

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra pedologie a ochrany půd**



**Sledování sezónní variability v sedimentaci erozního  
materiálu v oblasti hnědozemí**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Jana Zemanová**

**Vedoucí práce: RNDr. Tereza Zádorová, Ph.D.**

© 2014 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Sledování sezónní variability v sedimentaci erozního materiálu v oblasti hnědozemí" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 11.dubna 2014

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala RNDr. Tereze Zádorové, Ph.D. a Ing. Vítu Penížkovi, Ph.D. za vedení práce a rady, které mi při psaní práce poskytli.

# Sledování sezónní variability v sedimentaci erozního materiálu v oblasti hnědozemí

---

## Seasonal variability in sedimentation of erosional material in Luvisols region

### Souhrn

Vzhledem ke zvyšujícím se negativním dopadům eroze na zemědělskou půdu, je třeba tento problém začít účinně řešit. Tato práce se snaží zaměřit na jeden z aspektů vodní eroze - její sezonnost. Zjistilo se totiž, že v určitých ročních chodech s určitými podmínkami jsou úhrny eroze větší nebo naopak menší. Vodní eroze se největším procentem podílí na erozi jako celkové.

První část bakalářské práce je zaměřena na shrnutí současných poznatků o vodní erozi a jejích potencionálních dopadů, dále se snaží objasnit sezonnost v rámci ročního chodu srážek daného změnou vlivu faktorů USLE.

Doplňková praktická část práce přináší samotný pokus, kdy je tematicky vytipován pozemek s výskytem hnědozemě na spraši, která patří do skupiny nejvíce ohrožených půd, a na něm založen tyčový systém pro monitoring změny povrchu pozemku z důvodu odnosu/sedimentace materiálu v rámci jedné pěstební sezóny. V průběhu pokusu byl pozemek průběžně monitorován, převážně po významných srážkových událostech a byla sledována dynamika změn eroze na daném pozemku. Ve finální fázi byl pokus o odečet hodnot na tyčovém systému a popis úskalí aplikace vybrané metodiky měření eroze. V diskuzi je snaha o porovnání výsledků pokusu s informacemi zjištěnými při literární rešerši.

**Klíčová slova:** eroze, sezonnost, variabilita, vodní eroze

## **Summary**

This bachelor theses aims to describe one of many soil erosion aspects – seasonal variability of soil erosion. Many studies showed high seasonal variability of erosional rates due to change of soil erosion factor such vegetation or climate. Water erosion is the main form of soil erosion.

First part of the bachelor theses focuses on literature review of up-to-date information about soil erosion and its potential influence on soil cover. Moreover seasonal variability of USLE factors is described

Second, additional, part of the bachelor theses consists of field study description. The field study was set on agriculture field with Haplic Luvisol developed on loess that represents highly vulnerable soil to water erosion. Method based on pin point measurement is described. Monitoring of the erosion (sedimentation) within the study plot was observed for one grow season. More than 20 pints were established on the plot and decrease (or increase) of surface level measured by the pints were observed and recorded after every higher rain event. As a result, assessment of the erosion extent was described. Problems with the trial establishment and operation were discussed. Obtained results are compared and discuss with literature review.

**Keywords:** erosion, seasonality, variability, water erosion

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>Úvod do problematiky.....</b>	<b>8</b>
3.1.1	Eroze .....	8
3.1.2	Eroze a její vliv na půdu .....	9
<b>3.2</b>	<b>Rozdělení eroze.....</b>	<b>10</b>
3.2.1	Vodní eroze .....	10
3.2.2	Eroze orbou.....	13
<b>3.3</b>	<b>Erodibilita .....</b>	<b>14</b>
3.3.1	Faktor erozní účinnosti deště R .....	15
3.3.2	Erodovatelnost půdy K.....	18
3.3.3	Faktor délky svahu L .....	21
3.3.4	Faktor sklonu svahu S .....	21
3.3.5	Faktor ochranného vlivu vegetace C .....	23
3.3.6	Faktor účinnosti protierozních opatření P .....	25
<b>4</b>	<b>Sezonní variabilita eroze .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Vliv srážek.....</b>	<b>26</b>
4.1.1	Sezónnost intenzity srážek.....	26
<b>4.2</b>	<b>Změna/rozvoj vegetačního krytu .....</b>	<b>29</b>
<b>4.3</b>	<b>Změna půdních vlastností.....</b>	<b>31</b>
<b>4.4</b>	<b>Možnosti sledování sezónní variability eroze .....</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>Charakteristika území.....</b>	<b>33</b>
5.1.1	Geologie území .....	34
5.1.2	Půdní pokryv .....	35
5.1.3	Klima .....	36
<b>5.2</b>	<b>Materiál a metody.....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>Seznam literatury.....</b>	<b>44</b>
<b>10</b>	<b>Přílohy:.....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

O problematice eroze půd byly napsány stovky textů, publikací i poznatků. Taktéž, co se týče jejího možného řešení. Byly zavedeny směrnice, nařízení i zákony. Pro připomenutí bych zmínila například „Podmínky GAEC“ vydané Ministerstvem zemědělství. Eroze půd však stále ve velkém měřítku devastuje úrodnou půdu. Z části je eroze půd způsobena antropologickou činností, dále pak přírodními jevy jako je např. déšť, vítr. Způsobuje odnos kvalitní zemědělské půdy, zanášení koryt řek, rozrušování zemského povrchu.

V České republice je vodní erozí potenciálně ohroženo téměř 50 % z 4 230 tisíc hektarů zemědělské půdy. Až 390 tun z jednoho hektaru půdy může být smyto v průběhu jednoho roku následkem vodní eroze. Z tohoto důvodu jsou stále více podporovány výzkumy v oblasti vzniku, průběhu a důsledků eroze. Jejich cílem je zjistit důvody a příčiny vzniku, spouštěče.

Dále si klade za cíl určit nejvíce ohrožené půdy, nej(ne)vhodnější rostlinný pokryv, vhodnou pěstební politiku, umístění zemědělských pozemků, orební postupy.

I vzhledem k náročnosti vyhledání všech možných ohrožených oblastí, jsou pokusy prováděny také v laboratořích, na pokusných polích speciálně vytvořených pro sledování postupů eroze a následně přímo na aktivně využívaných zemědělských pozemcích.

Jedním ze zkoumaných faktorů je sezonnost a variabilita. Sezónnost by se dala v této oblasti charakterizovat jako opakování určitých jevů a variabilita naopak vychýlení od normálu.

Přestože je vhodné sledovat sezonní variabilitu v časovém úhrnu více let, pokusíme se vysledovat některé trendy časové variability eroze v průběhu vegetační sezony, tedy duben až září.

## 2 Cíl práce

Práce si klade dva cíle. Shrnutí dosavadních poznatků o problematice sezonní variability eroze na základě studia literárních zdrojů. Doplňkově pak vyhodnocení erozních jevů v rámci jedné sezóny na vybrané lokalitě charakteristické zvýšenou erodibilitou půd vyvinutých na spraši. Bude využito dostupných zdrojů informací v textové i mapové podobě a pokusíme se z dostupných zdrojů a výsledku výzkumu popsat sezonní stav dané problematiky.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Úvod do problematiky

#### 3.1.1 Eroze

Zachar (1982) uvádí, že slovo eroze je latinského původu odvozené od kořene slova *rodere*, což znamená hlodat, vytvářet na povrchu duté tvary. Eroze je pak popsána celou řadou různých definicí, které se mohou částečně lišit s ohledem na vědní podobor, který na danou problematiku nahlíží. To lze vysledovat z následujících definicí:

V geologickém slovníku se definuje eroze jako odstraňování částí zemského povrchu proudem tekoucí vody, vlnami, ledem, sněhem, větrem. (Svoboda, 1983)

Výklad eroze v geomorfologii a geografii je podobné jako v geologii.

V Encyklopedii Země lze nalézt, že eroze je geomorfologický proces odstraňující části zemského povrchu působením exogenních činitelů, mezi něž řadíme tekoucí vodu, proudy v mořích, vítr, pohyb ledovců. (Činčura, 1985)

Whittow (1984) ve své publikaci tvrdí, že eroze zahrnuje takové procesy, které odstraňují povrch krajiny mechanickým působením pevných částic odnášených různými činiteli, jako jsou ledovce, vítr, řeky, mořské vlny a proudy.

Erozní činitelé samy od sebe nejsou schopny výrazné erozní činnosti a na zemský povrch nemají velký vliv. Erozní procesy je třeba rozlišovat od procesů zvětrávání, při kterých nedochází k pohybu materiálu. Někteří autoři sesuvy do eroze zahrnují někteří ne.

„Eroze půdy je rozrušování půdy činností vody, větru, ledu atd. a její přemístování do jiných míst, kde dochází k akumulaci půdních částic. V závislosti na podmínkách se projevuje buď samostatně, nebo v kombinaci s jinými faktory“ (Šarapatka a kol., 2002).



V Encyklopedii půdoznaectví Fairbridge and Finkl (1979) pod pojmem eroze popisují „zrychlený odnos půdy způsobený antropogenními aktivitami, převážně zemědělstvím, rozvojem urbanismu a infrastruktury“. Tento výrok se svým obsahem radikálně liší od předchozích.

V publikaci Výskumného ústavu pôdoznaectva a ochrany pôdy v Bratislavě definují erozi jako proces způsobující odnos horninového materiálu půdy, na nějž navazují změny tvaru zemského povrchu. Jelikož podněty eroze spolu většinou vzájemně korelují, stávají se předmětem zájmu mnoha přírodních věd. Problém může nastat v různém chápání a nejasnostech v terminologii, neboť při výzkumu se uplatňuje více hledisek (Fulajtár a Jánský, 2001).

Půdní eroze je do značné míry přirozený proces, má pozvolný průběh a většinou nepůsobí patrné škody. Při hospodaření na půdě je žádoucí aby nedošlo k větším ztrátám půdy, než kolik ji na daném místě vznikne. V dosavadních podmínkách intenzivního zemědělství se eroze podstatně zrychluje. Dochází k tomu v důsledku scelování pozemků do velkých územních celků, pěstování monokultur či nerespektování svažitosti a sklonu pozemků. Důsledkem bývá degradace půdy a znečištění vod (Kouřil, 2009).

Z agronomického hlediska eroze způsobuje fyzikálně-chemickou a biologickou degradaci půdy, ztrátu živin, narušení mikrobiálního života až k ničení plodin (Šarapatka a kol. 2002).

### 3.1.2 Eroze a její vliv na půdu

Na území ČR je přibližně 31 % orné půdy ohroženo vodní erozí a 9 % větrnou.

Při působení eroze dochází nejdříve ke ztrátě nejjemnějších a nejlehčích půdních částic. Následkem erozních procesů dochází ke změně struktury, půdní textury a v neposlední řadě snížení vodní kapacity půdy.

Mizí organická složka půdy, tím se snižuje schopnost půdy vázat živiny, upravovat pH a snižuje se sorpční kapacita. V důsledku má výše uvedené vliv na znečištění vodních zdrojů, zhoršení v kvalitě pitné vody splachem zeminy, hnojiv a pesticidů.

Působení plošné eroze způsobilo změnu zrnitostního složení půdy směrem po svahu. Ve vrchních částech svahů se vyskytuje hrubozrnější materiál, ve spodních je převaha jemnozrného. Výsledkem je nerovnoměrné rozložení vlhkosti po svahu – dochází k rychlejšímu vysychání horní části jemnozrného materiálu než ve spodních částech svahů.

Negativní příklad eroze si můžeme připomenout při jarním tání sněhu nebo po přívalových deštích, kdy je půda splavována na komunikace nebo do obydlených údolí. Neměli bychom opomenout i ekonomický dopad eroze, neboť při znehodnocení půdy zemědělci přicházejí až o miliardy korun. (Kouřil, 2009).

## 3.2 Rozdělení eroze

Zakladatel erodologie jako odvětví půdoznalectví H.H. Bennett (1931) rozdělil erozi na geologickou (přírozenou) a erozi urychlenou. Erozi urychlenou dále rozděluje na přírozeně urychlenou – suchem, lavinami, chorobami rostlin, škůdci apod., a člověkem urychlenou (antropologickou). Tato teorie je sice logická avšak není možné vždy rozlišit přesnou míru vlivu člověka a přírodních vlivů.

### 3.2.1 Vodní eroze

Definici vodní eroze popisují autoři Fairbridge a Finkl (1979) „Vodní eroze je uvolňování a transport půdních částic deštěm a povrchovou tekoucí vodou“.

Na celém světě je 56 % půd z celkových 2 miliard hektarů degradováno vodní erozí. V měřítku Evropské unie vodní eroze ohrožuje 26 miliónů hektarů půdy. Zaměříme-li se na Českou republiku, je ohroženo 42 % orných půd (Hauptman a kol., 2009)

#### 3.2.1.1 Faktory vodní eroze

Jako hlavní faktory vodní eroze Ilavská a kol. (2005) uvádějí:

- a) Klimatické a hydrologické – nadmořská výška, teplota, intenzita srážek, zeměpisná poloha
- b) Morfologické – tvar a délka svahu, sklon, expozice
- c) Vegetační – vegetační kryt, jeho délka a hustota
- d) Využívání půdy – technologie, plodiny

### 3.2.1.2 Problémy vodní eroze

Jedním z problémů vodní eroze je splach půdních částic do vodních toků.

