}^{-1}$ ),

$H$  n.m. – nadmořská výška (m). (Holý a kol., 1978)

Pro podmínky ČSSR byly odvozeny hodnoty

$$D_0 = 5,3 \lambda - 63,$$

$$K' = 0,206 - 0,0058 \lambda,$$

$\lambda$  - zeměpisná délka ve stupních. (Dub, Němec, 1969)

Trvání sněhové pokrývky také závisí na jejím rozložení v krajině. To je dáno reliéfem krajiny, povětrnostními podmínkami, zalesněním, osídlením a jiné. Faktorů je více, ale tyto patří k nejdůležitějším. S rozložením sněhové pokrývky přímo souvisí odtávání sněhu a tím pádem i odtok.

Samozřejmě, že při postupném odtávání si vodní toky s masou vody dokážou poradit, ale při náhlém a rychlém oteplení a následnému tání sněhové pokrývky si koryta řek a potoků s tak obrovským množstvím vody neporadí. Při tání dochází ke zvýšenému povrchovému odtoku, rozrušování půdy a odplavování živin do vodních toků, které tím zanáší a snižují tak jejich průtočnost.

U tání sněhu koluje mezi lidmi zajímavý mýtus, že když začne pršet, tak sníh odtaje. Studie dokazují, že by bylo třeba obrovské množství srážek. Největší vliv na tání sněhu má proudění teplého vzduchu a částečně také přímé sluneční záření, neboť sníh má vysoké albedo.

Pojem Albedo vznikl z latinského „albus“ = bílý. Je to poměr odraženého slunečního záření a celkového dopadajícího slunečního záření. Největší odrazovou plochu má čerstvě napadlý sníh (asi 90 %). To lze pozorovat v přírodě pouhým okem, když vyjdeme z tmavé místnosti a podíváme se do čerstvě napadaného sněhu za jasného a slunečního dne, tak je nám tento pohled nepříjemný. Naproti tomu na louku či pole se můžeme dívat, jak chceme.

Vodní hladina je svojí odrazovou plochou specifická a záleží na úhlu slunečního svitu. Veličiny a procentuální vyjádření Albeda je uvedeno v tabulce č. 3:

Tabulka č. 3 Albedo pro globální záření a různé povrchy.

ornice	7 – 16 %		Louky	15 – 30 %			
písek	15 – 40 %		Lesy	10 – 20 %			
kámen	15 – 60 %		Sníh	20 – 80 %			
Vodní hladina	Výška Slunce nad horizontem						
	2 <sup>0</sup>	5 <sup>0</sup>	10 <sup>0</sup>	15 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup>	50 <sup>0</sup>
	85 %	67 %	37 %	26 %	17 %	5 %	2 %

(Kešner, 1977)

## 2.6 Měření srážek

Měřit srážky může v podstatě kdokoli, dokonce i po České republice je mnoho amatérských meteorologických stanic nebo pouze srážkoměrných stanic. Pokud má člověk jisté vzdělání o měření srážkových úhrnů a dostatečné vybavení, může být toto měření docela přesné. Profesionální měření provádí meteorologické stanice.

Údaje s takovýchto stanic může získat každý za určitý poplatek. Na našem území je nejznámější a nejstarší meteorologická stanice Praha - Klementinum.

Pravidelná a spolehlivá srážkoměrná řada z Klementina začíná dne 1. května 1804 a je nejstarší řadou ve střední Evropě. Za Klementinem pak následují Jena od roku 1827, Drážďany 1838, Budapešť a Vídeň 1841, Berlín 1847, Varšava 1850.

(Červený a kol., 1984)

Při měření se určuje doba trvání srážek, množství, druh srážek atd., z naměřených údajů se dále zjišťují a počítají další charakteristiky srážek.

Srážkové úhrny měříme v síti srážkoměrných stanic, ve kterých jsou instalovány srážkoměry, popř. zachycující dešťoměr (ombrograf). Na těžko dostupných místech jsou srážky zachycovány za delší období totalizátory. Pro získání správné představy o časovém a plošném rozdělení srážek je třeba, aby síť byla správně navržena a byla dostatečně hustá. Měla by být vybavena stejnými, standardními přístroji, pozorování i vyhodnocení srážek musí být prováděno podle jednotné metodiky.

Jedině tak lze zaručit získání homogenního materiálu, potřebného pro další zpracování. (Kemel, 1991)

Umístění srážkoměru musí být takové, aby srážky spadlé do srážkoměru byly reprezentativní pro širší okolí. Nesmí být umístěn v blízkosti překážek, které by bránily volnému přístupu srážek padajících šikmo po větru. Srážkoměr proto musí být umístěn nejméně ve vzdálenosti odpovídající dvojnásobku výšky okolních překážek (stromů, předmětů, budov). V místě měření nesmí být též stanoviště mimořádně větrné. Horní okraj srážkoměru se u nás umísťuje ve výšce 1 m nad zemí, v horách výše. (Kešner, 1977)

Srážkoměr – souprava má 4 válcové nádoby ze zinkového plechu: dvě vnější válcové nádoby o výšce cca 50 cm, se záchytnou plochou 500 cm<sup>2</sup>, nálevka stejného průměru, která v období bez mrazů je nasazena na vnější nádobu, plechová konvice o obsahu kolem dvou litrů a skleněná odměrka, opatřená dělením. (Kemel, 1991)

Měření se provádí v 7 ráno tak, že se obsah konvice nalije do odměrného válce, kde se zjistí srážkový úhrn. Pokud byl srážkový úhrn větší, než objem konvice, voda se vylije do vnější nádoby a poté měříme obsah konvice a vnější odměrné nádoby.

Totalizátor – je srážkoměr, který se používá na odlehlých nebo špatně přístupných místech a nelze tedy odečítat množství srážek každý den. Podle toho jsou uzpůsobeny i objemy záchytných nádrží. Záleží také, jak často se jezdí srážkové úhrny měřit.

Aby v zimě shromažďovaná voda nezamrzla, přidává se do nádoby chlorid vápenatý. Aby se zabránilo výparu, přidává se též vaselinový olej, který vytvoří na hladině vrstvičku.

Jelikož totalizátory jsou u nás instalovány většinou v horách na větrných místech, používá se zvláštního zařízení kolem záchytné plochy totalizátoru, které zamezuje přelétávání srážek přes záchytnou plochu při prudkém větru (Niphernův prstenec). (Kešner, 1977)

Ombrograf je srážkoměr opatřený plovákem, který zaznamenává i časový průběh. Pohyb plováku se přenáší na ručičku s perem, která zaznamenává úhrn srážek (kapalných) barevným inkoustem na papírový pás, napnutý na válec, otáčený hodinovým strojkem kolem vertikální osy. K úplnému otočení o  $360^{\circ}$  dochází jednou za 24 hodin. (Kemel, 1991)

U měření sněhových srážek se hledí hlavně na: výšku sněhové pokrývky, výšku nově napadlého sněhu, hustotu sněhu a vodní hodnotu sněhu.

Výšku sněhové pokrývky určujeme pomocí sněhové latě obdélníkového průřezu (7 x 2,5 cm). Lať je opatřena dílkou po jednom centimetru s tím, že 0 je na úrovni terénu.

Výška nově napadaného sněhu se určuje pomocí destičky (většinou dřevěné) o rozměrech 30 x 30 cm. K destičce je přidělané měřítko opět s centimetrovým dělením. Při měření pouze přečteme číselný údaj na měřítku, vyjmeme destičku ze sněhu, ometeme a položíme na nový sníh. Tím je připravena na další měření.

Vodní hodnota sněhu je obsah vody ve sněhové pokrývce. Výpočet této hodnoty byl zmíněn již dříve (viz. 2.5 druhy srážek).

Hustota sněhu se udává jako poměr vodní hodnoty sněhu a výšky sněhové pokrývky. Jsou dvě metody určení:

- 1) Metoda objemová – používá se srážkoměrná nádoba, kterou se vyřízne válec z celé vrstvy sněhové pokrývky. Vykrojený vzorek se ve srážkoměrné nádobě nechá roztát a vodní hodnota se změří v odměrce. Vodní hodnota sněhu ( $v$ ) a výška vrstvy sněhu ( $h$ ) se vyjádří v cm. Hustota sněhu ( $d$ ) je tedy:

$$d = v/h$$

- 2) Váhový sněhoměr – je určen pro terénní měření hustoty sněhu. Je to délkově nastavitelný kovový váleček průřezu  $50 \text{ cm}^2$ , kterým se vykrojí vzorek sněhové vrstvy a po zdvižení se na břemenu zváží. (Kešner, 1977)

## 2.7 Intenzita srážek

Intenzita je jedním z hlavních a nejdůležitějších ukazatelů atmosférických srážek. Tento ukazatel je důležitý pro zemědělce, pro vinaře, pro hydrology a jiné. Intenzita je hlavním ukazatelem, jaký bude odtok, jaký bude odnos půdy z povodí a jiné.

Intenzita ( $i$ ) se vyjadřuje jako podíl spadlých srážek a doby jejich trvání, nejčastěji v  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , a nebo jako specifická vydatnost ( $i'$ ) v  $1 \cdot \text{s}^{-1}$  spadlých na plochu 1 ha ( $1 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ):

$$i = h/t \quad (\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$$

$$i' = 166,67 \cdot i \quad (1 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}), \quad \text{popř.} \quad i = 0,006 \cdot i'$$

(Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

Srážkové poměry pro oblasti SR vyhotovil O.Dub, který doporučuje určovat intenzity přívalových srážek ze vztahu:

$$i = 3200 / 0,675 \cdot (t + b) \cdot (150p)^N \quad (\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$$

kde:

$t$  - doba trvání deště (min),

$p$  - periodičita deště,

$b$  a  $n$  - parametry jednotlivých srážkoměrných stanic.

Přestože je na našem území poměrně hustá síť vodoměrných stanic, ve kterých se pozorují vodní stavy a vyhodnocují i odpovídající průtoky, jsme mnohdy nuceni pro nedostatek podkladů na menších tocích odvozovat maximální průtoky určitého významu z dešťů. V tom případě nás zajímají následující charakteristiky výpočtových dešťů:

- a) trvání části deště, po kterou je intenzita konstantní,
- b) časový průběh intenzity
- c) pravděpodobnost překročení určité hodnoty průměrné intenzity deště (dešťového oddílu) zvoleného trvání,
- d) velikost plochy povodí, jež byla deštěm (dešťovým oddílem) daného trvání, intenzity a periodicity (pravděpodobnost překročení) zasažena.