Předpoklad je až 10-100 m<sup>3</sup> na km<sup>2</sup> povodí. Dále je třeba zmínit odnos organické hmoty, kdy například při pokusu Fulajtára a Jánského (2001) dosáhl až 390 kg z hektaru při výzkumu v porostu slunečnice.

Nežádoucí aspekt, který nelze opomenout jsou ekonomické ztráty, při ztrátě 15 cm půdního profilu, se dle Stallinga (1964) sníží zemědělské výnosy z půdy až o 30 %.

Vodní eroze působí mechanickou silou povrchové vody či v důsledku kinetické energie dešťových kapek (Šarapatka a kol., 2002).

Kapka při dopadu na povrch rozbije půdní částice spojené v agregátech, tyto se odmrští do okolí a dopadají zpět na půdu. V případě, že se jedná o svažité terén, však více částic dopadá směrem dolů, než do horní části svahu. Dle úvahy Fulajtára a Jánského (2001) nemá tento proces v měřítku půdní eroze zase takový význam, neboť ztráty způsobené tímto procesem jsou téměř neznatelné, což nekorresponduje s názorem Šarapatky a kol. (2002).

### 3.2.1.3 Rozdělení dešťové eroze

Dešťovou erozi můžeme rozdělit do dvou fází – eroze **plošná** a eroze **lineární**.

Podle vlivu na půdu dělíme mechanickou sílu vody na plošnou a liniiovou, kde následná intenzita způsobuje buď rýhovou, nebo výmolvou erozi (Šarapatka a kol., 2002). Jako okrajovou bych zmínila erozi stržovou.

#### **Plošná eroze**

Ronová (odtoková) eroze je způsobena odtokem vody, která se neinfiltuje do půdy. Činitelem je v tomto případě mechanická síla tekoucí vody.

Plošná eroze má za příčinu srážkovou vodu stékající po svahu plošně. Často působí selektivně a to, že odnáší jemnější částice půdy. Z půdy se ztrácí jíl a humus (Fulajtár a Jánský, 2001).

## **Liniová eroze**

Vzniká po intenzivních deštích nebo po jarním tání sněhu. Liniovou erozi můžeme rozdělit na *rýhovou* a *výmolovou*. Stanovení meze, kdy se ještě jedná o rýhovou nebo již o výmolovou erozi je různé. Obvykle je výmol charakterizován hloubkou nebo šířkou > 30 cm.

### Rýhová eroze

Tvoří stružky nebo dle názvu rýhy. Tyto rýhy jsou menšího charakteru a při obhospodařování půd se rychle zakryjí půdou například při pluhování, tvoří se tedy převážně sezónně. Avšak jedná se o nejvýznamnější druh eroze vyskytující se v našich podmínkách. Působí na velké plochy a i přes svou „nepatrnost“ má za následek odnos největšího množství materiálu.

Rýhové eroze jsme si povšimli i při našem výzkumu a její vzorky jsou k nahlédnutí v příloze.

### Výmolová eroze

V případě výmolvé eroze se tvoří hluboké struhy, které běžnou orební činností nevyřeší. Dosahují až metrových šířek a délky přes několik kilometrů. Charakteristické jsou pro ni nepravidelnosti koryta, stupňovitost profilu a často větší hloubka než šířka.

### Stržová eroze

Jedná se o nejpokročilejší stádium eroze, tvoří se na výmoly rozčleněných svazích, které jsou podemílány, rozšiřovány a postupně spojovány až dojde ke kompletnímu zdevastování území (Fulajtár a Jánský, 2001).

#### 3.2.1.4 Intenzita vodní eroze

Intenzita vodní eroze je závislá na přívalových srážkách, konkrétně na množství a době trvání, na sklonu a délce svahu, topografii a v neposlední řadě na vlastnostech půdy. (Šarapatka a kol., 2002).

Vyjadřuje se jako odnos půdy z určité plochy za určité časové období. V plošné erozi se převážně určuje v hmotnostních jednotkách (kilogramy, tony...) popřípadě v objemových ( $m^3$ ) na jednotku plochy ( $m^2$ , hektary) při nárazové erozi, která vzniká po přívalových deštích. Intenzitu plošné eroze můžeme nejlépe sledovat na výšce splaveného půdního celku.

Pro statistické informace se hmotnost vztahuje k časové jednotce, nejčastěji k období jednoho roku, respektive měsíce, sezóny. V případě rýhové eroze, intenzitu sledujeme na délce a hustotě rýh ( $\text{km}/\text{km}^2$ ,  $\text{m}/\text{ha}$  apod.) (Ilavská a kol., 2005).

Tento postup jsme aplikovali při níže uvedené vědecké práci.

### 3.2.1.5 Vliv intenzity deště na erozi

Při větší intenzitě deště se povrchově stékající voda soustřeďuje do rýh. Rýhy se následkem tohoto postupně prohlubují. Při opakování dešťů s větší intenzitou se zvyšuje i vymílací schopnost vody, z rýh se vytváří výmoly a strže. (Šarapatka a kol., 2002).

V publikaci Kašpárka a Krejčové (1993) došli při svém výzkumu k výsledku, že deště trvající kratší dobu jsou intenzivnější avšak ne vydatnější na množství spadlé vody, naopak deště trvající delší období mají větší velikost kapek, větší množství vody celkově.

Pro vznik povodní mají mimořádný význam deště extrémních intenzit, ty se vyskytují zejména v přivalových deštích a lijácích. Tyto se vyznačují krátkou dobou trvání, velkou intenzitou a malým plošným rozsahem (Matoušek, 2010).

Jak uvádí Janeček, k největší produkci erozního úhrnu dochází při průměrných hodnotách srážek, maxima se dosahuje pod vegetací při průměrných ročních srážkách 250 - 300 mm. (Janeček, 2008)

### 3.2.2 Eroze orbou

V článku Ing. Šárky Vondráškové (2008) se uvádí, že klasická orba významně ovlivňuje a napomáhá při vzniku výmolové eroze na rozdíl od oblastí, kde se aplikuje bezorebná technologie. Výmolová vodní eroze je celkem běžnou součástí zemědělských pozemků, orbou se mohou na čas zakrýt nebo odstranit její projevy, ale není to dlouhodobé řešení. Kanály, rýhy a výmoly se často po vydatných srážkách vytvoří znova a uzavírá se tak cyklus tvorby výmolové eroze.

V Oxfordském zemědělsko-výzkumném centru vytvořili model, jejímž účelem bylo vyhodnotit vliv orby na výmolovou erozi. Zahrnuty do něj byly srážkové události a střídání orebné a bezorebné technologie. Z výsledků vyplývá, že klasická orba má významný dopad na vznik výmolové eroze na zemědělských pozemcích a to skoro o 460 % v komparaci s bezorebnou technologií.

Avšak i orbou se dá eliminovat, nebo alespoň předcházet negativním erozním dopadům. A to například orbou po vrstevnicích oboustrannými otočnými pluhu, které překlápějí půdu proti svahu. Tento otočný pluh zadrží až 10 tun ornice na hektar, na rozdíl od záhonového pluhu, který posunuje půdu po svahu. (Janeček, 2008)

### 3.3 Erodibilita

Proces vodní eroze zajišťují dva faktory: erozní činitelé a erodovatelnost půdy. Tyto mohou být jak destruktivní, kdy po dopadu dešťových kapek jsou částice půdy vystřelovány pryč ze svého původního umístění a tím vytrženy z nějakého soudržného komplexu nebo zhutňující, kdy se na povrchu půdy vytváří tzv. škraloup z jílových částic, které následně ucpávají póry a tak snižuje infiltrační schopnost půdy až o 90 %. „Povrchový odtok vzniká v okamžiku, kdy intenzita deště překročí vsakovací schopnost půdy“. (Janeček, 2008).

Pro zajímavost bych ráda uvedla rovnici, která zatím nejdokonaleji popisuje účinek všech působících faktorů ovlivňující erozi. Jedná se o tzv. univerzální rovnici pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí z pozemků dle Wischmeiera a Smithe (1978)

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

kde:

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

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

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

L – faktor délky svahu – vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu a na velikosti 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

Tato rovnice se dá použít pouze v dlouhodobějším pozorování a to v intervalu delším než jeden rok.

Pokus, který je popsán v další části této práce se odehrával ve vegetačním období od dubna do září jednoho roku, proto pro nás v tuto chvíli nemůže být rovnice použita, avšak následující faktory, by při výpočtech sezonního úhrnu mohli hrát roli.

### 3.3.1 Faktor erozní účinnosti deště R

Dlouhodobým pozorováním bylo zjištěno, že významné erozní události jsou spojeny s přivalovými dešti s určitou intenzitou.

Roční hodnota se vypočítává z dlouhodobých záznamů o srážkách a znázorňuje součet erozní účinnosti jednotlivých přivalových dešťů, které v daném roce proběhly, nezahrnují se úhrny pod 12,5 mm

**Tabulka 1. Průměrné rozdělení faktoru R do měsíců vegetačního období v ČR (Janeček,2008)**

Měsíc	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
% faktoru R	0,5	10	23	32	27	7	0,5

Z tabulky je zřejmé, že v období červen – srpen se odehraje 80 % erozně podstatných dešťů.

V tomto faktoru je vyjádřena intenzita, úhrn a četnost výskytu a v neposlední řadě kinetická energie přívalových srážek.

W.H.Wischmeier a D.D.Smith (1978) definovali tento faktor jako součin kinetické energie deště

(E) a jeho maximální třicetiminutové intenzity ( $i_{30}$ ).

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

kde : R - faktor erozní účinnosti deště [MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>]

E - celková kinetická energie deště [J.m<sup>-2</sup>]

$i_{30}$  - maximální 30 minutová intenzita deště [cm.h<sup>-1</sup>]

Celková kinetická energie deště

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

$$i=1$$

kde : n - počet úseků deště

$E_i$  - kinetická energie i-tého úseku deště

$$E_i = (206 + 87 \log i_{si}) \cdot H_{si}$$

$i_{si}$  - intenzita deště i-tého úseku [cm.h<sup>-1</sup>]

$H_{si}$  - úhrn deště v i-tém úseku [cm]

Vyhodnocují se pouze deště, u nichž se předpokládá odtok vody po povrchu pozemku - tj. izolované deště (přestávka mezi po sobě následujícími srážkami je delší než 6 hodin) s vydatností větší než 12,5 mm a srážky s vydatností menší než 12,5 mm - pokud v průběhu 15 minut naprší alespoň 6 mm (mají intenzitu větší než 24 mm.h<sup>-1</sup>).

V případě, že doba trvání hodnoceného deště je menší než 30 min., za  $i_{30}$  se dosadí hodnota  $2H_s$ .

Pokud po sobě následují deště, jejichž dílčí úhrny jsou menší než 12,5 mm, ale jsou od sebe odděleny dobou kratší než 6 hodin a jejich celkový úhrn přesáhne hodnotu 12,5 mm nebo je splněna podmínka  $i_{30}$ , dešťový faktor se počítá jako by se jednalo o déšť složený z oddílů.

Průměrná roční hodnota faktoru R se určuje z maximálních ročních hodnot tohoto faktoru, dále je možno hodnoty faktoru R vypočítaných pro jednotlivé deště statisticky zpracovat a mimo jiné i určit rozdělení erozivních srážek v průběhu roku.

Reprezentativní údaje průměrné roční hodnoty faktoru R dávají podklady za období alespoň 50 let.



Pokud nelze z podkladů ČHMÚ stanovit hodnotu R v dané lokalitě, je možno použít údaje uvedené níže v tabulce rozdělení průměrné roční hodnoty R faktoru do jednotlivých měsíců v ČR (hodnoty R určené z období kratšího než 20 let používat jako orientační).

Srážkové faktory užívané dosud u nás, nebyly vždy určovány stejnou metodou a v některých případech byly určovány z krátké časové řady.

Průměrná hodnota R faktoru vypočítaná pro české kraje je 20. Výpočet této průměrné hodnoty byl proveden ze záznamů 3 stanic ČHMÚ (Klementinum, Bílá Třemešná a Tábor).