(Kemel, 1991)

Intenzita srážek je rovněž agrometeorologickou charakteristikou, protože může příznivě i nepříznivě ovlivnit např. průběh polních prací, podmínky růstu rostlin, stav půdy, vodní erozi apod. Pro označení srážek určité intenzity a délky trvání bylo zavedeno pojmenování uvedené v tabulce č. 4 :

Tabulka č. 4 Klasifikace dešťových srážek podle intenzity

Název srážek	Trvání srážek		
	1 hod.	2 hod.	3 hod.
	Množství srážek (mm)		
Slabý déšť	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 2,0
Mírný déšť	1,1 – 5,0	1,6 – 7,5	2,1 – 9,0
Silný déšť	5,1 – 10,0	7,6 – 10,0	9,1 – 11,5
Velmi silný déšť	10,1 – 15,0	14,1 – 21,0	11,6 – 23,5
Liják	15,1 – 23,0	21,0 – 30,5	23,6 – 33,0
Příval	23,1 – 58,0	30,6 – 64,0	33,1 – 72,0
Průtrž mračen	≥ 58,1	≥ 64,1	≥ 72,1

(Havlíček a kol., 1986)

Podle intenzity srážek dělíme deště na dva druhy. Krátkodobé deště přívalové a dlouhodobé deště.

1) *Krátkodobé deště přívalové*, často označované jako místní, jsou charakterizovány vysokou intenzitou, krátkou dobou trvání a omezeným plošným rozsahem. Vyskytují se především v letním období. Trvání přívalových dešťů se obecně uvažuje do 360 minut a jejich výška 10 až 80 mm nebo i více. Plošně zasahují území o poměrně malé rozloze. (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

K. Jůva (1957) uvádí průměrně 10 až 75 km<sup>2</sup>, přičemž se srážková rozloha ještě zmenšuje s přibývajícím intenzitou srážky. Jsou ovšem známy i případy, kdy přívalová srážka zasáhla mnohem menší území – 3 až 10 km<sup>2</sup> a vyvolala katastrofální odtoky.

Jednotná definice přívalového deště se v literatuře neuvádí. M. A. Velikanov (1964) doporučuje považovat podle L. S. Berga za přívalové srážky ty, jejichž průměrná intenzita a výška při určité době trvání jsou vyšší než hodnoty uvedené v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5

Trvání (min)	5	10	15	20	25	30	40
Hs (mm)	2,5	3,8	5,0	6,0	7,0	8,0	9,6
I (mm.min <sup>-1</sup> )	0,05	0,38	0,33	0,30	0,27	0,27	0,24

Trvání (min)	45	50 (min)	1 (h)	2	4	12	24
Hs (mm)	10,25	11	12	18	27	45	60
I (mm.min <sup>-1</sup> )	0,23	0,22	0,20	0,15	0,11	0,06	0,04

V podmínkách ČSSR je podle J. Cáblika a K. Jůvy (1963) trvání přívalových dešťů zřídka delší než tři hodiny, střední doba trvání nejvyšších přívalů bývá od 15 až 20 minut, jen výjimečně déle než 30 minut.

V průběhu deště kolísá jeho intenzita: zpočátku je obvykle nízká, rychle se zvyšuje do maxima, ke konci deště opět klesá. Zvýší-li se intenzita deště po dočasném poklesu, označuje se dešť jako dvojnásobný, trojnásobný atd. Přívalové deště se obvykle vyskytují nejvýše trojnásobné. (Holý a kol., 1978)

Intenzita přívalových dešťů dosahuje svého maxima v tzv. *těžišti* (jádro) *deště*, zatímco směrem k okrajům zasažené plochy klesá. Zároveň se intenzita přívalového deště neustále mění v poloze i v čase. Polohově se intenzita mění následkem pohybu těžiště přívalového deště v závislosti na síle a rychlosti větru. Časově intenzita deště klesá s dobou jeho trvání. (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

2) *Déletrvající deště* tyto srážky mají menší intenzitu, postihují rozsáhlejší území a trvají déle než srážky přívalové. Erozní účinky těchto dešťů nejsou tak velké jako přívalových srážek, ale to neznamená, že tyto srážky nejsou erozně nebezpečné.

## **3 Voda v krajině**

Voda byla již od pradávna zkoumána a hlavně o ní bylo pečováno, neboť lidé si uvědomovali, co pro ně přístup k vodnímu zdroji znamená. Pro člověka je voda důležitá nejenom jako zdroj pitné vody, ale využívá se v hospodářství i obyčejném životě. Nejčastěji se člověku při představě vody v krajině vybaví vodní toky a vodní díla. Ovšem to je jen část vody kolující v prostoru kolem nás.

### **3.1 Rozdělení vody**

Rozdělení veškeré vody v krajině je velmi složité, neboť si musíme uvědomit, že pokud chceme vodu rozdělovat, musíme si zvolit nějaké kritérium.

Například vodu vypadávající z oblaků dělíme podle skupenství. V tomto dělení můžeme pokračovat i z jiného úhlu pohledu. Můžeme je dělit podle skupenství a intenzity, délky trvání, časového a prostorového rozložení. To vše a mnohem více se týká pouze vody ve formě atmosférických srážek.

Voda dopadající na zemský povrch se zde vsakuje do země, odpařuje nebo odtéká.

Díky tomu zde máme spoustu dalšího dělení. Na vodu na zemském povrchu či pod ním lze nahlížet z mnoha úhlů. U vod pod zemským povrchem se jedná o množství, chemické vlastnosti, fyzikální vlastnosti, a jiné. U vod vyskytujících se na povrchu půdy máme podobné dělení, ale je zde více faktorů, podle kterých si můžeme vodu rozčlenit. Jde pouze o to, jak se na danou věc díváme. Pro erozní smyv je důležitější samozřejmě voda vyskytující se na povrchu, avšak nelze opomenout ani vodu obsaženou v půdě.

#### **3.1.1 Povrchová voda**

Povrchová voda má několik příčin vzniku. Vzniká ze srážkových úhrnů, z tání sněhu nebo výtokem vody z pramenů. Povrchovou vodou se budu podrobněji zabývat v oběhu vody v přírodě a hlavně v povrchovém odtoku.



Všeobecně si lze vodu na zemském povrchu rozdělit na vodní toky a stojaté vody.

- Vodní toky

Povrchově odtékající voda ze srážek a taje sněhu a ledu má tendenci se soustřeďovat v rýhy, brázdy, stružky, bystřiny, potoky, říčky, řeky a veletoky. Vodní toky jsou důležitým prvkem krajiny, v jejímž vývoji se uplatňují různými způsoby podle celkového stavu vytvářené hydrografické sítě, její hustoty, vodnosti toků, průtokových poměrů, čistoty vody apod.

(Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

- Stojaté vody

Pod tímto pojmem si většina lidí dokáže něco vybavit, ať už moře nebo pouze rybník. I zde však máme rozdělení. Stojaté vody můžeme dělit podle vzniku na přirozené a vytvořené člověkem.

Mezi ty přirozené patří oceány, moře, jezera a močály. Všechny tyto vody už jsou nyní ovlivňovány člověkem, avšak vznikly přirozeným vývojem.

Vodní díla vytvořená člověkem jako jsou rybníky, přehrady a koupaliště, mají svůj důvod vzniku. Může se jednat o protierozní opatření, o podnikatelský záměr, či o prostor pro chov ryb a vodního ptactva.

### 3.1.2 Podpovrchová voda

Podpovrchové vody jsou částí hydrosféry, která je pod povrchem země, jsou předpokladem života rostlin a hlavním zdrojem kvalitní pitné vody. Využívají se i pro účely zdravotnictví, zemědělství, průmyslu i pro účely rekreační. Výskyt podpovrchových vod, jejich pohyb i kvalita jsou podmíněny prostředím, ve kterém se nacházejí. (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

Voda v horninách je vázána, buď chemicky, nebo mechanicky. Chemicky vázaná voda (např. krystalická) se dá uvolnit až teplotami kolem 400° C, takže pro hydrologii nemá velký význam. Vodu obsaženou v zeminách a horninách lze rozdělit podle fyzikálních vlastností do 6 skupin: 1. Vodní pára, 2. hygroskopická voda, 3. voda obalová, 4. gravitační voda, 5. kapilární voda, 6. voda v pevném skupenství.

(Kemel, 1996)

Tohle byl jeden způsob rozdělení podpovrchové vody, další způsob dělí podpovrchovou vodu na vodu podzemní a na vodu půdní.

- Podzemní voda

Podzemní vodou rozumíme veškerou vodu v kapalném skupenství pod zemským povrchem, a to bez ohledu na to, zda vytváří souvislou hladinu či nikoliv. Podzemní vodou je tedy např. voda, která vyplňuje souvisle mezery mezi zrny říčních náplavů a vytváří v nich nádrž se souvislou hladinou, právě tak jako voda, která do této nádrže prosakuje od povrchu v důsledku srážek. Podzemní vodou není voda, která je fyzikálně nebo chemicky vázána na částice minerálů a hornin, např. krystalová voda. (Šilar a kol., 1983)

Podzemní vody se člení podle hydraulických poměrů zvodněného prostředí, podle míry propustnosti horninového prostředí, podle množství a druhu rozpuštěných látek a teploty a podle skupenství. (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

Podzemní voda s normálním obsahem rozpuštěných tuhých látek, plynů a mikroorganismů se nazývá vodou prostou. Přírodní vody, které se od prostých vod liší množstvím nebo druhem rozpuštěných látek nebo plynů nebo teplotou, se nazývají vodami minerálními. (Hynie, 1961)

- Půdní voda

Část podzemní vody obsažená v půdě, tj. ve vrstvě přírodní biologicky oživené zeminy na rozhraní litosféry s atmosférou, se nazývá vodou půdní. Její stav je ovlivněn mnoha činiteli, které působí v půdě. Půdní voda je obvykle předmětem zkoumání pedologie nebo jejího oboru hydropedologie. (Šilar, 1996)

Podle vazby vody v zemině se rozeznávají v aeračním pásmu tři základní kategorie půdní vody: voda adsorpční, kapilární, gravitační.

Voda adsorpční je pevně vázaná půdními částicemi.

Voda kapilární je ta část půdní vody, jejíž stav v půdě závisí na kapilárních silách, které na ni působí vazbou pod 0,1 MPa.

Voda gravitační je tedy ta část vody v půdním nebo horninovém prostředí, jejíž pohyb a hydromechanické účinky jsou určovány převážně působením zemské tíže. (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

### 3.2 Oběh vody

Vlivem slunce, které je iniciátorem a regulátorem oběhu vody v přírodě, dochází k výparu vody z vodní hladiny, půdy, povrchu rostlin, atd. Voda se tak dostává do atmosféry, ve které je prouděním vzdušných hmot odtransportována nad jiné místo a tam, za příznivých podmínek, dochází ke kondenzaci a vypadnutí srážek na povrch země. Zde se voda vsakuje, obohacuje vláhou půdní profil, rozhojňuje zásoby podzemních vod, doplňuje objemy v jezerech a rybnících, dotuje řeky a opět se vypařuje do atmosféry. Tomuto jevu říkáme oběh vody v přírodě. (Kemel, 1991)

Oběh vody je rozdělen na velký oběh vody a malý oběh vody.