**Tabulka 2. Rozdělení průměrné roční hodnoty R faktoru do jednotlivých měsíců (Janeček, 2008)**

Oblast/měsíce	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Střední Čechy	0,005	0,070	0,268	0,322	0,311	0,020	0,004
Jižní Čechy	0,005	0,091	0,295	0,325	0,253	0,031	-
Jižní Morava	-	0,090	0,310	0,320	0,240	0,40	-

Průměrná roční hodnota faktoru R v České republice je v podstatě hodnotou faktoru R za vegetační období. Protože erozně významné přívalové deště, při nichž dochází k povrchovému odtoku, se v našich podmínkách vyskytují v průběhu vegetačního období, přičemž podstatná část jich je (jak vyplývá z výše uvedené tabulky) v době od června do srpna. Universální rovnice neuvažuje erozi vzniklou v důsledku jarního tání sněhu. (Kubátová, 2001)

Evrard ve svém simulačním pokusu pracoval s dešťovými událostmi o intenzitě 60 mm /30 minut. Tento pokus byl prováděn na Belgických sprašových pásech, co se týče oblasti ČR, nepředpokládáme tak častý výskyt deště takovéto intenzity. Jako měsíce kdy dochází až k 85 % ztrátě půdy z důvodu intenzivních srážkových událostí uvádí periodu mezi květnem a srpnem, s menšími avšak též podstatnými úhrny zahrnuje únor jakožto i období mezi květnem a zářím. (Evrard et al., 2007)

Ve své studii z roku 2007 Knapen (2007) uvádí, že erozivní dešťové srážky závisí na klimatu oblasti, sezonním charakteru srážek a náhodném výskytu bouří.

### 3.3.2 Erodivnost půdy K

Erodivnost půdy bychom mohli charakterizovat jako náchylnost půdy k erozi.

Infiltrační schopnost půdy ovlivňují vlastnosti půdy a odolnost půdního povrchu vůči kinetické energii dopadajících dešťových kapek.

Kubátová (Kubátová, 2001) uvádí že, že erodivnost půdy je odvozena ze čtyř charakteristik:

- zrnitost
- obsah humusu
- struktura
- propustnost

Autoři (Evrard et al., 2007) uvádějí, že tři charakteristiky půdy mají vliv na odnos obdělávané půdy a to: půdní pokryv a jeho zbytky, povrchová kůra a zrnitost.

Na rozdíl od Kubátové (2001), která do charakteristik započítává propustnost půdy.

Teorii Kubátové potvrzuje Knapen (2007) , který uvádí, že erodivnost půdy je citlivost půdy k uvolnění částic dopadem dešťových kapek a vyplývá z provázanosti odporu půdy a infiltrace.

Tento faktor je v univerzální rovnici vyjádřen jako odnos půdy v tunách  $ha^{-1}$  na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku o délce 22,13 m o sklonu 9 %, hospodaření – kypřený černý úhor ve směru sklonu svahu.

Třída struktury ornice:

- Zrnitá 1
- Drobtovitá 2
- Hrudkovitá 3
- Deskovitá, slitá 4

**Tabulka 3. Třídy propustnosti půdního profilu (Janeček,2008)**

Třída propustnosti	Propustnost	Poznámky	Hlavní půdní jednotka bonitační soustavy (HPJ)
<b>1</b>	Velmi vysoká, $> 2,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; hluboké, dobře odvodněné písky, některé černozemě ze spraší.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká pouze několik hodin.	04, 05, 17, 21, 31, 32, 37, 40, 55
<b>2</b>	Vysoká, $0,83 - 2,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; strukturální písčité hlína až hlinitý písek, černozemě a hnědozemě ze spraší.		13, 16, 18, 22, 27, 30, 34, 38, 41
<b>3</b>	Střední, $0,25 - 0,83 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; podorničí s výraznou strukturou nebo tvořené hlínou.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká několik dnů.	01, 02, 08, 09, 10, 12, 14, 15, 23, 26, 28, 29, 35, 36, 51, 56
<b>4</b>	Mírná, $0,08 - 0,25 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; středně propustná svrchní vrstva půdy je uložena na jílovité hlíně se slabě vyvinutou kostkovitou nebo polyedrickou strukturou.		03, 06, 11, 19, 24, 25, 33, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 50, 52, 58, 60
<b>5</b>	Nízká, $0,025 - 0,08 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; pod svrchní propustnější vrstvou je kompaktní jíl nebo jílovitá hlína.	Půda zůstává po nasycení vodou vlhká déle než týden.	07, 20, 39, 47, 49, 57, 59, 62, 64, 65, 66, 75, 77, 78
<b>6</b>	Velmi nízká $< 0,025 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ; tvrdé kompaktní jíly.		53, 54, 61, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76

## **Náchylnost půd k vodní erozi**

Při svých výzkumech Vopravil a kol. (2007) dělí půdu k náchylnou k erozi následovně:

Skupina 1: půdy nenáchylné k vodní erozi  $K < 0,20$

Půdy: arenická černozem, arenická regosol, arenická podzol

Charakteristika: lehké půdy s dobrou infiltrační kapacitou a dobrou propustností půdního profilu, na strmých svazích může být vytvořen humusový horizont po předchozí vodní erozi

Skupina 2: půdy slabě náchylné k vodní erozi  $K = 0,20 - 0,30$

Půdy: modální rendzina, kambická rendzina, pararendzina, pseudoglej

Charakteristika: rozmanitá skupina, tvoří jí převážně skeletální nebo lehké půdy, patří sem i pellická černozem která je náchylná k větrné erozi ale vzhledem k vysokému obsahu humusu a dobré struktuře je K-faktor nižší než 0,30

Skupina 3: půdy středně náchylné k vodní erozi,  $K = 0,30 - 0,40$

Půdy: kambická pararendzina, modální fluvisol, modální černozem

Charakteristika: nejčastěji se vyskytující typ půd v ČR, velmi rozmanitá skupina jak z materiální stránky tak proměnné pedogeneze. Na samé hranici této skupiny se drží modální černozem, která je velmi náchylná k erozi avšak stále je zařazována do skupiny 3.

Skupina 4: půdy vysoce náchylné k erozi,  $K = 0,40 - 0,50$

Půdy: modální pseudoglej, luvická kambisol, modální glej

Charakteristika: luvická kambisol je nejohroženější v této skupině, u ostatních druhů dochází k utužování a zhušťování půdy a jsou většinou pokryty travním porostem, nejsou tedy většinou vystaveny vodní erozi ale mohou být ohroženy povodněmi

Skupina 5: půdy nejvíce náchylné k vodní erozi,  $K > 0,50$

Půdy: luvická černozem, modální luvisol, pseudoglej luvisol, luvická pseudoglej

Charakteristika: nejvíce ohrožené půdní typy neboť je zde výrazný proces illimerizace tj. přesun jílových částic půdním profilem. Mají často světlou barvu, nízký obsah humusu a jsou velmi náchylné k erozi dešťovými kapkami.

Skupina 6: Půdy nejsou hodnoceny z důsledku nedostatku dat

### 3.3.3 Faktor délky svahu L

Intenzita eroze se zvyšuje s rostoucí délkou svahu, kterou můžeme chápat jako vzdálenost od místa vzniku povrchového odtoku k bodu, kde se sklon svahu snižuje natolik, že dochází k ukládání erozního materiálu. Pro dosažení faktoru do univerzální rovnice se počítá s velikostí standardního pozemku 22,13 m.

Hodnoty exponentu náchylnosti svahu k erozi podle poměru rýžkové a plošné eroze dle Janečka (2008)

Nízký poměr rýžové eroze k plošné – pastviny, ulehle půdy

Střední poměr rýžové eroze k plošné – pozemky s řádkovými plodinami nebo středně ulehle půdy

Vysoký poměr rýžové eroze k plošné – nově vytvořené antropogenní půdy, zkypřené půdy, strmé svahy zemědělsky využívané

### 3.3.4 Faktor sklonu svahu S

Sklon svahu má velký vliv na ztrátu půdy, podstatně větší než je tomu u délky svahu.

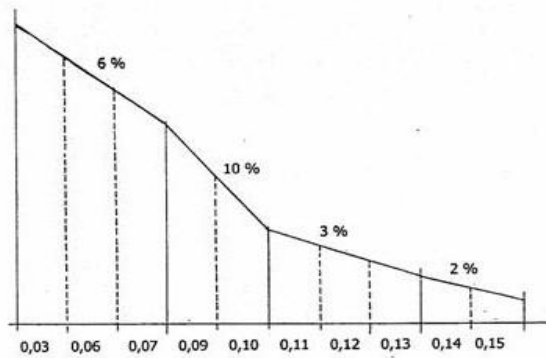
Málokdy se vyskytují svahy s pravidelným sklonem svažujícím se postupně po 1 %.

K přehlednějšímu vyjádření sklonu svahu si lze svah rozdělit na přibližně 10 stejných úseků a faktor sklonu svahu určit jako vážený průměr.

Tabulka 4. Poměr mezi rýžkovou a plošnou erozí při určitém sklonu svahu (Janeček, 2008)

Sklon svahu (%)	Poměr mezi rýžkovou a plošnou erozí			Sklon svahu (%)	Poměr mezi rýžkovou a plošnou erozí		
	nízký	střední	vysoký		nízký	střední	vysoký
0,2	0,02	0,04	0,07	12,0	0,37	0,55	0,71
0,5	0,04	0,08	0,16	14,0	0,40	0,57	0,72
1,0	0,08	0,15	0,26	16,0	0,41	0,59	0,74
2,0	0,14	0,24	0,39	20,0	0,44	0,61	0,76
3,0	0,18	0,31	0,47	25,0	0,47	0,64	0,78
4,0	0,22	0,36	0,53	30,0	0,49	0,66	0,79
5,0	0,25	0,40	0,57	40,0	0,52	0,68	0,81
6,0	0,28	0,43	0,60	50,0	0,54	0,70	0,82
8,0	0,32	0,48	0,65	60,0	0,55	0,71	0,83
10,0	0,35	0,52	0,68				

Obrázek 1. Výpočet faktoru S při proměnlivém sklonu (Janeček,2008)



Ve výzkumném pokusu Evrard et al. (2007) dochází k závěru, že až 90 % erozních událostí vzniká na svazích kopců a v malých povodích. Až 50 % erodovaných sedimentů je splavených z kopců do údolí.

Rommens et al. (2006) ve svém výpočtu uzavírá, že při holocénu docházelo k úhrnům eroze v objemu až  $1,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ per year}^{-1}$ , to mělo za následek usazování sedimentů do říčních koryt, vlivem toho si řeky měnily svou cestu a docházelo k zarovnávání údolí v dolních částech svahu.

V Dostálově a kol. (2002) analýze z roku 2002 bylo zjištěno, že 43,4 % orné půdy je umístěno na svazích se sklonem  $3^\circ - 7^\circ$ , zhruba 9,8 % na svazích o sklonu  $7^\circ - 12^\circ$  a 0,7 % na  $12^\circ$  svazích.

Téměř polovina zemědělských půd je ohrožena už jen z důvodu sklonitosti terénu.

Průměrná roční ztráta půdy na svazích v ČR je  $13,7 \text{ t.ha}^{-1}$  neboli 25 mil. tun.

### 3.3.5 Faktor ochranného vlivu vegetace C

Ochranným vlivem se rozumí – ochrana půdy před působením energie dopadajících kapek, zpomalení povrchového odtoku, zpevnění půdy kořenovými systémy.

„Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době největšího výskytu přívalových dešťů (duben – září)“

Nejlepší plodiny použité na ochranu půdy před erozí jsou porosty trav a jetelovin na rozdíl od širokořádkových plodin jako jsou kukuřice, okopaniny, sady a vinice.

Při simulačním pokusu Evrarda et al. (2007) kdy prováděl měření na zoraných, holých, málo pokrytých polích došel k závěru, že odnos se pohyboval okolo 13 % u pšenice v červnu do 58 % u cukrovky a kukuřice od května do června.

Zajímavé je jeho zjištění, že zatravněné pásy a zatravněná okolí vodních toků mají větší koeficient odnosu půdy a to až 70 %.

Vegetační období se rozděluje do 5 pěstebních období tzv. fenologických fází

- 1. Období podmítky a hrubé brázdy
- 2. Období přípravy pozemku k setí do konce prvního měsíce po zasetí
- 3. Období po dobu dvou měsíců od jarního nebo letního setí či sázení (délka trvání 3. období je jeden měsíc)
- 4. Období od konce 3. období do sklizně
- 5. Období strniště (od sklizně do začátku prvního období)

Tabulka 5. Hodnoty faktoru C - ochrana vlivu vegetace a způsobu obdělávání (Janeček,2008)

Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období					
			1	2	3	4	5a	5b
Obilniny	po 1. roce po jetelovinách	OP St	0,50 0,02	0,55 0,02	0,30 0,02	0,05 0,02	0,20 0,02	0,04 0,02
	po obilninách	OP St	0,65 0,25	0,70 0,25	0,45 0,20	0,08 0,08	0,25 0,25	0,04 0,04
	po okopaninách a kukuřici	OP St	0,70 0,70	0,75 0,70	0,50 0,45	0,08 0,08	0,25 0,25	0,04 0,04
Kukuřice	sláma předplodiny sklizena	OP	0,70 O K	0,90 O K	0,70 O K	0,35	0,70	0,40
		St	0,25 - 0,70	0,25 - 0,70	0,25 - 0,55	0,25	0,60	0,30
	sláma předplodiny nesklizena	OP	0,60 O K	0,75 O K	0,55 O K	0,25 O K	0,60 O K	0,30 O K
		St	0,04 - 0,30	0,04 - 0,25	0,04 - 0,20	0,05 - 0,20	0,25 - 0,40	0,15 - 0,30
	do herbicidem umrtveného drnu	víceletých píceň		0,02	0,02	0,03	0,03	0,05
jílku jako ozimé meziplodiny			0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,10
<b>Brambory, Cukrovka</b>	v přímých řádcích libovolného směru		0,65	0,80	0,65	0,30	0,70	
<b>Vojtěška</b>			0,02					
<b>Jetel červený dvousečný</b>			0,015					
<b>Víceletá tráva, louky</b>			0,005					

Pozn: 5a - sláma sklizena, 5b - sláma ponechána, O - po obilovině, K - po kukuřici, OP - setí do zorané půdy, St - setí do strniště.