Velký oběh je charakterizován povrchovým odtokem, působí v přírodě oběh vody nad pevninou.

Malý oběh má z hydrologického hlediska pro hospodaření s vodou větší význam. V malém oběhu vody se uplatňuje kondenzace ovzdušných par jak na zemském povrchu, tak i v půdě, vývěry podpovrchových vod, odběr půdní vody vegetací apod. Cílem všech vodohospodářských opatření v přírodě je udržet maximální možné množství vody právě v tomto malém oběhu. (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

Všeobecně je v povědomí tzv. „třetinové pravidlo“ týkající se spadlých atmosférických srážek a oběhu vody v krajině. A to, že 1/3 srážek se vypaří, 1/3 srážek odteče po povrchu a v řekách, 1/3 srážek se vsákne. Toto pravidlo ale slouží pouze a jen orientačně, neboť nikde na naší planetě tento stav neplatí. Tato bilance je jiná ve střední Evropě a jiná v Austrálii, tak by se dalo říci že „třetinové pravidlo“ platí pouze na malém území. Ani to není pravda, neboť nezáleží pouze na místě, ale také na terénu, na teplotě a vlhkosti vzduchu, a geologickém podloží a na dalších činitelích.

### 3.3 Ochrana vody

Voda je chráněna v každém státu zákony, ale jsou zde i mezinárodně platné smlouvy a úmluvy (např. Evropská vodní charta).

Evropská vodní charta byla vyhlášena Evropskou radou 6. května 1968 ve Štrasburku jako příspěvek uvedené organizace k Evropskému roku ochrany přírody 1970. (European Water Charter, 1967)

Znění Evropské vodní charty uvádíme v této publikaci pouze ve zkráceném rozsahu.

- I. Bez vody není života. Je drahocenná a ničím nenahraditelná.
  - II. Zásoby sladké vody nejsou nevyčerpatelné. Je proto nezbytné je udržovat, chránit a podle možností rozhojňovat.
  - III. Znečištěním vody způsobuje škody člověku a ostatním živým organismům závislým na vodě.
  - IV. Jakost vody musí odpovídat požadavkům pro různé způsoby jejího využití, zejména musí odpovídat normám lidského zdraví.
  - V. Po vrácení použitelné vody do zdroje nesmí voda zabránit jeho dalšímu použití pro veřejné ani soukromé účely.
  - VI. Pro zachování vodních zdrojů má zásadní význam rostlinstvo, především les.
  - VII. Vodní zdroje musí být zachovány.
  - VIII. Příslušné orgány musí plánovat účelné hospodaření s vodními zdroji.
  - IX. Ochrana vody vyžaduje zintenzívnění vědeckého výzkumu, výchovu odborníků a informování veřejnosti.
  - X. Voda je společným majetkem, jehož hodnota musí být všemi uznávána. Povinností každého je užívat vodu účelně a ekonomicky.
  - XI. Hospodaření s vodními zdroji by se mělo provádět v rámci přirozeného povodí, a nikoli v rámci politických nebo správních hranic.
  - XII. Voda nezná hranic; jako společný zdroj vyžaduje mezinárodní spolupráci.
- (Tlapák, Šálek, Legát, 1992)

## 4 Odtok

Odtok vody po povrchu území transportuje půdní částice uvolněné dešťovými kapkami a působením svého tangenciálního napětí rozrušuje půdní povrch a uvolňuje pro transport další částice půdy spolu s různými chemickými látkami.

(Holý a kol., 1978)

Vlastní srážko-odtokový proces se skládá ze dvou dílčích transformací. V průběhu první - **hydrologické transformace** - jsou od srážky dopadající na povodí postupně odečítány hydrologické ztráty. Sem patří ztráta výparem – evapotranspirace (celkový výpar z povrchu vegetačního pokryvu, z pórů rostlin a z půdy), ztráta vlivem intercepce (zdržení vody na povrchu vegetace), ztráta navlháním, ztráta infiltrací vody do půdy a ztráta povrchovou retencí (plošný povrchový odtok nastane až po naplnění nerovností terénu vodou). Postupnou separací hydrologických ztrát od časového průběhu intenzity srážek získáme efektivní intenzitu srážky. Množství vody takto spadlé na povrch terénu pak odtéká z povodí ve formě plošného povrchového odtoku. Tím je započata druhá – **hydraulická transformace**. Plošný povrchový odtok se postupně koncentruje v ronových a erozních rýhách a následně v říční síti až na odtok uzávěrovým profilem. (Jandora, Stara, Starý, 2002)

Odtok srážek spadlých na zemský povrch je různý, a je tedy i různá jeho erozní účinnost. V oběhu vody v přírodě dochází kromě odtoku také k vypaření a vsáknutí části srážek. Poměr mezi těmito třemi možnostmi je dán intenzitou a trváním deště, klimatickými podmínkami, geografickými podmínkami, geologickými podmínkami apod. Z hlediska erozní účinnosti nás bude nejvíce zajímat odtoková část. Odtok není pouze na povrchu, ale i pod zemským povrchem, proto je odtok rozdělen na povrchový a podpovrchový.

#### 4.1 Podpovrchový odtok

Část vody srážek se infiltrací dostává pod zemský povrch a odtéká půdou a mělkými povrchovými útvary bezprostředně pod povrchem jako tzv. hypodermický odtok. Další část infiltrované vody prosakuje horninami a po dosažení hladiny podzemní vody pokračuje ve svém oběhu horninovým prostředím k místu odvodnění. Tato část celkového odtoku se nazývá odtok podzemní vody neboli podzemní odtok.

(Šilar a kol., 1983)

Podzemní odtok má vzhledem k variabilitě činitelů, které jej podmiňují, rozdílný režim v průběhu roku. Největší úhrnný odtok se vytváří ve středoevropských podmínkách zpravidla koncem zimního a počátkem jarního období, kdy dochází k výraznému zásobení půdního profilu vodou z tajícího sněhu, popř. ze současně se vyskytujících srážek. (Holý a kol., 1984)

Podzemní odtok se velmi podstatně podílí na celkovém odtoku v povrchových tocích, jak je patrné ze skutečnosti, že vodní toky v klimatických poměrech obvyklých na československém území nevysychají ani za delších suchých období bez srážek. Z toho plyne, že celkový odtok, který lze měřit v povrchových tocích, se skládá ze dvou hlavních složek, a to ze složky pozemního odtoku (který se nazývá též základním odtokem) a povrchového odtoku. Hypodermický odtok, který je velmi mělký a je obvykle krátkého přechodného trvání, se obvykle zahrnuje do povrchového odtoku. (Šilar a kol., 1983)

U podzemního odtoku je velmi obtížné určit přesnou hodnotu odtoku. Jak již bylo zmíněno, je součástí celkového odtoku, tudíž se částečně promítá i do odtoku povrchového, kde se s podpovrchovým odtokem počítá.

Je několik metod určování podzemního odtoku, ale ani jedna z metod není úplně přesná, neboť do výpočtů je třeba zahrnout propustnost, pórovitost a složení půdního pokryvu. Do výpočetních metod je třeba zahrnout srážky spadlé na zemský povrch, které neodtekly v povrchovém odtoku. Je třeba počítat také s vegetačním pokryvem a klimatickými podmínkami. Dalším způsobem určení je měření vydatnosti pramenů.

Vydatnost pramenů lze měřit kterýmkoliv způsobem běžným v hydrometrii. Nejčastěji se používá měření vydatnosti nádobou nebo trojúhelníkovým či obdélníkovým přepadem. Významné prameny jsou zahrnuty do hydrologické pozorovací sítě a jejich vydatnost se měří pravidelně nebo nepřetržitě samočinným registračním zařízením (např. přepad, který je vybaven limnigrafem).

Vydatnost pramenů tvoří jen část podzemního odtoku, takže jej nemůžeme nahradit při sestavování hydrologické bilance. (Šilar a kol., 1983)

## **4.2 povrchový odtok**

K povrchovému odtoku na svahu dochází v okamžiku, v němž intenzita deště překročí vsakovací schopnost půdy, která je závislá na mnoha činitelích, z nichž nejvýznamnější jsou činitele klimatické, fyzicko – geografické (z nichž zejména morfologie území, geografické a půdní poměry a druh a složení vegetačního krytu) a činitele antropogenní, působící svými nepříznivými vlivy na vodní režim území. Vsakovací schopnost půdy klesá s časem tak, jak infiltrující voda zaplňuje půdní póry, až nabude přibližně konstantní hodnoty. (Holý a kol., 1978)

Průběh a velikost povrchového odtoku jsou základním určujícím faktorem pro návrh povrchového odvodňovacího systému. Jeho stanovení není jednoduché, neboť na utváření povrchového odtoku má vliv řada proměnných přírodních i antropogenních činitelů. (Holý a kol., 1984)

### **4.2.1 Faktory odtoku**

Je mnoho faktorů, které ovlivňují odtok vody z krajiny, proto i výpočty odtoku jsou komplikované a je třeba počítat s velkým množstvím údajů. Mezi obecně nejdůležitější faktory patří:

- Klimatický faktor  
Jedná se o srážky a nejenom úhrn, ale i intenzitu, prostorové a časové rozložení, skupenství a jiné. Záleží i na srážkovém stínu. Je třeba také počítat s teplotami ovlivňující výpar a směrem a rychlostí větru.

- **Vegetační faktor**  
 Ne každý povrch reaguje stejně na spadlé srážkové úhrny. V zastavěném území s minimálním zastoupením zeleně voda odtéká velmi rychle a nedochází téměř k žádnému vsakování. V zemědělství jsou určité osevní postupy, které snižují erozní účinnost dešťů. Každá zemědělská plodina pěstovaná na poli má jiné vlastnosti týkající se zadržování vody. Samostatnou kapitolou by byl les, který ovlivňuje odtok nejvíce, a to jak povrchový, tak podpovrchový.
- **Geologický a pedologický faktor**  
 Geologická a pedologická skladba půdy je hlavním činitelem pro rozdělení odtoku na povrchový a podpovrchový. Je zde brána v potaz pórovitost, zrnitost, propustnost, struktura a mocnost geologických podlaží a jiné.
- **Faktor velikosti povodí**  
 Je logické, že u většího povodí bude docházet k větším odtokům vody z krajiny. Záleží také na tvaru povodí, protože pokud budeme mít povodí s přibližně stejnou rozlohou, neznamená to, že budeme mít stejný odtok, protože z protáhlého povodí se voda bude stékat déle, než z povodí oblého tvaru.
- **Faktor reliéfu povodí**  
 Povodí, které se nachází v rovinné oblasti bez jakýchkoliv překážek, bude mít odtok slabší, neboť bude docházet k vsakování a výparu spadlých srážek. Naproti tomu povodí, které je v horských oblastech nebo s velmi členitým terénem, má odtok výrazně větší a to na úkor výparu a vsakování. U obou typů povodí je třeba také zohlednit spád toku vůči jeho délce či velikosti povodí.