Na pokusném poli popsaném v dalších kapitolách práce byla ve vegetačním období, tj. při průběhu pokusu nasazena kukuřice, sláma předplodiny byla sklizena, setí proběhlo do zorané půdy, po předchozí plodině – kukuřici.

Průměrné termíny agrotechnických operací při plodině kukuřice jsou: orba 15. května., setí 30. května., sklizeň 15. října.



### 3.3.6 Faktor účinnosti protierozních opatření P

Tabulka 6. Hodnoty faktoru protierozních opatření (Janeček,2008)

Protierozní opatření	Sklon svahu (%)			
	2-7	7-12	12-18	18-24
Maximální délka pozemku po spádnicí při konturovém obdělávání	120 m	60 m	40 m	-
	0,6	0,7	0,9	1,0
Maximální šířka a počet pásů při pásovém střídání	40 m	30 m	20 m	20 m
	6 pásů	4 pásy	4 pásy	2 pásy
- okopanin s víceletými pícninami	0,30	0,35	0,40	0,45
- okopanin s ozimými obilovinami	0,50	0,60	0,75	0,90
Hrázkování, resp. přerušované brázdování podél vrstevnic	0,25	0,30	0,40	0,45
Terasování				0,05 – 0,20

## 4 Sezonní variabilita eroze

S ohledem na proměnlivost faktorů, které podmiňují vodní erozi půdy, lze očekávat, že míra eroze může být v jednotlivých časových obdobích v rámci jedné sezóny rozdílná. Variabilita je především ovlivněna chodem srážek během sezóny, změnou/rozvojem vegetačního krytu a částečně i změnou půdních vlastností (Renschler, 1999)

V naší studii si pro popis sezónnosti lze aplikovat definici Akademického slovníku cizích slov Petráčkové a Krause (2000), jako pravidelně se opakující období, obvykle v rámci kalendářního roku kdy dochází k určitým úkazům naopak variabilita je běžně známa jako odchylka od normálu nebo typu.

### 4.1 Vliv srážek

O vlivu deště na erozi v obecné rovině jsem se již zmiňováno výše v kapitole „Vliv intenzity deště na erozi“. Dešťové srážky, tedy jejich velikost, četnost a intenzita, je jedním s nejvíce proměnných faktorů působících na půdní erozi. Variabilita charakteristik deště klíčových pro půdní erozi se významně regionálně liší. Příkladem může být klima v okolí Středozemního moře, kde jsou tyto rozdíly v průběhu roku skutečně extrémní, kdy se střídají období sucha s obdobími velice intenzivních přívalových srážek. I z toho důvodu je oblast Středomoří jednou nejzranitelnějších oblastí s ohledem na velikost vodní eroze. Naopak severské evropské státy, kde jsou celkové úhrny srážek vyšší než ve Středomoří, jsou takových extrémů ušetřeny. Výkyvy vlivu srážek jsou výrazné i na našem území a odrážejí se ve výši R faktoru v jednotlivých měsících, kdy nejvyšších hodnot dosahují v letních měsících, kdy přicházejí bouřky s přívalovými dešti.

#### 4.1.1 Sezónnost intenzity srážek

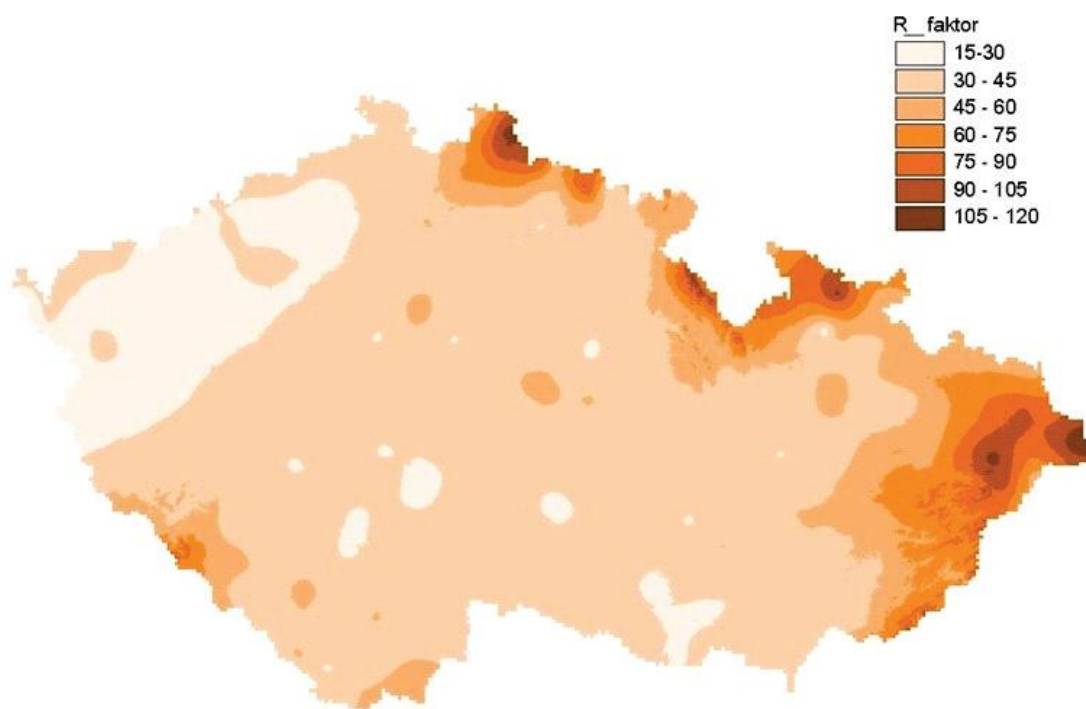
Erozivní dešťové srážky závisí na klimatu sledované oblasti, sezonním charakteru srážek a náhodného výskytu bouří (Evrard et al., 2010).

Na to aby docházelo k odplavení materiálu, je třeba určité srážkové události. Srážka musí mít určitý úhrn a určitou intenzitu, to jí odlišuje od srážek erozně bezpečných, takovou srážku můžeme nazývat přívalová. Přívalové srážky mají krátkou dobu trvání (15 - 30 min), vyskytují se převážně v letním období.

Dle metodiky Janečka (2012) „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ je průměrná hodnota R faktoru udávaná pro Českou republiku  $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Tabulka průměrného rozdělení R faktoru však ukazuje výrazně odlišné hodnoty pro jednotlivé měsíce. Z tabulky průměrného rozdělení R faktoru vyplývá, že nejvíce erozních dešťů se vyskytuje v období červen – srpen.

**Obrázek 2. Upravené hodnoty R-faktoru v  $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$  na území ČR (Janeček, 2012)**



**Tabulka 7. Průměrné rozdělení faktoru R přívalových dešťů do měsíců vegetačního období v ČR (Janeček, 2012)**

Měsíc	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
% faktoru R	1	11	22	30	26	8	2

Chod srážek během sezóny má vliv na odnos materiálu, neboť při vydatných srážkách v kratších po sobě jdoucích intervalech je materiál neustále pod vlivem tlaku dešťových kapek, proudící vody. Dochází k uvolňování menších částic půdního celku a jejich následnému odnosu větrem, vodou, antropologickými jevy.

Při hodnocení sezonní variability v množství srážek je třeba přihlédnout k riziku bouřkových událostí. Nejvíce srážek se vyskytuje od zimní poloviny roku přibližně od října do března.

Avšak nejvíce erozivních srážek je vyzorováno v červenci, srpnu a říjnu při bouřkových událostech. Lijáky vyskytující se v červenci a srpnu mají jinou charakteristiku než deště vyskytující se v jiné části roku. (Renschler, 1999)

Evrard et al. (2010) při svém výzkumu vyzoroval, že cca 80 % erozivních srážek se vyskytuje v létě a na podzim. I když ne při každé musí nutně docházet k odnosu půdního materiálu. Největší erozivitou mívají deště vyskytující se v bouřkách které dosahují průměrně 5 % za sezónu.

Variabilita eroze jak v průběhu let, tak za sezonu je způsobena interakcí mezi erozivitou deště a půdními vlastnostmi během bouře. Je tedy vhodné sledovat sezonní variabilitu v rozsahu několika desetiletí. (Evrard et al., 2010)

Ve své diskuzi Steegen et al. (1999) uvádí, že většina sedimentu byla vyprodukována v sérii krátkých, intenzivních bouřek na jaře (květen – červen) a toto období označil jako rizikové pro výskyt eroze z důvodu vysoké koncentrace vysoce intenzivních srážek a vysokým procentem holých povrchů půdy.

Evrard et al. (2008) při svém výzkumu v roce 2008 při monitoringu sezonního vývoje odtoku na zemědělských půdách na Belgických spraších zjistil, že nejvyšší objemy odtoku jsou zaznamenány v obdobích od května do srpna po vydatných deštích a tyto mají na svědomí až 85 % povodní během tohoto období.

Šabata (1978) ve svých výsledcích výzkumu uvádí, že smyv půdy vyvolaly deště s vydatností nad 10 mm, které se na území České a Slovenské republiky vyskytují od konce dubna do počátku října.

V roce 2005 Kliment (2005) provedl výzkum na téma plaveniny jako indikátor vodní eroze, v němž specifikuje, že nejvíce plavenin bylo naměřeno v květnu - červenci což odpovídá výskytu vysoce erozivních dešťů v tomto období.

Ciampalini et al. (2012) použil zprůměrování dat za období 1992 - 2009 a zjistil výraznou sezonní variabilitu. Průměrná maximální hodnota srážek se pohybuje od 13,5 mm h<sup>-1</sup> na jaře, 37 mm h<sup>-1</sup> v létě, 16 mm h<sup>-1</sup> na podzim a 7 mm h<sup>-1</sup> v zimě.

Srážky ve vnitrozemských oblastech se vyznačují tím, že se střídají období sucha a dešťů vzhledem k polárnímu proudění a jeho přidružených tlakových systémech. Meziroční variabilita srážek může být velmi vysoká a po dlouhotrvajícím období sucha může následovat deštivé období, které trvá i několik dní, tohoto si můžeme všimnout na grafech srážek v příloze. (Angulo-Martínez and Beguería, 2009)

Ve studii Martíneze a Beguerí (2009) si můžeme povšimnout, že na sledovaném území bylo nejvyšší erozivity dosaženo na počátku léta s nejvyššími vrcholy v konci jara – začátku léta (květen, červen) a na konci léta (srpen, září)

Až 70 % z celkového odnosu způsobeného erozí došlo na jaře a počátkem léta. Je to přisuzováno k vyšší frekvenci výskytu intenzivních bouří, které se vyskytují po relativně suchých jarních měsících. (Vandaele and Poesen, 1995)

V popisu srážkových událostí v Cerdanově et al. (2002) práci se uvádí, že byly v zájmovém období zaznamenány dvě nejintenzivnější srážky. Byť se vysokointenzivní srážky vyskytují převážně na jaře a v létě, vysoká frekvence srážek je i v zimě. Prosinec roku 1999 vynikal opakujících se bouřkových událostí, které zanechal katastrofické následky. Další významná událost se vyskytla začátkem května 2000 a předcházeli jí též silné bouře intenzivnější než v prosinci 1999. Obě události měly na svědomí splachy půdy a bahna do obydlených částí Normandie.

## 4.2 Změna/rozvoj vegetačního krytu

Zde je možné zaměřit se na jeden z faktorů rovnice „RUSLE“ – a to faktor ochranného vlivu vegetace. V jarních měsících, kdy dochází k prvnímu setí, je tento faktor téměř potlačen, neboť budoucí vegetace je ve stádiu zrna, případně klíčící rostliny.

Při zakořeňování klíčících semen dochází k scelování půdního materiálu do tzv. kořenového balu. Pokud je takto klíčících semen dostatek v sobě blízkém okolí dochází k utužování spodní vrstvy půdy. Takto spojená vrstva je odolná proti dešťovým kapkám i nárazovým prudkým dešťům. V případě vytrvalejších dešťů může dojít k narušení horní části půdního pokryvu a tím i odkryvu a uvolnění půdních agregátů uložených v hlubších půdních vrstvách.

Renschler (1999) ve svém pokusu bral v potaz zbytky vegetačního krytu, výšku krytu, drsnost (zorání) povrchu, podzemní biomasu.

Proměnlivost vlivu vegetace je popsána jako změna C faktoru v různých pěstebních fázích daných plodin. Vytrvalé porosty jsou v tomto ohledu nejvýhodnější, neboť výkyv

v protierozní účinnosti jsou malé a jejich protierozní účinek je obecně celoročně vysoký. Naopak jednoleté plodiny, při jejichž pěstování dochází ke kultivaci půdy a tím pádem k vystavení holé, vegetací nepokryté půdy, přímému účinku deště. S ohledem na výše uváděný průběh vývoje R faktoru jsou nejméně příznivé, ty plodiny, u kterých dochází k rozvoji vegetace až v pozdním jaru. Pozdní rozvoj nadzemní části rostlin nechrání půdu před přímým působením kinetické síly deště a málo rozvinuté kořeny nedostatečně chrání půdní částice před odnosem půdního materiálu.

V již uvedeném výzkumu Evrarda et al. (2008) na Belgických spraších došel k poznatku, že odtokové koeficienty se pohybovaly od 13 % na pšenici v červenci a až 58 % na cukrové řepě s kukuřicí v květnu a v červnu. Z tohoto lze odvodit, že na každou plodinu mají srážky vliv v jinou dobu a že cukrová řepa a kukuřice nejsou vhodné plodiny pro případná protierozní opatření.

Odolnost půdy vůči erozi závisí i na účinnosti rostlinného krytu. Vliv má kontinuita pokryvu, hustota rostlin a hustota pokrytí půdy. Nadzemní vegetace má nepřímé kladné účinky na odolnost půdy vůči erozi. Proud eroze může být snížen přítomností kořenů v ornici, neboť kořeny a kořenové zbytky vážou půdní částice a tím zvyšují soudržnost půdy. Kořeny vylučují pojivové prostředky a tvoří zdroj pro mikroorganismy, které produkují další organické vazby. Je dokázáno, že erodovatelnost se snížila v průběhu času s rostoucí hustotou a délkou kořene i nadzemní hmoty. (Knapen A., 2007)

V Cerdanově et al. (2002) práci se uvádí, že v prosinci se úhrn eroze pohyboval od 10 tun v prosinci, kdy byl vegetační pokryv zhruba 20 - ti procentní a naopak úhrn pouze 1,5 tuny v květnu, kdy byl vegetační kryt až 60 - ti procentní.

Nejen vzrostlá vegetace má ochranný vliv na půdu, i zbylá rezidua jako sláma po obilí, kukuřičné stonky chrání půdu vůči kinetické energii dešťových kapek, kapky se o stonky rozbijí a již v malé energii stékají do půdy, kde se infiltrují. Bylo zjištěno, že až o 50 % vyšší krytí zajišťují kukuřičné zbytky, neboť mají mnohem větší průměr než stonky obilné slámy. (Leys et al., 2010)

### 4.3 Změna půdních vlastností

Při hrubém hodnocení erodovatelnosti Renschler (1999) sledoval texturu půdy, procento organické hmoty a obsah kamene.

#### Změna půdních vlastností zemědělskými úpravami

Mnoho autorů se schází v názorech, že velký podíl na erozi mají zemědělské úpravy. Evrard et al. (2010) ve svém výzkumu uvádí, že výsledky studií ukázaly, že eroze vzrůstá po pozemkových úpravách – až o 168 %, jedná se o zpracování půdy – orbou, kultivací, setím, úpravou zemědělského procesu

Projekt Společné zemědělské politiky EU vedl k významným změnám v zemědělských postupech, výběru odrůd a krajinné struktury – velikost pole, tvar, sklon.

Zemědělská činnost modifikující povrch půdy se nevyskytuje náhodně. Je převážně stejný každoroční zemědělský postup, omezenější je od poloviny listopadu do poloviny února. Datum setí je důležitá událost, která je závislá na meteorologických podmínkách. Zajímavostí je, že právě tímto se odstartuje proces degradace půdy. Vysoké riziko rýhové eroze je v období po výsevu plodin a vysoké riziko plošné eroze je v průběhu celého roku. (Evrard et al., 2010)

Erodibilita půdy je v modelech popisujících velikost eroze uváděna jako konstantní hodnota pro vybrané typy půd s ohledem na jejich vlastnosti. Jak už bylo výše uvedeno, náchylnost půdy k erozi je dána: zrnitostí půdy, obsah humusu, strukturou a propustností půdy. V jistém ohledu lze říci, že se jedná o vlastnosti do jisté míry stálé, ale na druhou stranu lze uvažovat, že dochází k jisté fluktuaci alespoň z některých těchto vlastností. Zrnitost a obsah humusu jsou vlastnosti, u kterých k sezónním změnám nedochází. Struktura půdy se již, sezónně měnit může a propustnost půdy je do značné míry velmi variabilní s ohledem na kultivační zásahy, pojezdy po pozemku (pedokompakci), přirozeného uléhání půdy po kultivaci atd.

#### 4.4 Možnosti sledování sezónní variability eroze

Metod sledování eroze je celá řada. Základní rozdělení těchto metod je na metody in - situ, tedy přímo na pozemcích, a metody založené na laboratorních pokusech. Oba typy těchto pokusů mohou být prováděny s použitím simulátorů deště, který umožňuje imitaci přirozených dešťových srážek. Výhoda je v tom, že je jasně definována intenzita a množství takových srážek i např. velikost dopadajících dešťových kapek.

Další možností sledování eroze, je monitoring erozních událostí v průběhu vybraného časového úseku na in - situ lokalitě při přírodních dešťových srážkách. Takové pokusy jsou komplikované s ohledem na organizaci celého pokusu, možnosti narušení pokusných ploch cizími lidmi, nebo divoce žijícími zvířaty. V neposlední řadě se do takových pokusů promítá i nejistota výskytu a popř. množství srážkových událostí ve vybrané lokalitě, které umožňují záznam a kvantitativní popis procesu eroze na vybraném pozemku.

Vlastní in - situ metody lze dělit na (Zachar, 1982):

- a) Nivelační – velikost eroze se zjišťuje měřením poklesu výšky povrchu půdy. Do této kategorie spadá i měření poklesu výšky povrchu půdy pomocí referenčních pevných bodů (jehlic, válců atd.)
- b) Volumetrické – měří se změny objemu půdy vlivem eroze nebo akumulace. Měření může být tzv. ambulantní popř. stacionární tzn. Dlouhodobé. Příkladem takové metody je měření pomocí tzv. **erodoměru**. Kovové jehlice, upevněné v rámu, kvantifikují objem eroze v drahách soustředěného odtoku buďto erozních rýh
- c) Pedologické – obsahují určení půdních vlastností, týkajících se erodibility půdy, nebo kvalitativních či kvantitativních změn, vlivem eroze.
- d) Měření celkového odtoku a sedimentu (jeho zachytáváním)
- e) Metody fotogrammetrické (stereofotogrammetrie – jistá obdoba nivelačních metod)



## 5 Metodika

Metodický postup praktické části předkládané bakalářské práce by se dal přirovnat k pokusu Beuselincka et al. (2000) který, prováděl pokus na belgické spraši, na které se pěstuje ozimá pšenice, brambory, kukuřice.

Sklon pozemku je 17 %. Po několika erozních srážkových událostech byla měřena velikost rýh a výmolů. Objem sedimentu byl měřen plochou a hloubkou.

### 5.1 Charakteristika území

Zájmové území: hospodářský pozemek u obce Chlum u Dubé, okres Česká Lípa, Liberecký kraj, gps: 50.580021 N,14.550662 E, pěstovaná plodina v době pokusu: kukuřice na zrno.

Mapa 1. Mapa území

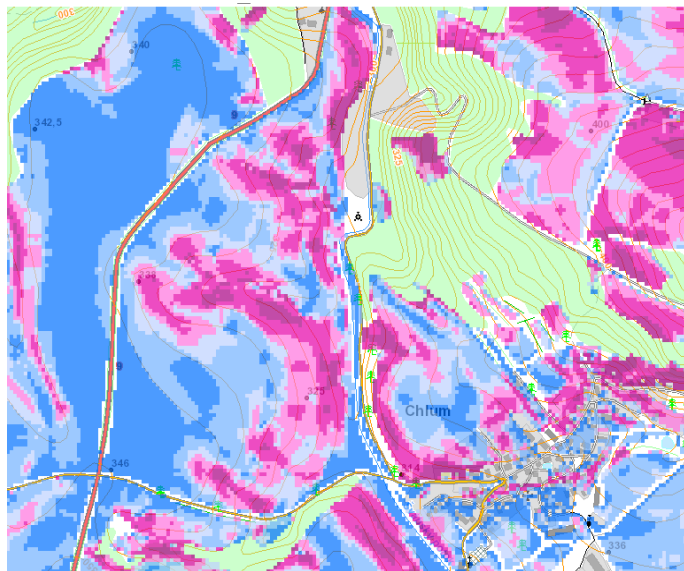


Zdroj: [www.lpis.cz](http://www.lpis.cz)

Toto území se nachází se zhruba 80 km severně od Prahy. Vyskytuje se zde hnědozem modální (viz. Výřez půdní mapy) na spraši, které jsou náchylné k erozi díky své jemné zrnitosti, jílovému podkladu apod., terénní horizonty se nepravidelně mění, jedná se již o pahorkatinu. Na pozemku se nachází tzv. úval (úpad) ve tvaru širokého písmene „U“ po směru vrstevnice a uprostřed se celé údolí svažuje celkem strmě k údolí potoka (viz. mapa území). V této mapě též můžeme vyzorovat, že oba svahy tohoto úvalu jsou silně náchylné k erozi.

Mapa LS faktoru sledovaného území níže popisuje, že na sledované ploše převládají nejohroženější (tmavě fialová), silně ohrožené (fialová) a ohrožené (světle fialová) svahy.

**Mapa 2. Mapa LS faktoru**



Zdroj: sowac.gis.cz

Tyto uvedené skutečnosti by mohly přispět k lepším výsledkům pozorování. Pozemek je v obhospodařování soukromého zemědělce z obce Chlum u Dubé.

V roce 2012, kdy pokus probíhal, byl na pozemku založen porost kukuřice na zrno. Kukuřice je širokořádková plodina avšak s velkým množstvím následné biomasy. Všechny tyto faktory nás dovedly k závěru o vhodnosti pozemku k provedení pokusu.

### 5.1.1 Geologie území

Pozemek se nachází v oblasti navátých sedimentů (spraš, sprašová hlína), stáří: kvartér, typ hornin: sedimenty nezpevněné, geologický region: kvartér Českého masivu a Karpat.

Spraš a sprašová hlína ID: 16

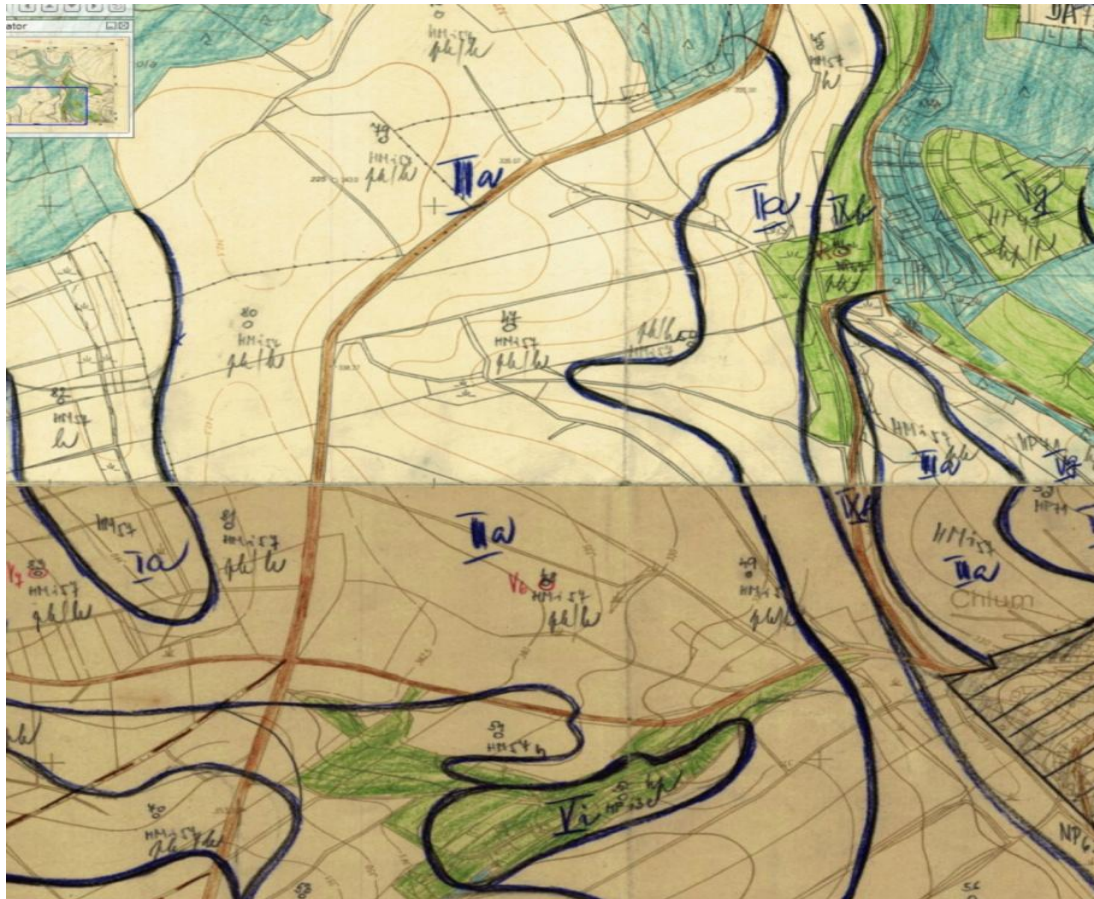
Eratém: kenozoikum, útvar: kvartér, oddělení: pleistocén, suboddělení: pleistocén svrchní, horniny: spraš, sprašová hlína, typ hornin: sediment nezpevněný, mineralogické složení: křemen + příměsi + CaCO<sub>3</sub>, barva: okrová, soustava: český masiv – pokryvné útvary a postvariské magmatity