- Lidský faktor

Předešlé faktory byly tvořeny přírodou s většími či menšími zásahy člověka. Do lidského faktoru lze zařadit zemědělství, průmysl, lesní hospodářství, stavební činnost a jiné.

Člověk svou činností ovlivňuje odtok a to velmi zásadním způsobem. Jedná se o negativní zásahy do přírody, jako jsou: kácení lesů, narovnávání toků, ničení přírodní vegetace apod. Ovšem ne všechny zásahy jsou negativní, člověk pro svou ochranu a ochranu svého majetku začal budovat ochranná opatření jako jsou: rybníční soustavy, vodní nádrže, suché nádrže = poldry a další protierozní opatření.

Všechny tyto faktory jsou navzájem propojeny a vzájemně se ovlivňují. Výše popsané faktory samozřejmě nejsou všechny, které mají vliv na odtok vody, ale patří mezi hlavní, které odtok ovlivňují.

U povrchového odtoku nás budou blíže zajímat dva faktory, které odtok ovlivňují. Jedná se o infiltraci a intercepci.

#### 4.2.1.1 Infiltrace

Vsakem čili infiltrací nazýváme pronikání vody (srážkové nebo uměle dodávané) z povrchu půdy do jejích hlubších vrstev.

Množství vody, které se vsákne do půdy za jednotku času, označujeme jako intenzitu vsaku čili rychlost infiltrace (s jednotkami  $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$  či  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Velikost infiltrace je celkové množství vody, které vsákne do půdy od počátku vsaku do doby  $t$  (s jednotkami v mm, popř. v  $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). (Krešl, 2001)

Infiltrační schopnost půdy ovlivňuje podstatnou měrou vznik a průběh povrchového odtoku. Přítomnost vody v půdě je dána působením gravitačních a kapilárních sil a adhezních sil půdních zrn, jimiž je poutána na jejich povrchu jako tenká molekulární vrstva. V průběhu deště se prostory mezi půdními zrny postupně plní vodou a infiltrace se snižuje, až dosáhne konstantní hodnoty. V takovém případě odpovídá infiltrační kapacita půdy teoreticky nasycené hydraulické vodivosti půdy.

(Holý, 1994)

Infiltrace je složitý děj, který je závislý na řadě faktorů. Především se uplatňují intenzita srážek a půdní poměry: počáteční vlhkost, obsah vzduchu uzavřeného vsakující vodou do půdy, stabilizace agregátů a množství pseudoagregátů, objem volných pórů a nekapilární vodivost půdy. Při vsaku se voda pohybuje především v nekapilárních pórech; dochází však také k postupnému pohybu kapilární vody obsažené v půdě před vsakováním. Týká se to především vody obsažené v semikapilárních pórech. Proto zvýšení vlhkosti půdy zmenšuje obecně intenzitu infiltrace. (Krešl, 2001)

Infiltrace srážkové vody do půdy závisí na půdních vlastnostech. Rozhodující je textura a struktura půdy, její vlhkost a zvrstvení. Pro odolnost půdy vůči vodní a větrné erozi je rozhodující obsah humusu a nasycenost sorpčního komplexu. (Holý, 1994)

Velký vliv na infiltraci má les, hlavně mechový porost v lese, který akumuluje velké množství vody, tím zvyšuje vsakovací schopnost půdy a zabraňuje většímu povrchovému odtoku.

### **Měření infiltrace**

Při svislém prosakování vody půdou vyjadřuje tuto rychlost výraz:

$$w = k \cdot I = k \cdot h/l \quad \text{m/sec}$$

kde  $k$  – součinitel propustnosti půdy,

$I$  - hydraulický spád o hodnotě  $I = h/l$ , je-li dále

$l$  - tloušťka půdní vrstvy, kterou voda prosakuje,

$h$  – tlačná výška vody (až po úroveň výtoku). (Jůva, 1957)

Z rovnic používaných pro vyhodnocení infiltrace je nejvhodnější rovnice J. R. Philips, odvozená zjednodušením teoretického řešení infiltrace. Uvádí se obvykle ve tvaru

$$I = S t^{1/2} + A t$$

nebo

$$v_D = \frac{1}{2} St^{-1} + A$$

kde  $I$  je kumulativní infiltrace (mm),  
 $v_D$  - rychlost infiltrace ( $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ),  
 $S$  - sorptivita půdy, tj. schopnost půdy pohlcovat vodu ( $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1/2}$ ),  
 $A$  - parametr (viz dále),  
 $t$  - čas (min).

Parametr  $A$  je poměrně volně svázán s nasycenou půdní vodivostí  $K_c$ . Vyhodnocení infiltračních pokusů o době trvání delší než 1 h vedlo k hodnotě  $A = 2/3 K_c$ .

Vztah mezi parametrem  $A$  a nasycenou hydraulickou vodivostí půdy  $K_c$  pro různé druhy půd a různou délku infiltrace.

Tabulka č. 6

Půdní druh	krátká infiltrace	dlouhá infiltrace
půdy těžké	2,00	1,80
půdy středně těžké	1,80	1,65
půdy lehké	1,65	1,50

(Holý, 1994)

#### 4.2.1.2 Intercepce

Na povrchu vegetačního krytu jsou dopadající dešťové kapky zadržovány molekulárními silami. Část zadržené srážkové vody se odpaří, část stéká, popř. skapává na zem. Toto zadržování srážek vegetačním korytem nazýváme intercepce. (Krešl, 2001)

Ochrana půdního povrchu před přímým dopadem dešťových kapek spočívá v jejich zachycení nadzemními částmi vegetace. Dochází k útlumu energie vodních kapek, která dosahuje značných hodnot zejména při přívalových deštích o velké intenzitě, čímž se zmenšuje nebezpečí rozrušování půdních agregátů. Odrazem dešťových kapek od nadzemních orgánů vegetace a jejich postupným stékáním na půdní povrch dochází k prodloužení doby dopadu srážkové vody na půdu.

Toto časové zdržení společně se zmenšením rychlosti povrchově stékající vody, způsobené zvětšením drsnosti půdního povrchu nadzemními orgány vegetace, podporuje vsak vody do půdy, což zmenšuje celkový povrchový odtok. (Holý, 1994)

Vliv vegetačního pokryvu se na smyvu půdy projevuje, jednak přímo ochranou povrchu půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku a jednak nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména pórovitost a propustnost včetně omezení možnosti zanášení porů rozplavenými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem. (Janeček a kol., 1992)

Zastiňovacím účinkem zmenšuje vegetace výpar z půdy a uchovává jí příznivý vlhkostní stav, což má výrazný vliv na stabilitu půdních agregátů. Tyto příznivé účinky doplňuje přímé mechanické zpevnění půdy kořenovým systémem vegetace. Důležitá je hustota kořenového systému a hloubka dosahu jeho převážné části v půdním profilu. (Holý a kol., 1978)

Zásadně se má odtok srážkových vod rozptylovat, zpomalovat a zadržovat již v horních polohách povodí, aby se zabránilo vzniku přívalových odtoků, které jsou velmi nebezpečné (eroze). Proto se zemědělské a lesní kultury mají umísťovat v územním reliéfu podle jeho sklonitosti v uspořádání, které je uvedeno v tabulce č. 7.

Tabulka č. 7                      Rozmístění kultur podle sklonitosti území

Sklon území		Zemědělská nebo lesní kultura
n°	%	
Nad 20-30	35-60	lesní kultury
12-20	20-35	trvalé louky a kultury
7-12	12-20	dočasné louky a píce
do 7	do 12	polní plodiny, nivní louky, sady, vinice

(Jůva, Hrabal, Tlapák, 1977)

Srovnání odtoků z pozemku bez vegetace a ze zatravněné plochy prováděli M. Holý a J. Váška (1970) na výzkumném protierozním objektu ve Velkých Žernosekách u Litoměřic. Zjistili výrazný vliv travního porostu na povrchový odtok. Za pozorovací období 1960 – 1969 odteklo povrchově ze zatravněné plochy o sklonu 44,5 % a o velikosti 20 x 6 m o 96% srážkové vody méně než ze stejně velké plochy bez vegetace.

Protierozní účinek polních plodin podle velikosti jejich listové plochy na 1m<sup>2</sup> půdního povrchu je podle Wenera uveden v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8

Listová plocha vegetace na 1m<sup>2</sup> půdního povrchu podle Wenera

Řepa	1,6 m <sup>2</sup>	Jetel zvrhlý	22,7 m <sup>2</sup>
Řepka	1,7 m <sup>2</sup>	Jetel luční	26,4 m <sup>2</sup>
Kukuřice	11,7 m <sup>2</sup>	Seradela	34,0 m <sup>2</sup>
Ječmen	14,4 m <sup>2</sup>	Vičenec (ligrus)	38,4 m <sup>2</sup>
Žito	15,6 m <sup>2</sup>	Vojtěška	85,6 m <sup>2</sup>
Jetel plazivý	19,6 m <sup>2</sup>		

(Holý a kol., 1978)

K největším erozním škodám na povrchu půdy při srážkách dochází na nekryté půdě. Tedy nejvíce jsou náchylné rozorané půdy. Pro zemědělskou výrobu jsou zpracovány osevní postupy a určitá skladba krajiny, kde se zemědělsky využívaná půda nachází. Naopak nejlepší intercepční schopnost má les.

Lesní porost tedy svojí prostou existencí usměrňuje oběh vody tak, že ve srovnání s holým povrchem: zvyšuje absolutní množství srážek tvorbou horizontálního deště, celkový výpar intercepce a transpirací, přestože výrazně snižuje výpar z půdy, převádí větší množství srážkové vody do půdy zvýšeným vsakem a vytváří předpoklady pro jejich větší akumulaci v půdě, snižuje velikost povrchového svahového odtoku a tím zmenšuje předpoklady pro vznik eroze a zároveň zpomalením odtoku významně ke snížení kulminačního průtoku. (Krešl, 1990)

Příznivé účinky jsou však podmíněny správnou skladbou a polohou lesa. Nejlépe působí smíšený les, ve kterém je půda chráněna dobrým zápojem porostu a dostatečnou vrstvou humusu. Nejlepší vsakovací účinek má porost dubový a lipový, střední účinek mají modřín a bříza. Nejméně vody zadržují, z dlouhotrvajících srážek, smrkové porosty. Lesní hrabanka a humus pohlcují dešťovou vodu i tající sníh a chrání půdu před promrzáním, takže zlepšují jímací schopnost půdy pro vodu. Nejméně vhodný účinek na odtok má jednotný les smrkový a vůbec jehličnatý, který zatím v našich krajinách převládá. (Jandora, Stara, Starý, 2002)

Travní porost s dobře vyvinutým drnem má podobný příznivý vliv na velikost a průběh povrchového odtoku a na ochranu půdního povrchu jako lesní porost.