Čtvrtohorní usazené horniny – hlíny, spraše, štěrky, písky

### 5.1.2 Půdní pokryv

Podle mapy „Komplexní průzkum půd“ se na lokalitě vyskytuje Hnědozem luvická (dříve hnědozem illimerizovaná - HMi) na sprašové hlíně. Jedná se o hlubokou, lehčí až středně těžkou půdu (obsah jílu AE - 10 % Bt – 25 %). Bližší charakteristika půdy je uvedena v příloze jako záznam výběrové sondy KPP z daného pozemku. Zde se uvádí, že se jedná o půdu velmi hlubokou, středně těžkou, vhodnou pro obilniny a píceiny. Doporučená opatření na organické hnojení, vápnění. Jako poloha mikroreliefu je uváděn mírný svah a mateční horninou je sprašová hlína. HMI na sprašové hlíně je svým charakterem půda silně náchylná k půdní erozi. To se týká především svrchních půdních horizontů, horizont Bt může díky vyššímu obsahu jílu vykazovat vyšší rezistenci vůči odnosu.

**Mapa 3. Mapa Komplexní průzkum půd - kraj Liberecký, okres Česká Lípa, katastrální území Chlum u Dubé**



Zdroj: <http://wakpp.vumop.cz/>

### 5.1.3 **Klima**

Charakteristika klima sledovaného území: jedná o region (MT2) mírně teplý, mírně vlhký s průměrným ročním úhrnem srážek 550 - 650 mm.

Co se týká srážkových událostí v této oblasti, roční úhrn srážek je zde zhruba 550 – 600 mm, jedná se o území mírně vlhké.

Ve studii Dufkové a Tomana (2004), kde zkoumají vliv klimatických změn na erozi, uvádějí, že v teplejších oblastech je větší podíl výskytu erozně nebezpečných dešťů a tím je tedy riziko vzniku eroze vyšší než v oblastech chladnějších

## 5.2 Materiál a metody

Metodika založení, průběhu a měření byla převzata z již probíhajícího nebo již uskutečněného pokusu. Pokusy na měření eroze proběhlo od jejich počátků v celém světě téměř nespočetně. Vzhledem k povaze výzkumu jsme níže uvedený shledali jako nevhodnější.

Nejprve byl zmapován pozemek před výsadbou po přípravné orbě. Určilo se, kde budou umístěny měrné body tak, aby zachytily předpokládaná místa hlavního odnosu a sedimentace materiálu.

Princip metody byl založen na měření poklesu povrchu půdy daný odnosem erodovaného materiálu, popřípadě navýšení povrchu půdy v sedimentačních částech území s využitím měrných referenčních bodů. Referenční body různé konstrukce ve svých pracích využili i jiní autoři (např. Antal a Mikušová (2005) nebo Morgan (2005)). Jedná se tedy o standardní uznávanou metodiku výzkumu eroze.

Měrnými body byly dřevěné tyče o průměru 2 cm a délce 100 cm, na horní část těchto tyčí byl přidělán barevný praporek, aby při odběru dat byly tyto lépe identifikovatelné i při již vzešlé vegetaci.

**Obrázek 3. Měrný bod**



Zdroj: autor

**Obrázek 4. Poničený měrný bod**

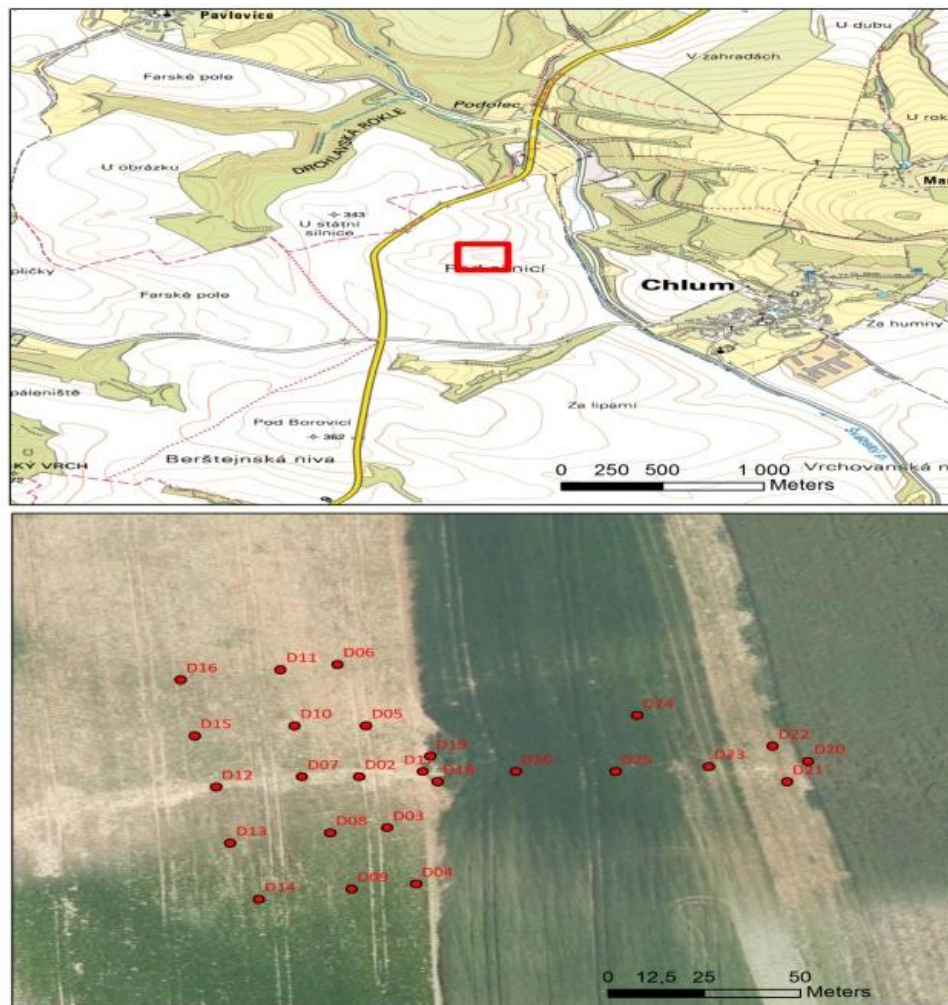


Zdroj: autor

Na tyče byla zakreslena ryska označující nulovou hodnotu (tedy úroveň terénu) a každá z měřících tyčí byla očíslována. Po tuto rysku jsme tyč zatloukli do země. K patě tyče do země jsme přidali kovovou matku nebo jiný kovový předmět, pro případ, že by tyče byly poškozeny, špatně hledatelné nebo úplně odstraněny, mohly být vyhledány tzv. minohledačkou.

Tyče byly umístěny ve třech řadách po vrstevnici po celém údolí úvalu cca 15 metrů od sebe a pro lepší orientaci zaměřeny GPS. Rozmístění tyčí bylo rozvrženo tak, aby byly zachyceny různé části území s předpokládanou převahou odnosu a sedimentace půdního materiálu.

Mapa 4. Mapa území včetně GPS rozmístění měřících tyčí



Zdroj: [www.lpis.cz](http://www.lpis.cz)

Význam tyčí spočíval v odběru dat měření, a to, v horní části svahu jsme měřili, o kolik cm povrch klesne pod uvedenou rysku na tyčích a v údolí jsme naopak měřili úhrn naakumulovaného materiálu nad rysku.

Po určitém čase a uplynulých srážkových událostech byl tento pozemek kontrolován a odebírána změřená data.

S ohledem na vzdálenost lokality a významnost srážek pro erozní procesy jen při vyšších srážkových úhrnech a intenzitách, byla dělána měření jen ve vybraných termínech.

Pro posouzení srážek jsme tedy sledovali radarová data měření srážek Českého hydrometeorologického ústavu a významné srážky jsme zaznamenávali – viz. Příloha.

## 6 Výsledky

Vlastní terénní pokus, který proběhl mezi dubnem a zářím 2012, nepřinesl očekávané výsledky. V průběhu sezóny bylo radarem zaznamenáno několik srážkových událostí, které měly potenciál výrazné erozní události například 31. květen, 1. a 10. červen, kdy sice úhrn srážek dosahoval do 10 mm/h ale srážková událost měla celkem dlouhé trvání. Jako přívalovou můžeme vyhodnotit událost z 28. července 2012, k porovnání v Příloze práce.

S přihlédnutím na dostupné údaje můžeme z grafů v Příloze vyhodnotit, že co do velikosti úhrnu srážek byli významné především tyto dny: 20. června s úhrnem 18,2 mm/h, 2. a 5. července s úhrny 24,1 a 46,2 mm/h, 30. srpna s 26,4 mm/h.

Možné detailní vyhodnocení velikosti a průběhu eroze však bylo znemožněno poškozením měřících bodů.

V počátku zahájení osevního procesu duben – květen, je půda zorána a tím se zmenší její soudržnost. V tuto dobu je tedy velice náchylná k erozi. V tomto období do cca května jsme erozní srážky zaznamenali až v druhé polovině května.

Květen až červen již půdu pokrývají nižší rostliny vysazené plodiny, v našem případě kukuřice. V tomto období již vzniká kořenový systém rostlin a v různé míře udržuje půdní částice. Ochranný vliv před kinetickou energií dešťových kapek ale ve velké míře nemá.

V červnu zaznamenáváme jednu významnou srážkovou událost s úhrnem 18,2 mm, mohla by mít vliv na odnos, neboť rostlinný pokryv není dostatečný a mohla by zde působit i kinetická energie dešťových kapek.

V červenci a srpnu již dochází k více srážkovým událostem, jenom malé množství z nich je však erozně významných. Upozornili bychom na srážku z 5. Července, která dosahovala hodnoty 46,2 mm. Tato již měla vliv na odnos půdy. Vegetační pokryv je v tuto dobu již velice vzrostlý, ale velké množství srážek způsobí, že se voda dostává až k půdě a zde se hromadí, protéká mezi řádky plodiny a vytváří zde erozní rýhy. Další významná srážka je 31. srpna cca 26 mm.



Při měření v září 2012 byl pozemek kompletně pokryt vegetací kukuřice na zrno.

**Obrázek 5. Pokryv vegetace při měření v září 2012**



Zdroj: autor

Výška rostlin přesahovala téměř 180 cm. Bylo tedy velice obtížné se v terénu orientovat a hledat měřicí tyče. Pomocí GPS navigace jsme se snažili dohledat maximální počet měřicích tyčí. Nalezené tyče byly ve velké míře zlámané, nacházely se na úplně jiných místech, než byly původně umístěny, nebo chyběly úplně. Celkem jsme v použitelném stavu našli tyče 3.

Usoudili jsme, že toto bylo vlivem:

- 1) pojíždění zemědělských vozidel, které pozemek v průběhu sezóny obhospodařovali, i když umístěných měrných tyčí bylo provedeno mimo kolejové meziřádky, kudy technika pojíždí,
- 2) aktivitou zvěře, především srnčí a divokých prasat, které využívali kukuřičné pole k pobytu a stravě (o čemž svědčilo množství stop).

Vzhledem k nedostatku zachovalých měřicích tyčí, na kterých by bylo možné odečítat měření, jsme mohli pouze odhadovat množství erodovaného materiálu.

O probíhající erozi svědčilo významné množství dle rýh způsobených soustředěným odtokem (viz foto v Příloze). Mimo odnosu materiálu, docházelo v dolní části konkávně

zakřiveného území i k sedimentaci materiálu (v Příloze), což bylo zaznamenáno i na jedné ze zachovalých měřících tyčí, která zůstala v úpatí úvalu.

Při finální návštěvě pokusného pozemku jsme si všimli, že došlo k velké akumulaci půdního materiálu ve spodní části měřeného pozemku (úvalu), též celkem významných erozních rýh podél brázd a odhalených spodních vrstev půdy v horních částech úvalu (viz Příloha).

Je tedy jasné, že i menší až průměrné množství srážek se spíše menším množstvím erozně významných srážek dokáže napáchat nezanedbatelné škody.