(Holý a kol., 1978)

H. H. Bennet (1955) zjistil, že povrchový odtok z pozemků chráněných dobrým travním krytem činil 0,3 až 5,5 % srážkového množství a smyv 0,029 a 0,132 t ha<sup>-1</sup>, zatímco ze zalesněné plochy za stejných podmínek naměřil odtok v hodnotě 1,0 až 3,6 % srážkového množství a smyv 0,005 a 0,193 t ha<sup>-1</sup>. Neprojevilo se tedy velký rozdíl mezi účinností lesního a travního krytu.

Pro porovnání vlivu druhové skladby porostů na velikost intercepce uvádím její hodnoty a údaje o stoku po kmeni v % celkového úhrnu srážek za letní a zimní období. (Mitscherlich, 1971)

Tabulka č. 9

Druhá skladba porostu	Letní období		Zimní období	
	Intercepce	Stok na kmenu	Intercepce	Stok na kmenu
Smrk	36	2	34	2
Douglaska	24	8	43	7
Borovice	26	2	27	3
Modřín	24	2	29	2
Buk	18	12	13	12
Habr	23	13	20	13
Dub	24	5	17	3
Dub červený	20	8	6	9

Lesy mají zaujímat nejvyšší polohu v povodí, to jest zónu tvorby povodňových průtoků. Je to místo největších srážek a největšího sklonu, které potřebuje nejlepší ochranu proti erozi a nejlepší podmínky pro nejúčinnější vsáknutí vody dešťové i zimní vláhy. Právě v lesích se sníh nejrovnoměrněji rozprostírá a nejdéle se zde udržuje. Vzniklý proud podzemní vody zásobuje nižší polohy, rozhojňuje prameny a vyrovnává průtoky v tocích. (Jandora, Stara, Starý, 2002)

Retence srážek vegetačním krytem je tedy funkcí velikosti a kvality smáčitelné plochy, vydatnosti deště, výparnosti, větru a frekvence výskytů dešťů. U jednotlivých druhů vegetačního krytu se uplatňuje jeho vzrůst, stáří, hustota (zápoj), zkamenění u lesních porostů. (Krešl, 2001)

## 5 Charakteristika Byňova a okolí

### Poloha

Obec Byňov se nachází 3,5 km od města Nové Hradý, známého pro svou bohatou historii. První zmínky o obci sahají až do 14 století. Obec leží na rozhraní Novohradských hor a Třeboňské pánve, spíše spadá už pod Třeboňskou pánev. Nadmořská výška obce je 475 metrů nad mořem. Byňov jako katastrální území má rozlohu 20,2 km<sup>2</sup> a spadá pod:

- Kraj: Jihočeský
- Okres: České Budějovice
- Obec: Nové Hradý
- Pracoviště: České Budějovice
- Obec s rozšířenou působností: Trhové Sviny
- Pověřený obecní úřad: Nové Hradý

V okolí obce Byňov je celá řada malých toků a rybníků. Z hlediska toků to jsou Vyšenský potok a Janovský potok. Oba potoky stékají do hlavního toku v oblasti, kterým je Stropnice. Vodní tok Stropnice spadá do povodí III. řádu: 1-06-02 Malše. Z pohledu rybníků jsou zde Lomský rybník, Poitro, Horní velký rybník, Horní malý rybník, Dolní velký rybník a Byňovský rybník.

Byňovský rybník byl založen roku 1521 a je se svou rozlohou (78,4 ha) druhý největší na Novohradsku. Největším rybníkem na Novohradsku je Žárský rybník, který má rozlohu 112 ha.

Na vybraném svahu za obcí Byňov jsem pořídil několik fotografií.







### **Geologie**

Soustava: Český masiv – pokryvné útvary a postvariské magmatity

Oblast: Terciér

Region: Jihočeská pánev – terciér

Jednotka: Českobudějovická pánev, Třeboňská pánev

Na zvoleném území jsou z hlediska podloží jíly, jílovité písky.

(Kodym, 1967)

## Klima

Obec Byňov spadá pod klimatický region MT4. Symbol regionu je 7, označení regionu je mírně teplý vlhký s průměrnou roční teplotou 6 - 7° C a s průměrným ročním úhrnem srážek 650 – 750 mm. Klimatický region určujeme podle první číslice v čísle BPEJ (bonitovaná půdně ekologická jednotka).

Pro určení klimatu v oblasti kolem obce Byňov jsem uvedl několik tabulek knihy podnebí ČSSR (1961) :

Průměrná teplota vzduchu (°C) za období 1901 - 1950

Stanice	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV-IX
Chlum u Třeboně	-2,9	-1,4	2,6	7,0	12,4	15,3	17,0	16,5	12,7	7,4	2,4	-0,9	7,3	13,5

Údaje o teplotě vzduchu jsou z nejbližší stanice, která údaje poskytuje.

Průměrná četnost směrů větru v roce (v % všech pozorování)

Stanice	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětří	Období
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calm	
Tábor	3,4	1,8	4,2	10,7	5,1	10,0	16,0	11,2	37,6	1946 - 1953

Údaje jsou brány z nejbližší stanice, která údaje poskytuje.

Průměrný úhrn srážek (mm) za období 1901 - 1950

Stanice	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV-IX	X – III
Hojná Voda	36	41	42	65	89	93	121	94	67	54	41	42	785	529	256
Dobrá Voda															

Průměrný úhrn srážek (mm) za období 1901 - 1950

Stanice	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV-IX	X – III
Nové Hrady (o.České Budějovice)	32	38	37	57	79	86	115	94	62	53	40	39	732	493	239

Pro průměrný úhrn srážek za rok jsem uvedl hodnoty ze dvou stanic, které jsou od sebe vzdáleny cca 7,5 km vzdušnou čarou. Stanice Dobrá Voda a Hojná Voda je přímo v Novohradských horách a rozdíl mezi těmito stanicemi činí 53 mm.

## 5.1 Meteorologická stanice Byňov

V obci Byňov byla zřízena automatická meteorologická stanice. Pro tuto práci jsem získal data o srážkových úhrnech za rok 2010.

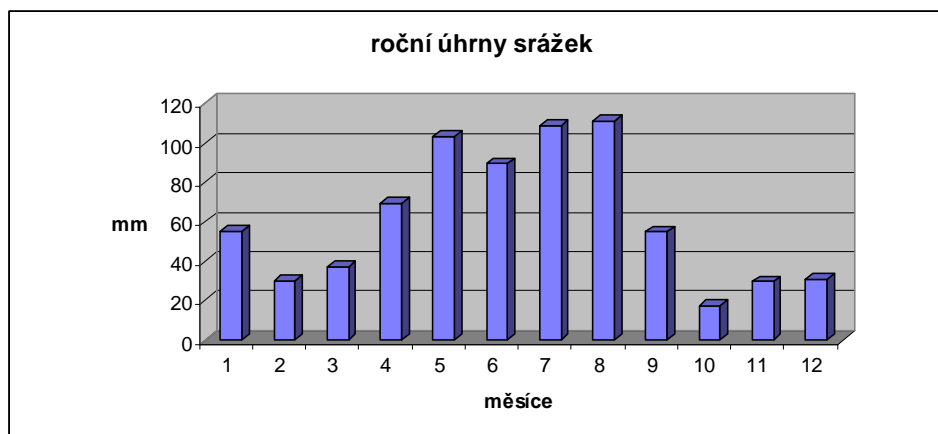
Srážkové úhrny pro rok 2010 viz. příloha č. 1.

Celkové množství srážek za rok 2010 činí 737,6 mm. Přívalové srážky se nejčastěji vyskytují v letních měsících. Největší množství srážek v Byňově a okolí spadlo od poloviny dubna do poloviny září. Grafické znázornění velikosti úhrnů je v grafu č. 1. Poměrně dost srážek spadlo i v lednu, ale jelikož se jednalo o sníh, tak se nejedná o erozně nebezpečnou srážku. Tento úhrn se stává nebezpečným až při tání, kdy dochází k povrchovému odtoku. Rok 2010 není svým celkovým úhrnem nijak výjimečný a zapadá do průměru.

STANICE	I	II	III	IV	V	VI	VII
BYŇOV	55,1	30,2	37	69,5	103,6	89,5	108,8

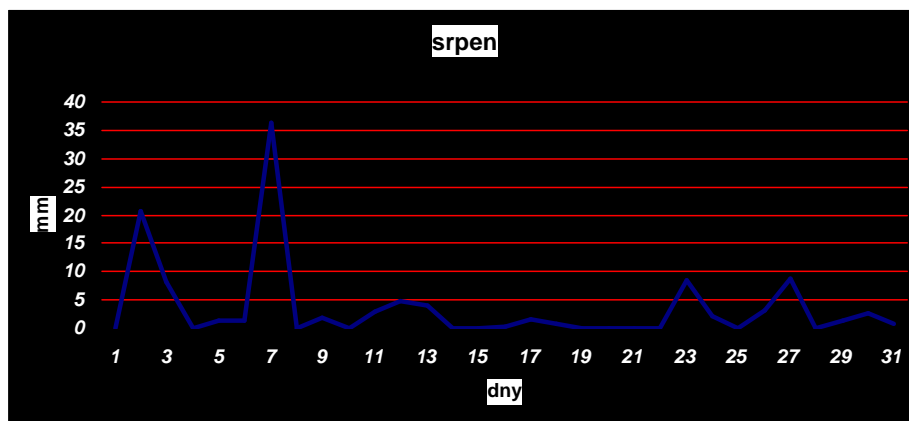
VIII	IX	X	XI	XII	ROK	IV - IX	X – III
111,3	54,8	17,5	29,5	30,8	737,6	537,5	200,1

Graf č. 1



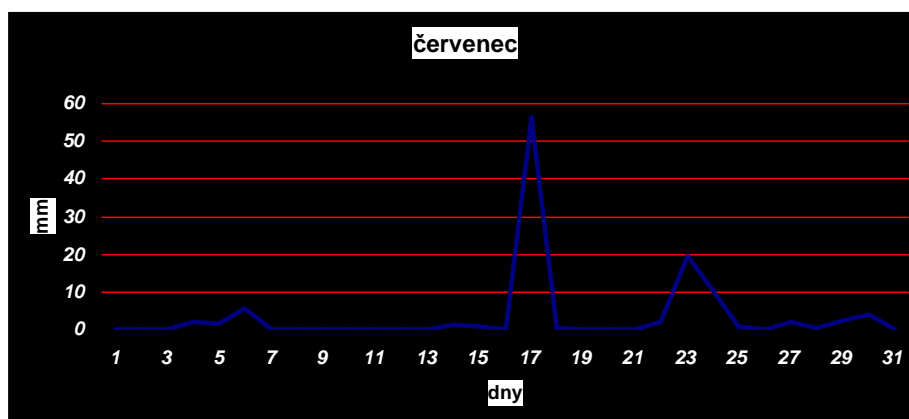
Nejvíce srážek spadlo na území v srpnu (111,3) grafické znázornění spadlých srážek a rozložení v 31 dnech je znázorněno v grafu č. 2.

Graf č. 2



Nejvyšší úhrn srážek za 24 hodin (56,5) spadl 17.7. grafické znázornění nejvyššího úhrnu vůči ostatním úhrnům je v grafu č. 3.

Graf č. 3



## 5.2 CN - Křivky

Metoda čísel odtokových křivek (CN – Curve Number) byla odvozena v USA pro potřeby Služby na ochranu půdy (SCS - Soil Conservation Service) a představuje jednoduchý srážkoodtokový model s poměrně snadno zjistitelnými vstupy, dostatečně přesný, použitelný pro stanovení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku způsobeného návrhovým přívalovým deštěm o zvolené pravděpodobnosti výskytu v zemědělsky využívaných povodích, či jejich částech velikosti do 10 km<sup>2</sup>. (Janeček a kol., 2007)

Přímý odtok zahrnuje povrchový odtok a hypodermický odtok. Podíly těchto odtoků se oceňují 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 přívalovém dešti, aby měl vliv na velikost povodňové vlny z přívalu. CN je současně i ukazatelem pravděpodobnosti typu odtoku, čím větší CN, tím je pravděpodobnější, že se přímý odtok týká povrchového odtoku. (Pasák a kol., 1984)

Základním vstupem metody CN-křivek je srážkový úhrn o určitém časovém rozdělení, za předpokladu jeho stejnoměrného rozdělení po ploše povodí. Objem srážek je přeměněn na objem odtoku pomocí čísel odtokových křivek – CN. Jejich hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepci a povrchové akumulaci. Objem odtoku se podle teorie jednotkového hydrografu a doby koncentrace přetransformuje na kulminační průtok. (Janeček a kol., 1992)

Srážkoodtokový vztah používaný v metodě čísel křivek pro odhad přímého odtoku z přívalového deště:

$$O_{ph} = 1000 \cdot H_o \cdot F$$

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

Kde  $O_{ph}$  = přímý odtok v  $m^3$

$F$  = plocha povodí v  $km^2$

$H_o$  = výška přímého odtoku v mm

$H_s$  = výška srážky z přívalového deště v mm

$A$  = potencionální retence určovaná na základě čísla křivky (CN) podle vztahu:

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

(Pasák a kol., 1984)

Čísla odtokových křivek (CN) jsou určena podle:

a) hydrologických vlastností půd rozdělených do 4 skupin – A,B,C,D, na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení.

b) vlhkosti půdy určované na základě 5denního úhrnu předcházejících srážek, resp. Indexu předchozích srážek (IPS) ve 3 stupních, kdy IPS I odpovídá takovému minimálnímu obsahu vody v půdě, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání, při IPS III je půda přesycena vodou z předcházejících dešťů. Pro návrhové účely se uvažuje IPS II pro střední nasycení půdy vodou.

c) využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření. (viz příloha č. 2) (Janeček a kol., 2007)

Tabulka č. 10 Klasifikační systém půd podle SCS

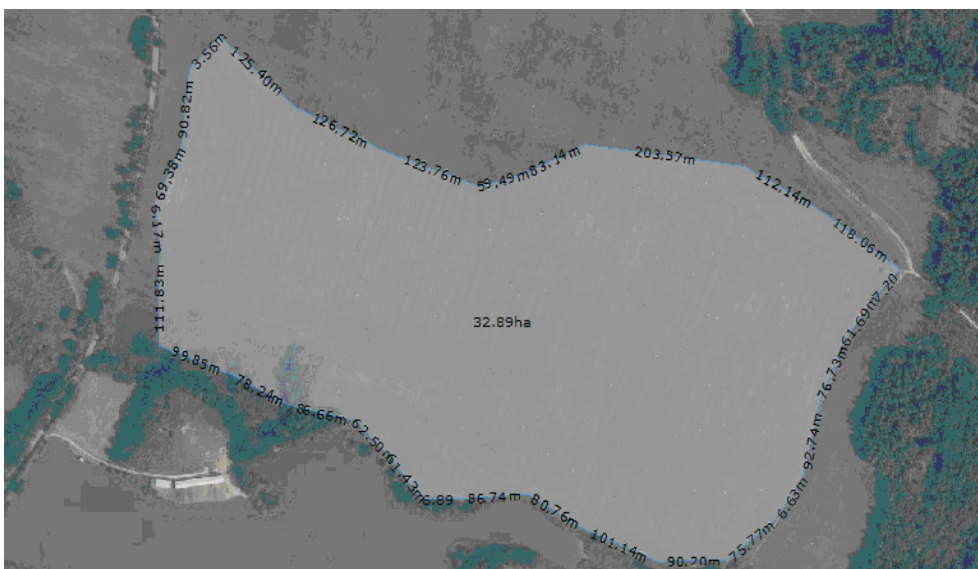
Skupina	Popis	Minimální infiltrace ( $mm \cdot min^{-1}$ )
A	hluboké písky, hluboké spraše, agregovaný prach	0,127 – 0,191
B	mělké spraše, písčité hlíny	0,064 – 0,127
C	jílovité hlíny, mělké písčité hlíny, půdy s nízkým obsahem organických látek, půdy s vysokým obsahem jílovitých částic	0,021 – 0,064
D	půdy za vlhka silně bobtnající, těžké plastické jíly, některé zasolené půdy	0 – 0,021

(Holý, 1994)

## 5.2.1 Výpočet CN – křivky

K výpočtu lze použít vzorce, které jsem uvedl už dříve. Pro vybraný svah u obce Byňov jsem k výpočtu použil program ERCN – Výpočty potřebné pro návrh protierozních opatření. Rozloha svahu je 32,89 ha (Obrázek č. 1).

Obrázek č. 1



Rozdíl nejvýše a nejniže položeného místa je 14 metrů. Určená plocha (32,89 ha) se rozkládá na 6-ti pozemcích. Pro výpočet je potřeba zjistit si BPEJ a výměru pozemku. Podle druhé a třetí číslice si zjistíme hydrologickou skupinu. (Obrázek č. 2)

Obrázek č. 2

Výpočet kulminačního průtoku

### Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek

Zadání vstupních hodnot      Celková doba koncentrace

Plocha povodí: **Průměrné CN**

Průměrné CN :

Max. 24-h srážka:

Opravný koef. :

Průměr:

Výpočet Qp:

Konec

Uložit

#### Výpočet průměrného CN

Plocha [ha]	Způsob obdělávání	Hydrologické podmínky	Hydrologická skupina půd	CN
0,33		-	C	71
15,52		-	D	78
2,35		-	D	78
2,37		-	C	71

Průměrné CN =

Celková plocha povodí P =  ha

Zadání

Výpočet CN

Sepiš do výpočtu

Edit

Storno

Hychlost: v =  m / s      Umocnený obvod : U =  m

Ttc =  h      Hydraulický ploměr : R =  m

Tc =  h      Výpočet Tc

Hodnoty zadané do tabulky sepíšeme a vyhodnotíme. (Obrázek č. 3)

Obrázek č. 3

Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek

Zadáni vstupních hodnot

Plocha povodí : 32.89 ha Vypočet

Průměrné CN : 75.45

Max. 24-h srážkový úhrn : 56.5 mm Vybrat h

Operační koef. nádtě : 1.00 mm Vybrat l

Přímý odtok : 13.03 mm

Ia / Hz : 0.29

QpH : 4295.43 m<sup>3</sup>

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

Vypočet QpH

Koniec

Uložit

Celková doba koncentrace

Přímý povrchový odtok

Délka : l = 100 m Hydraulický sklon : z = 0 ‰

Drážnost : n = 0.04 Dvoutýň 24-h dešť : Hz2 = 0 mm

Tta = 0 h

Soustředěný odtok o malé hloubce

Délka : l = 0 m Hydraulický sklon : z = 0 ‰

Povrch na zájmovém území

Neúštěrný  Úštěrný

Rychlost : v = 0 m/s

Ttb = 0 h

Soustředěný odtok v otevřeném korytě: F

Délka : l = 0 m Hydraulický sklon : z = 0 ‰

Drážnost : n = 0.04 Plocha příč. profilu : F = 0 m<sup>2</sup>

Rychlost : v = 0 m/s Omezený obvod : D = 0 m

Ttc = 0 h Hydraulický průměr : R = 0 m

Tc = 0 h Vypočet Tc

Do výpočtu jsem zvolil nejvyšší srážkový úhrn v roce 2010, tedy 56,5 mm dne 17.7. 2010. Přímý odtok vyšel 13,03 mm, což je poměrně vysoká hodnota, ale vzhledem k tomu, že na svahu je jako vegetační pokryv louka s nízkou trávou a infiltrace je velmi nízká, tak je to celkem pochopitelné. Na svahu jsou půdy skupin C a D podle klasifikace SCS s nejnižší infiltrací. C má infiltraci 0,064 – 0,021 (mm.min<sup>-1</sup>) a D má infiltraci 0,021 – 0 (mm.min<sup>-1</sup>).

Tento program slouží k výpočtu kulminačního průtoku pomocí CN – křivek a je tedy pochopitelné, že pro zvolený svah nemohly být zadány všechny parametry.



## 6 Softwarové modely

Existuje mnoho programů, které slouží k modelování povodí, odtoků z povodí či množství erozního smyvu. V dnešní době je představa jakéhokoliv zpracování území z hlediska návrhové srážky nebo eroze bez použití softwarového vybavení a modelování skoro nemožná. V této části stručně popíši některé z programů.

### **SMODERP**

Pro podmínky České republiky byl odvozen simulační model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP (Simulation Model of Surface Runoff and Erosion Process), který byl sestaven na katedře hydromeliorací Fakulty stavební ČVUT v Praze. Jedná se o epizodní model pro jednotlivý svah nebo malé povodí, který poskytuje podklady k hodnocení povrchového odtoku a erozních procesů za účelem návrhu protierozních opatření. Model simuluje povrchový odtok a erozní procesy z přívalových dešťů proměnné intenzity z území do velikosti 1km<sup>2</sup>.

(Podhrázská a kol., 2009)

Výstupem z modelu jsou:

- charakteristiky povrchového odtoku (objem odtoku, vrcholový odtok, rychlost a hloubka odtoku) ve zvolených profilech svahu a zvolených časových intervalech od počátku deště,
- přípustná délka zemědělského pozemku ve směru sklonu, stanovená na základě krajního nevymílacího tečného napětí a krajní nevymílací rychlosti povrchového odtoku,
- hodnota erozního smyvu.