Nalezené erozní rýhy, které se vytvořily ve směru řádků vypovídají o omezené půdoochranné schopnosti vegetací, neboť jak již bylo uvedeno výše, pozemek byl pokryt kukuřicí na zrno, což je širokořádková plodina s mělkým zakořeněním. Tedy její protierozní schopnost je velice malá.

## 7 Diskuze

Z kompilace literárních zdrojů vyplývá, že oblast sezónní variability eroze je studovaným tématem, kterému je věnována určitá pozornost. Ve velké míře je popsán vliv rozvoje vegetace a variability v úhrnu srážek.

Přestože do běžných modelů predikce eroze (USLE,...) vstupují průměrné hodnoty, je tato otázka řešena ve fázi výpočtu faktorů. V menší míře je pozornost věnována změně půdních vlastností, které se mohou v průběhu sezóny měnit a mít vliv (i když možná menší než vegetace a srážky) na velikost eroze. Z těchto vlastností jsou v literatuře zmiňovány tvorba půdního škraloupu, změna pórovitosti a tedy i infiltrace a jiné.

Vzhledem k důležitosti popisované problematiky by bylo vhodné začlenit do zemědělských plánů protierozní postupy jako je omezení pěstování jako takového na svažité pozemky, omezení pěstování erozně nevhodných plodin na svažité pozemky, úprava orby.

Ekologické aspekty eroze bychom zmínili odnos materiálu do povodí vodních toků, odstranění úrodné vrstvy a její akumulace na nevhodných a nevyužitelných místech.

## 8 Závěr

Sezonní variabilita závisí na více faktorech, je však potvrzeno, že nejvíce erozních události probíhá v mírných podmínkách v letních měsících.

Cíl práce byl do určité míry splněn, byť se nepodařilo odečíst výsledky měření požadovaným způsobem, byly potvrzeny výzkumy autorů, kteří se věnují stejnému tématu.

Navzdory nemožnosti odečíst přímá data, eroze byla patrná pouhým okem.

Bakalářská práce potvrdila, že sezónní variabilitu eroze půdy má především na svědomí pokryv vegetace, množství a síla srážek. Svoji roli má v tomto případě i sklon pozemku.

Díky provedené vědecké práci jsme zjistili, že tato metoda měření není vhodná do obhospodařovaných pozemků, neboť díky destruktivním faktorům, které na pozemku v průběhu pokusu probíhaly, není možné získat adekvátní výsledky.

## 9 Seznam literatury

- Angulo-Martínez, M., Beguería, S., (2009), Estimating rainfall erosivity from daily precipitation records: A comparison among methods using data from the Ebro Basin (NE Spain). *Journal of Hydrology*. (379). 111-121.
- Antal, J., Mikušová, M. (2005). Erodomečné valce - nenáročná a relatívne presná metóda merania vodnej erózie. In: *Bioklimatologie súčasnosti a budúcnosti*. ISBN: 80-86 690-31-08
- Bennett, H. (1931). The National Program of Soil and Water Conservation. *Agronomy Journal*. (23). 357-371.
- Beuselinck, L., Steegen, A., Govers, G., Nachtergaele, J., Takken, I. (2000). Characteristics of sediment deposits formed by intense rainfall events in small catchments in the Belgia Loam Belt. *Geomorphology*. (32), 69-82.
- Cerdan, O., Bissonais, Y., Conturier, A., Souchère, V. (2002). Rill erosion on cultivated hillslopes during two extreme rainfall events in Normandy, France. *Soil and Tillage Research*. (67). 99-108.
- Ciampalini, R., Follain, S., Bissonais, Y. (2012). LandSoil: A model for analysing the impact of erosion on agricultural landscape evolution. *Geomorphology*. (175-176), 25-37.
- Činčura, J. (1985). *Encyklopédia zeme*. (p. 717). Bratislava: Obzor. ISBN:98
- Dostál, T., Krása, J., Váška, J., Vrána, K. (2002). Mapa erozního ohrožení půd a transportu sedimentu v České republice. *Vodní hospodářství*, (2), 46-48.
- Dufková, J., Toman, F. (2004). Eroze půdy v podmínkách klimatické změny. In: *Extrémy počasí a podnebí*. Rožnovský, J., Litschman, T. (ed). Brno. ISBN:80-86690-12-1
- Evrard, O., Persoone, E., Vandaele, K., Wesemael, B. (2007). Effectiveness of erosion mitigation measures to prevent muddy floods: A case study in the Belgian loam belt. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. (118), 149-158.
- Evrard, O., Nord, G., Cerda, O., Souchère, V., Bissonais, Y., Bonté, P. (2010). Modelling the impact of land use change and rainfall seasonality on sediment export from an agricultural catchment of the northwestern European loess belt. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. (138), 83-94.
- Evrard, O., Vandaele, K., Biielders, C., Wasemael, B. (2008). Seasonal evolution of runoff generation on agricultural land in the Belgian loess belt and implications for muddy flood triggering. *Earth Surface Processes and Landforms*. (33). 1285-1301.
- Fairbridge, R., Finkl, C. (1979). *The Encyclopedia of Soil Science*. (p. 672). New York: Academic Press, Inc. ISBN:0-12-786463-6

- Fulajtár, E., Jánský, L. (2001). *Vodná erózia a protierózna ochrana*. (p. 310). Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy. ISBN: 80-85361-85X.
- Hauptman, I., Kukul, Z., Pošmourný, K. (2009). *Půda v České Republice*. (p. 256). Praha: Ministerstvo Životního prostředí. ISBN:80-903482-4-6
- Ilavská, B., Jambor, P., Lazúr, R. (2005). *Identifikácia ohrozenia kvality pôdy vodnou a veternou eróziou a návrhy opatrení*. (p. 60). Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava.
- Janeček, M. (2012). *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: Česká zemědělská univerzita. Metodika. ISBN:978-80-87415-42-9, (113 s.)
- Janeček, M. (2008). *Základy erodologie*. (172 s.). Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN:978-80-213-1842-7
- Kašpárek, L., Krejčová, K. (1993). *Vztah mezi úhrnem, trváním a periodicitou dešťů pro území Prahy*. (p. 58). Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v Praze. Výzkum pro praxi. ISBN:80-901181-5-1
- Kliment, Z. (2005). Plaveniny jako produkt a indikátor vodní eroze půdy v geograficky rozdílných podmínkách České republiky. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 4(53), 231-244.
- Knapen A., P. (2007). Resistance of soils to concentrated flow erosion: A review. *Earth and Science Reviews*. 1-2(80), 75-109.
- Kouřil, M. Ochrana půdy proti erozi [online]. *Agroweb*. 26. června 2009 [cit. 2012-12-27] Dostupné z: [http://www.agroweb.cz/Ochrana-pudy-proti-erozi\\_\\_s395x33872.html](http://www.agroweb.cz/Ochrana-pudy-proti-erozi__s395x33872.html)
- Kubátová, E. Protierozní ochrana půdy. *Homel*. 2001 [cit. 2013-04-06] Dostupné z: [http://homel.vsb.cz/~ruz02/msg/cviceni/cv4\\_usped/kubatova\\_eroze.pdf](http://homel.vsb.cz/~ruz02/msg/cviceni/cv4_usped/kubatova_eroze.pdf)
- Leys, A., Govers, G., Gillijns, K., Berckmoes, E., Takken, I. (2010). Scale effects on runoff and erosion losses from arable land conservation and conventional tillage: The role of residue cover. *Journal of Hydrology*.(390), 143-154.
- Matoušek, V. (2010). *Poznávání vlastností malých povodí za regionálních dešťů*. (p. 110). Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v. v. i.. Výzkum pro praxi. ISBN:978-80-87402-08-5
- Morgan, R. (2005). *Soil Erosion and Conservation*. (5).( p. 686). Oxford: Blackwell Publishing. ISBN:1-4051-1781-8
- Petráček, V., Kraus, J. (2000). *Akademický slovník cizích slov*. (834 s.). Praha: Academia. ISBN:80-200-0607-9

- Renschler, C. , Mannaerts, C., Diekkrüger, B.(1999). Evaluating spatial and temporal variability in soil erosion risk - rainfall erosivity and soil loss ratios in Andalusia, Spain. CATENA. (34), 209-225.
- Rommens, T., Verstraeten, G., Bogman, P., Peeters, I., Poesen, J., Govers, G., Rompaey, A., Lang, A. (2006). Holocene alluvial sediment storage in a small river catchment in the loess area of central Belgium. Geomorphology.(77), 187-201.
- Stallings, J. (1964). *Soil Conservation*. N.J. Prentice-Hall: Englewood Cliffs (p.575).ISBN:631-36
- Steege, A., Govers, G., Nachtergaele, J., Takken, I., Beuselinck, L., Poesen, J. (1999). Sediment export by water from an agricultural catchment in the Loam Belt of central Belgium. Geomorphology. (33), 25-36.
- Svoboda, J. (1983). *Encyklopedický slovník geologických věd*. Praha: Academia. (916 s.)
- Šabata, M. (1978). *Postup při výpočtu míry ohrožení pozemků erozí za přivalových deštů*. Praha - Zbraslav: Výzkumný ústav meliorací. Závěrečná zpráva.
- Šarapatka, B., Dlapa, P., Bedrna, Z. (2002). *Kvalita a degradace půdy*. (246 s.). Olomouc: Univerzita Palackého, Olomouc.ISBN:80-244-0584-9
- Vandaele, K., Poesen, J. (1995). Spatial and temporal patterns of soil erosion rates in an agricultural catchment, central Belgium. CATENA. (25). 213-226.
- Vondrášková, Š. Agronavigator, Nase pole (SK). 3. listopadu 2008. [cit. 2013-02-14]  
Dostupné z:  
<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=0&ch=1&typ=1&val=85853ids=113>
- Vopravil, J., Janeček, M., Tippl, M. (2007). Revised Soil Erodibility K-factor for Soils in the Czech Republic. Soil and Water Research. (2), 1-9.
- Whittow, J. (1984). *Dictionary of Physical Geography*. (p. 591). Harmondsworth: Penguin. ISBN:9780140510942
- Wischmeier, W., Smith, D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning. Agr. Handbook(537) (p.56).
- Zachar, D. (1982). *Soil erosion*. (p. 548). Bratislava: VEDA.ISBN:0444997253



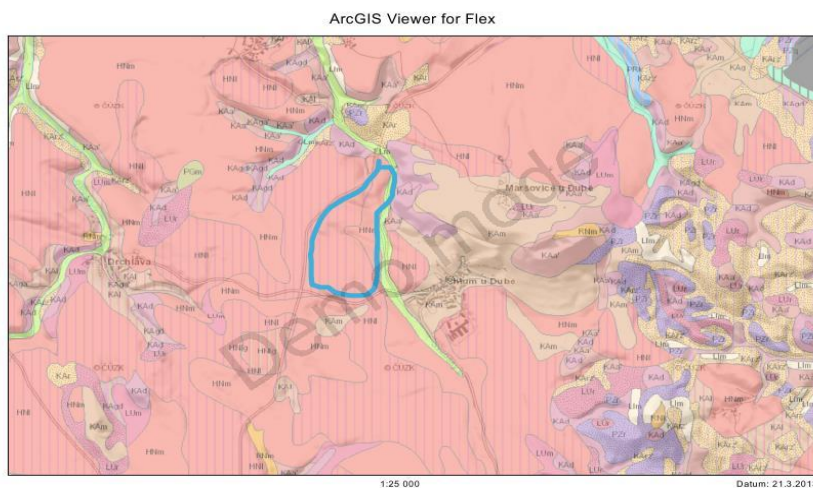
## 10 Přílohy:

### Příloha 1. Tabulka měření

id	cm +	cm -	
D01		1	zpracováno (o dříve zůstal)
D02	0	0	
D03			vykopáno
D04			vykopáno
D05		0,5	
D06			vykopáno
D07		1	
D08	0	0	
D09			vykopáno
D10	0	0	
D11			zpracováno
D12	1		rybní zůstal
D13			
D14	1		
D15		0,5	
D16			zpracováno
D17			zpracováno
D18			vykopáno
D19			z1
D20			z1
D21			z1
D22		1,5	
D23	0	0	
D24			z1
D25			z1
D26			vykopáno

zpracováno

### Příloha 2. Výřez půdní mapy ČR 1:50 000 širšího okolí zájmové lokality



Zdroj: (Česká geologická služba, Mapový server, Mapy online, legenda k mapám, cit 2013-04-06 dostupné na <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online>)



**Příloha 3. Polní půdní záznam strana 1**

Schematický náčrť průřezu terénu nadm. výška:

EXPEDIČNÍ SKUPINA PRO PRŮZKUM PŮD  
oddělení pro pedologický průzkum  
PRAHA 1, POŘÍČÍ 46

**Polní půdní záznam**

Sonda č. *V<sub>6</sub> = 48* Sekce \_\_\_\_\_  
Datum *6. 10. 1965* Místo *JSD Klum*  
*Hlavice*

Číslo (označ.) honu \_\_\_\_\_ místní název \_\_\_\_\_  
Poloha (meso-mikrorelief) *Měrný vrch n. p. u. J.*