(Holý, 1994)

Pro simulaci je vyšetřovaný svah rozdělen na homogenní úseky z hlediska morfologických, půdních a vegetačních poměrů. Maximální délka i šířka vyšetřovaného svahu je 1000 m. (Janeček a kol., 2007)

## **ANSWERS**

ANSWERS (A Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation)

Model se skládá z hydrologického a erozního submodelu. Hydrologický submodel určuje pro návrhovou srážku hydrograf odtoku a celkový objem odtoku v uzávěrovém profilu povodí. Erozní submodel hodnotí erozní proces (ztrátu půdy) v jednotlivých elementech vyšetřovaného povodí a transport splavenin v uzávěrovém profilu. (Holý, 1994)

## **HydroCAD**

HydroCAD je hydrologicko-hydraulický model, který lze využít pro simulaci významných srážko-odtokových epizod na malém povodí včetně generování výsledného hydrogramu. Uživatel může verifikovat, zda odtokový systém povodí (říční síť) je kapacitně dostatečný, předpovídat výskyt povodňových, příp. erozních událostí, vyhodnotit různé alternativy návrhu řešení hydraulických objektů (jezů, propustků, potrubí) a vybrat nejvhodnější z hlediska bezpečnosti, ochrany životního prostředí a finanční náročnosti. (Janeček a kol., 2007)

## **DesQ – MaxQ**

Model je využitelný pro výpočet maximálního průtoku z povodí, které lze schematizovat, buď jednou odtokovou plochou (svah), nebo „modelovým povodím“ ve tvaru „otevřené knihy“, bez zohlednění rozvinuté hydrografické sítě v povodí. (Hrádek, Kuřík, 2001)

Zajímavé by bylo porovnání výpočtů a výsledků programu DesQ – MaxQ (Obrázek č. 4) s programem ERCN (Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN – křivek).

Obrázek č. 4

**Parametry výpočtu**

Typ povodí: Jeden svah

Varianta: Varianta I

Vypočítej

Zkrácená výstupní tabulka

**Popis projektu**

Výpočet CN - křivky na svahu v lokalitě Byňov.

**Povodí**

Délka údolnice [km]

Sklon údolnice [%]

Doba opakování N [roky]

1-denní maximální srážkový úhrn pro N [mm]

1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 100 [mm]

**Jeden svah**

Plocha svahu [km<sup>2</sup>]

Sklon svahu [%]

Drsnost  $\gamma$  [s]

Typ CN křivky [1,2,3]

Číslo CN křivky [40-100]

### ERCN – Výpočty potřebné pro návrh protierozních opatření.

Program obsahuje 2 druhy výpočtů.

První je: Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN – křivek. Tento výpočet byl již použit pro výpočet CN (Curve Number) charakteristika a ukázky z programu jsou uvedeny v části 5.2 CN – Křivky.

Druhý je: Výpočet průměrného ročního smyvu půdy ( t/ha/rok ) podle Wischmeier – Smitha. Grafická ukázka programu je na obrázku č. 5 a samotná metoda je popsána v části 6.1 .

Obrázek č. 5

**Výpočet průměrného ročního smyvu půdy [ t/ha/rok ] podle Wischmeier-Smitha**

G =  [ t/ha/rok ]

**Zadání**

R =  [ MJ/cm. ha/h ]

K =  [ - ]

L =  [ - ]

S =  [ - ]

C =  [ - ]

P =  [ - ]

li =  [ m ]

hi =  [ m ]

s =  [ % ]

Číslo odtokové linie :

Přípustná ztráta půdy vodní erozí

Půdy :

Přípustný smyv  [ t/ha/rok ]

Úseky			
Délka l [m]	Výška h [m]	Faktor K [-]	Sklon s [%]

Výpočet erozního smyvu

## 6.1 USLE

Zkratka USLE (Universal Soil Loss Equation) je u nás spíše známá jako Univerzální rovnice ztráty půdy.

Pro výpočet ztráty půdy se zatím používá univerzální rovnice vytvořená v r. 1958 Wischmeierem a Smithem, která byla upravena i pro naše podmínky. Tato rovnice vypočítává průměrnou roční ztrátu půdy jako součin dvou kvantitativních faktorů (erodovatelnosti půdy a erozivity srážek) a čtyř kvalitativních faktorů:

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

(Janeček, 1978)

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

R = faktor erozní účinnosti dešťů – vyjádřený v závislosti na jejich četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energii,

K = faktor erodovatelnosti půdy – vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a zrnitosti,

L = faktor délky svahu – vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí,

S = faktor sklonu svahu – vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí,

C = faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu – vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice,

P = faktor účinnosti protierozních opatření.

(Janeček a kol., 1992)

Účinek jednotlivých členů rovnice na intenzitu erozního procesu posoudili autoři na jednotkovém pozemku s přesně definovanými parametry; jeho délka byla 22,13 m, sklon 9 %, pozemek byl trvalý úhor obdělávaný ve směru sklonu. (Holý, 1994)

## 7 Závěr

Atmosférické srážky se vyskytují po celé planetě v různém skupenství, množství a o různé intenzitě. To je dáno pohybem vzduchových proudů a tím, kde srážky vypadávají na zemský povrch. Je rozdíl mezi srážkou vyskytující se v rovníkové oblasti a srážkou kolem zemských pólů. Jedná se o rozdíl hlavně ve skupenství, ale i množství a intenzitě. Není možné říci, že pouze tímto jsou určeny srážky a jejich charakteristika.

Reliéf terénu patří mezi důležité faktory ovlivňující atmosférické srážky. Skupenství je dáno nadmořskou výškou terénu a sněžnou čarou. Množství ovlivňuje reliéf nejenom nadmořskou výškou, kde s nadmořskou výškou množství stoupá, ale i postavením vůči převládajícím větrům v krajině. Oblasti o téměř stejné nadmořské výšce nacházející se nedaleko od sebe nemusejí mít srovnatelné srážkové úhrny, pokud se jedna z oblastí nachází ve srážkovém stínu nějakého pohoří. K tomuto dochází, když převládající směr větrů je kolmý na nějaké pohoří. Ukázkový příklad jsou extrémní srážkové úhrny v podhůří Himalájí v oblasti Bangladěše. Zde dochází k takovým srážkovým úhrnům, s kterými si neporadí ani příroda ani člověk, a dochází tak k extrémním odtokům, erozi a povodním. Tím jsem chtěl říci, že některé faktory určující charakteristiky a účinky srážky ovlivnit nemůžeme.

Pro určení vlivu srážky na krajinu a na půdu je ukazatel poměru vody vsáklé, vypařené a vody, jenž odtékla. Všeobecně uznávané „třetinové pravidlo“ nikde na planetě neplatí. Je ovlivňováno faktory, na které nemáme žádný vliv a faktory, které člověk ovlivňuje. Jedná se hlavně o skladbu krajiny, zastavěná území a nevhodné zásahy do krajiny. Člověkem relativně neovlivnitelný faktor je geologické podloží. Není to však úplně pravda, člověk pokud má ponětí o geologickém podloží na svém pozemku může učinit taková opatření, která budou erozní účinky srážky co nejvíce eliminovat. Jde například o vhodnou vegetaci na povrchu půdy a tím zvyšovat intercepci a snižovat energii srážky a přímý odtok vody z pozemku. Důležitou informací je číslo BPEJ (bonitovaná půdně ekologická jednotka). Tento 5-ti místný kód nám dává některé geologické a hydrologické informace o půdě.

V dnešní době existuje několik programů, jenž simulují odtokové situace z povodí pro různé srážkové úhrny. Tyto modely mohou sloužit k navrhování protierozních a protipovodňových opatření.

Odnos půdních částic z pozemku vodní erozí při povrchovém odtoku způsobuje nenapravitelné škody. Dochází k degradaci půdy a odplavení kvalitních částí půdy, které se hromadí v tocích a zanášejí koryta, tím vodní toky ztrácí kapacitu a naopak se do vody dostávají chemické látky, které mohou způsobit obrovské škody. Odstranění sedimentů z koryt řek je finančně nákladné, proto by modely měli sloužit pro návrhy protierozních opatření, které budou snižovat hodnotu povrchového odtoku. Nejčastěji dochází k erozi při dopadu vodních kapek na zemský povrch, kde srážka svojí energií rozrušuje půdní částice. K extrémním odtokům a transportu půdních částic vodní erozí dochází i v období jarního tání sněhové pokrývky. Velké množství vody obsažené ve sněhové pokrývce se při rychlém tání nestačí vsáknout do země, neboť půda je po zimě promrzlá a dochází tak k povrchovému odtoku.

Lze tedy říci, že mezi teoretické podklady pro určení transportu erozí pro návrhovou srážku můžeme zařadit i zdánlivě zanedbatelné faktory, jako například půdní vlhkost. Mezi ty hlavní faktory řadíme opakování extrémních úhrnů, vlastnosti půdy, tvar a velikost povodí či svahu, reliéf krajiny, uspořádání prvků v krajině a v neposlední řadě i činnost člověka.

## 8 Literatura :

- 1) Bennet, H. H.: Elements of soil Conservation. McGraw – Hill, New York – Toronto – London. 1955.
- 2) Cáblík, J., Jůva, K.: Protierozní ochrana půdy. Státní zemědělské nakladatelství. Praha, 1963. 324 s.
- 3) Červený, J. a kol.: Podnebí a vodní režim ČSSR. Státní zemědělské nakladatelství. Praha, 1984. 416 s.
- 4) Dub, O., Němec, J.: Hydrologie. SNTL. Praha, 1969. 378 s.
- 5) European Water Charter. Council of Europe. Resolution (67) 10. Strassburg, 1967.
- 6) Havlíček, V. a kol.: Agrometeorologie. Státní zemědělské nakladatelství. Praha, 1986. 258 s.
- 7) Hynie, O.: Hydrogeologie ČSSR I, Prosté vody. ČSAV. Praha, 1961. 562 s.
- 8) Holý, M. a kol.: Protierozní ochrana. SNTL. Praha, 1978. 283 s.
- 9) Holý, M. a kol.: Odvodňovací stavby. SNTL/ ALFA. Praha, 1984. 467 s.
- 10) Holý, M.: Eroze a životní prostředí. České vysoké učení technické. Praha, 1994. 383 s.
- 11) Holý, M., Váška, J.: Vztah mezi povrchovým odtokem a půdním smyvem při vodní erozi. Mezinárodní symposium o vodní erozi. ICID Praha. 1970.
- 12) Hrádek, F., Kuřík, P.: Maximální odtok z povodí. Česká zemědělská univerzita. Praha, 2001. 44 s.

- 13) Jandora, J., Stara, V., Starý, M.: *Hydraulika a Hydrologie*. Akademické nakladatelství CERM. Brno, 2002. 186 s.
- 14) Janeček, M.: *Vliv eroze půdy na znečištění povrchových vod*. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Praha, 1978. 72 s.
- 15) Janeček, M. a kol.: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Praha, 1992. 110 s.
- 16) Janeček, M. a kol.: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Praha, 2007. 76 s.
- 17) Jůva, K.: *Odvodňování půdy*. Praha, 1957. 526 s.
- 18) Jůva, K., Hrabal, A., Tlapák, V.: *Ochrana půdy, vegetace, vod a ovzduší*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha, 1977. 180 s.
- 19) Kešner, B.: *Agrometeorologie*. Vysoká škola zemědělská. Praha, 1977. 272 s.
- 20) Kemel, M.: *Hydrologie*. České vysoké učení technické. Praha, 1991. 222 s.
- 21) Kemel, M.: *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. České vysoké učení technické. Praha, 1996. 289 s.
- 22) Kodym, O.: *Regionální geologie ČSSR – Atlas map 1:1000000*. Ústřední ústav geologický. Praha, 1967. 15 s.
- 23) Krešl, J.: *Lesnické meliorace*. Státní pedagogické nakladatelství. Praha, 1990. 226 s.
- 24) Krešl, J.: *Hydrologie*. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita. Brno, 2001. 128 s.
- 25) Mitscherlich, G.: *Wald, Wachstum und Umwelt*. Frankfurt a. M., 1971. 362 s.



- 26) Pasák, V. a kol.: Ochrana půdy před erozí. Státní zemědělské nakladatelství. Praha, 1984. 164 s.
- 27) Podhrázská, J. a kol.: Návrh a hodnocení účinnosti systému komplexních opatření v pozemkových úpravách pro snížení škodlivých účinků povrchového odtoku. Ministerstvo zemědělství ČR (VÚMOP v.v.i.). Praha, 2009. 96 s.
- 28) Podnebí ČSSR – tabulky. Hydrometeorologický ústav. Praha, 1961. 379 s.
- 29) Šilar, J. a kol.: Všeobecná hydrogeologie. Státní pedagogické nakladatelství. Praha, 1983. 177 s.
- 30) Šilar, J.: Hydrologie v životním prostředí. Ministerstvo životního prostředí. Praha, 1996. 136 s.
- 31) Tlapák, V., Šálek, J., Legát, V.: Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s MŽP ČR. Praha, 1992. 318 s.
- 32) Velikanov, A. M.: Hidrologia suši. Leningrad, 1964

## 9 Přílohy

Příloha č. 1

Srážkové úhrny Byňov za rok 2010

		01	02	03	04	05	06
		C2BYNOO 1	C2BYNOO 1	C2BYNOO 1	C2BYNOO 1	C2BYNOO 1	C2BYNOO 1
		SRA	SRA	SRA	SRA	SRA	SRA
		07:00	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00
2010							
2010	Val01	4	0	0	11,2	0,7	0,9
2010	Val02	0,9	0,1	3,1	0	3	29,1
2010	Val03	1	5,1	0	0	0,3	5,6
2010	Val04	0	0	0	21,3	5,6	0,1
2010	Val05	0	0	0	0	2,6	0
2010	Val06	0	0	2	0	0,6	0,2
2010	Val07	0,1	0	0,3	0	0	0
2010	Val08	7,3	0,1	0,7	0	0	0,4
2010	Val09	12	0	0	0	0,1	0
2010	Val10	5,2	7,7	2,1	0,5	0	0
2010	Val11	1,8	6,1	6,1	3,5	0,1	0
2010	Val12	0	0,6	1,3	12,2	0,2	3,7
2010	Val13	0	0,1	1,2	4	36,9	13,5
2010	Val14	0	0	4,8	2,4	2,6	0,1
2010	Val15	0	0	3,3	5	1	0
2010	Val16	0	0	3,1	0	0	13,9
2010	Val17	10,2	0	0	0	0	0
2010	Val18	1	0	0	0	0	6,6
2010	Val19	0	3	0	0	3,6	1,5
2010	Val20	0	0	1,4	0,1	0,1	1,3
2010	Val21	0,9	0	1,1	0	6,7	1,2
2010	Val22	0	0	0	0	0,1	0
2010	Val23	0	0,3	0	0	0	0
2010	Val24	0	0	0	0	7,8	0
2010	Val25	5,7	0	0	0	19,7	11
2010	Val26	0,8	2,4	0,2	0,4	3,2	0,4
2010	Val27	2,7	0	3,2	0	0,4	0
2010	Val28	0,9	4,7	0,2	0	0	0
2010	Val29	0		0	0	0,1	0
2010	Val30	0,3		0,4	8,9	6	0
2010	Val31	0,3		2,5		2,2	
	Celkem	55,1	30,2	37	69,5	103,6	89,5

		07	08	09	10	11	12
		C2BYNO01	C2BYNO01	C2BYNO01	C2BYNO01	C2BYNO01	C2BYNO01
		SRA	SRA	SRA	SRA	SRA	SRA
		07:00	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00
2010							
2010	Val1	0	0	1,4	0	0	6,2
2010	Val2	0	20,7	0	0	0	0,6
2010	Val3	0	8,1	0	0	0	2
2010	Val4	1,8	0	0	0,3	0	0
2010	Val5	1,7	1,2	0	0,2	0	0
2010	Val6	5,7	1,3	0	0	0,6	0,8
2010	Val7	0	36,3	1,8	0	0	0,4
2010	Val8	0	0,1	8	0	2,2	0,4
2010	Val9	0	1,9	0	0	0	0
2010	Val10	0	0	0	0	0	1,6
2010	Val11	0	2,8	0	0	0,4	1,5
2010	Val12	0	4,7	0	0	0,4	4,4
2010	Val13	0	4,1	6,9	0	0	0,1
2010	Val14	1,1	0	1,2	0	0	2,8
2010	Val15	0,7	0	0,1	0	0	4,8
2010	Val16	0	0,3	0	0,6	3,5	0,1
2010	Val17	56,5	1,5	0	4	1,4	0
2010	Val18	0,2	0,7	0	0	0,2	0
2010	Val19	0,1	0	0	0	4,5	0,1
2010	Val20	0,1	0	0	2,4	0	1,6
2010	Val21	0	0	0	0	4,2	0
2010	Val22	1,9	0	0	0	0,1	0
2010	Val23	19,5	8,5	0	0	0,3	0
2010	Val24	10,2	2,2	0,2	9,9	0,7	2,2
2010	Val25	0,8	0	18,4	0,1	0	1,2
2010	Val26	0	3,2	3,7	0	0,7	0
2010	Val27	2	8,8	0,2	0	0,3	0
2010	Val28	0,3	0,1	12,7	0	5	0
2010	Val29	2,2	1,4	0,2	0	4,7	0
2010	Val30	4	2,6	0	0	0,3	0
2010	Val31	0	0,8		0		0
	Celkem	108,8	111,3	54,8	17,5	29,5	30,8

## Příloha č. 2

## Průměrná čísla odtokových křivek – CN pro IPS

Využití půdy	Způsob obdělávání	Hydrologické podmínky	Čísla odtokových křivek – CN podle hydrologických skupin půd			
			A	B	C	D
Úhor	Čerstvě zkyplený		77	86	91	94
	Pz	Šp	76	85	90	93
	Pz	Dp	74	83	88	90
Širokořádkové plodiny (okopaniny)	Př	Šp	72	81	88	91
	Př	Db	67	78	85	89
	Př + Pz	Šp	71	80	87	90
	Př + Pz	Db	64	75	82	85
	Vř	Šp	70	79	84	88
	Vř	Db	65	75	82	86
	Vř + Pz	Šp	69	78	83	87
	Vř + Pz	Dp	64	74	81	85
	Vř + Pr	Sp	66	74	80	82
	Vř + Pr	Db	62	71	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	65	73	79	81
	Vř + Pr + Pz	Db	61	70	77	80
Úzkořádkové plodiny (obilniny)	Př	Šp	65	76	84	88
	Př	Db	63	75	83	87
	Př + Pz	Šp	64	75	83	86
	Př + Pz	Db	60	72	80	84
	Vř	Šp	63	74	82	85
	Vř	Db	61	73	81	84
	Vř + Pz	Šp	62	73	81	84
	Vř + Pz	Db	60	72	80	83
	Vř + Pr	Sp	61	72	79	82
	Vř + Pr	Db	59	70	78	81
	Vř + Pr + Pz	Šp	60	71	78	81
	Vř + Pr + Pz	Db	58	69	77	80
Víceleté	Př	Šp	66	77	85	89

pícniny, luštěniny	Př	Db	58	72	81	85
	Vř	Šp	64	75	83	85
	Vř	Db	55	69	78	83
	Vř + Pz	Šp	63	73	80	83
	Vř + Pz	Db	51	67	76	80
Pastviny s pokryvem	< 50 %	-	68	79	86	89
	50 – 75 %	-	49	69	79	84
	> 75 %	-	39	61	74	80
Louky	Sklizené	-	30	58	71	78
Křoviny s pokryvem	< 50 %	-	48	67	77	83
	50 – 75 %	-	35	56	70	77
	> 75 %	-	30	48	65	73
Sady se zatravněným mezičasím		Šp	57	73	82	
		Stř.	43	65	76	82
		Db	32	58	72	79
Lesy		Šp	45	66	77	83
		Stř.	36	60	73	79
		Db	30	55	70	77
Zemědělské dvory		-	59	74	82	86
Komunikace s příkopy	Dlážděné, živičné,		83	89	92	93
	makadamové, šterkové,		76	85	89	91
	nezpevněné, hliněné		72	82	87	89
Nepropustné plochy			98	98	98	98

Pozn.:

Pz – posklizňové zbytky nejméně na 5 % povrchu po celý rok

Př – přímé řádky vedené bez ohledu na sklon pozemku, tedy i po spádnicí

Vř – vrstevnicové řádky vedené přesně ve směru vrstevnic – konturově

Pr – pásově pěstované plodiny a příčně průlehované pozemky

Šp – špatné hydrologické podmínky omezující infiltraci vody do půdy a zvyšující odtok

Dp – dobré hydrologické podmínky zvyšující infiltraci a snižující odtok

Stř – střední hydrologické podmínky (Janeček a kol., 1992)

## Příloha č. 3

HPJ (2. a 3. číslo kódu BPEJ)	Hydrologická půdní skupina	HPJ (2. a 3. číslo kódu BPEJ)	Hydrologická půdní skupina
1	B	40	B
2	B	41	B
3	C	42	B
4	A	43	B
5	A	44	C
6	C	45	C
7	D	46	C
8	B	47	C
9	B	48	C
10	B	49	D
11	B	50	C
12	B	51	C
13	B	52	C
14	B	53	D
15	B	54	D
16	B	55	A
17	A	56	B
18	B	57	C
19	B	58	C
20	D	59	D
21	A	60	B
22	B	61	D
23	C	62	C
24	B	63	D
25	B	64	C
26	B	65	C
27	B	66	D
28	B	67	D

29	B	68	D
30	B	69	D
31	A	70	D
32	A	71	D
33	B	72	D
34	B	73	D
35	B	74	D
36	B	75	C
37	B	76	D
38	B	77	C
39	C	78	C
40	B		

(Janeček a kol., 2007)