Stručná agronomická charakteristika půdy *půdy vlny*  
*hluboké, středně těžké, středně*  
*po obilovinách, pšenice*  
Návrh opatření *podzimní závlaha, ozonizace*  
*na jaře*

Rostlinný kryt a jeho stav (plevele) *bramborová pole*  
*žito*

Uhlíčitany (šumění) *+*  
Podzemní voda *+*  
Matečná hornina (uložení zvětraliny) *Apalová hlína*  
Provedené meliorace (výsledek) *+*

Pádoznamec *48* Prověřil \_\_\_\_\_  
Pracoviště *Klum* dne \_\_\_\_\_

Číslo půdy *48*

Zdroj: <http://wakpp.vumop.cz/>

**Příloha 4. Polní půdní záznam strana 2**

Nákras půdního profilu	Indexy genetických horizontů	Morfologický popis genetických horizontů						Vzorky (hloubka) v cm
		barva	struktura	druh	skeletovitost (štokovitost, kamenitost)	vlhkost konzistence	novotvary, příměsi, jiné znaky a vlastnosti	
10 20	<i>h<sub>1</sub></i>	<i>hnědo- redá</i>	<i>drobt.</i>	<i>h</i>	<i>+</i>	<i>vlhká měkká</i>	<i>trávní, raš.</i>	① 0-15
30 40	<i>h<sub>2</sub></i>	<i>člá- nělá</i>	<i>dest.</i>	<i>h</i>	<i>+</i>	<i>-</i>	<i>člá. humus propé popr. FiOz vřed. bročky T.C</i>	② 15-50
50 60	<i>h<sub>3</sub></i>	<i>redá</i>	<i>dest.</i>	<i>h</i>	<i>+</i>	<i>-</i>	<i>popr. FiOz, mádna ly. bot. post.</i>	③ 50-68
70 80	<i>h<sub>4</sub></i>	<i>maro- člunká</i>	<i>+</i>	<i>h</i>	<i>+</i>	<i>-</i>	<i>popr. FiOz, mádna ly. bot. post.</i>	④ 68-90
90 100	<i>h<sub>5</sub></i>	<i>člá- nělá</i>	<i>+</i>	<i>h</i>	<i>+</i>	<i>-</i>	<i>humusové Apalová hlína</i>	⑤ 90-120

Zdroj: <http://wakpp.vumop.cz/>

## Příloha 5. Analytická charakteristika profilu

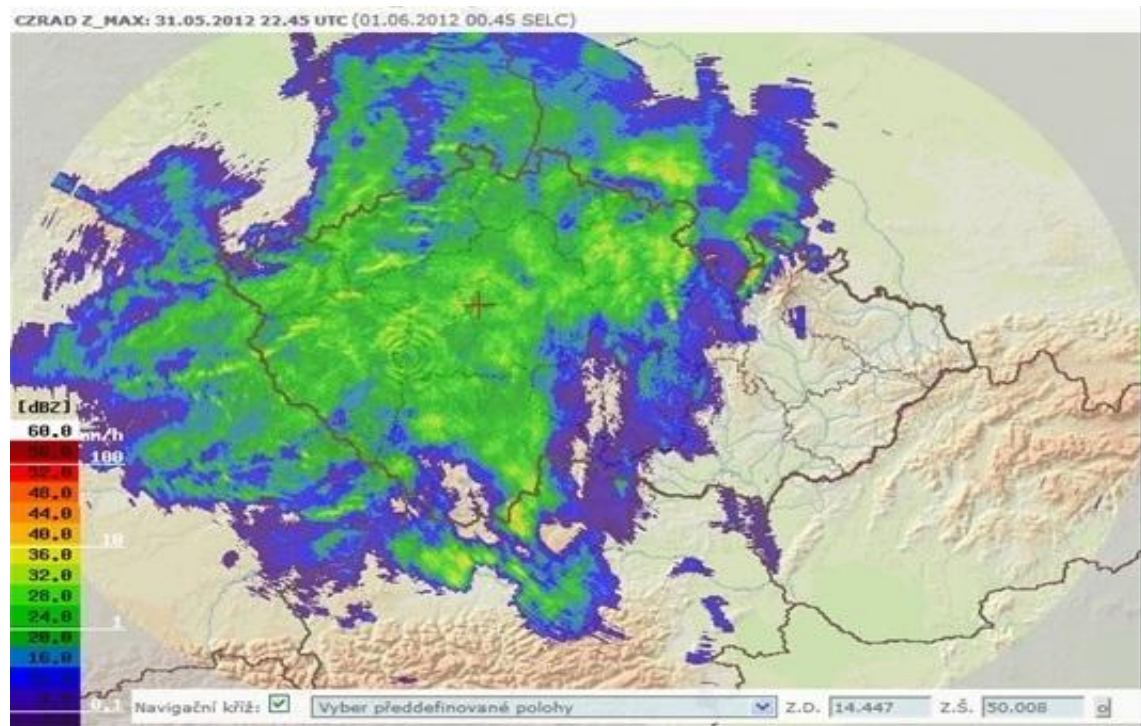
JZD Chlum  
Okres: Česká Lípa

ANALYTICKÁ CHARAKTERISTIKA PROFILU č. V - 6 = 48

Horniny (analýza ledov.)		vs.1	vs.2	vs.3	vs.4	vs.5
Vápník a křemík v cm		0-23	23-50	50-68	68-90	90-120
Zrnitost sítím (číslo sítí v μm)	< 0,01 mm	26,2	33,8	31,8	39,1	39,5
	< 0,001 mm	4,9	10,3	13,1	23,0	24,7
	0,001 - 0,01 mm	21,3	23,5	18,7	16,1	14,8
	0,01 - 0,05 mm	57,5	61,4	62,7	54,0	54,5
	0,05 - 0,25 mm	13,1	3,8	5,3	6,8	5,5
	0,25 - 2 mm	3,2	1,0	0,2	0,1	0,5
spec. váha						
objem. váha suchá						
převrácení						
org. slož. v % (C, I)		1,10	0,38	0,30	-	-
Hmotn. v % (C, I, 1,720)		1,90	0,65	0,52	-	-
CaCO <sub>3</sub> %		0	0	0	0	0
pH sl. (H <sub>2</sub> O)						
pH vs. (KCl)		5,7	6,2	5,7	5,5	5,6
Těsnost vodní mraz. 100 g		0,6	0,6	0,6	1,2	1,2
Výsledná bilance mraz. 100 g	Ca <sup>2+</sup>					
	Mg <sup>2+</sup>					
	Na <sup>+</sup>					
	K <sup>+</sup>					
	H <sup>+</sup>	5,7	3,7	3,1	4,8	4,6
	Σ					
Σ <sup>+</sup> mraz. 100 g		6,5	6,7	9,2	14,4	12,8
Σ <sup>-</sup> mraz. 100 g		12,2	10,4	12,3	19,2	17,4
Σ <sup>+</sup> %		53,3	64,4	74,8	75,0	73,6
Příspěvek mg/100 g	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,3	1,2	2,3	4,2	4,2
	K <sub>2</sub> O	6	3,1	3,5	6	7

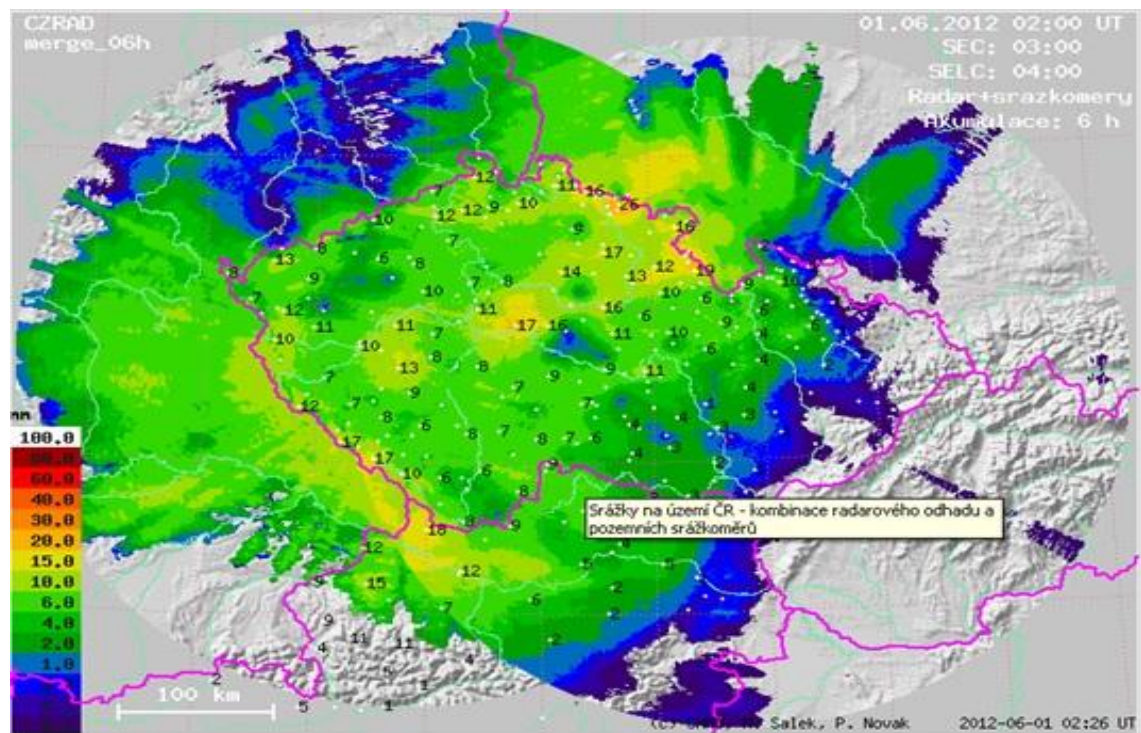
Zdroj: <http://wakpp.vumop.cz/>

Příloha 6. Srážky 31. 05. 2012



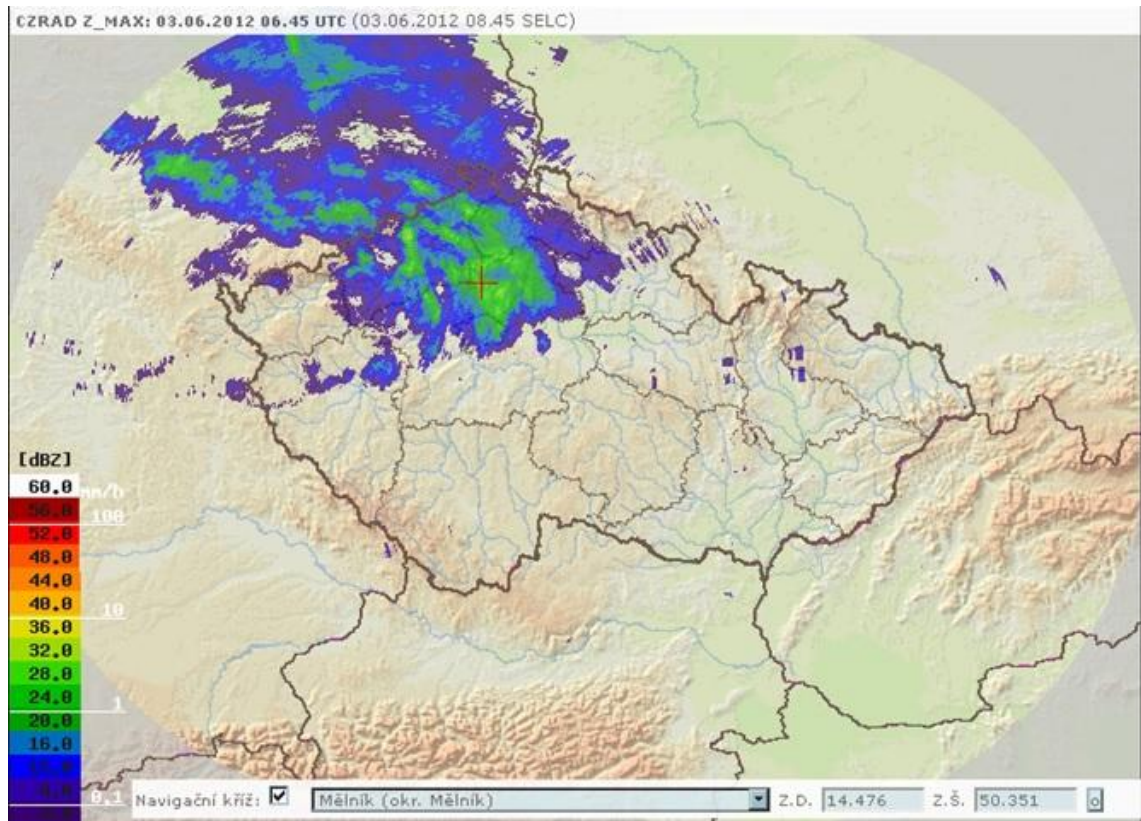
Zdroj: [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)

Příloha 7. Srážky 01. 06. 2012



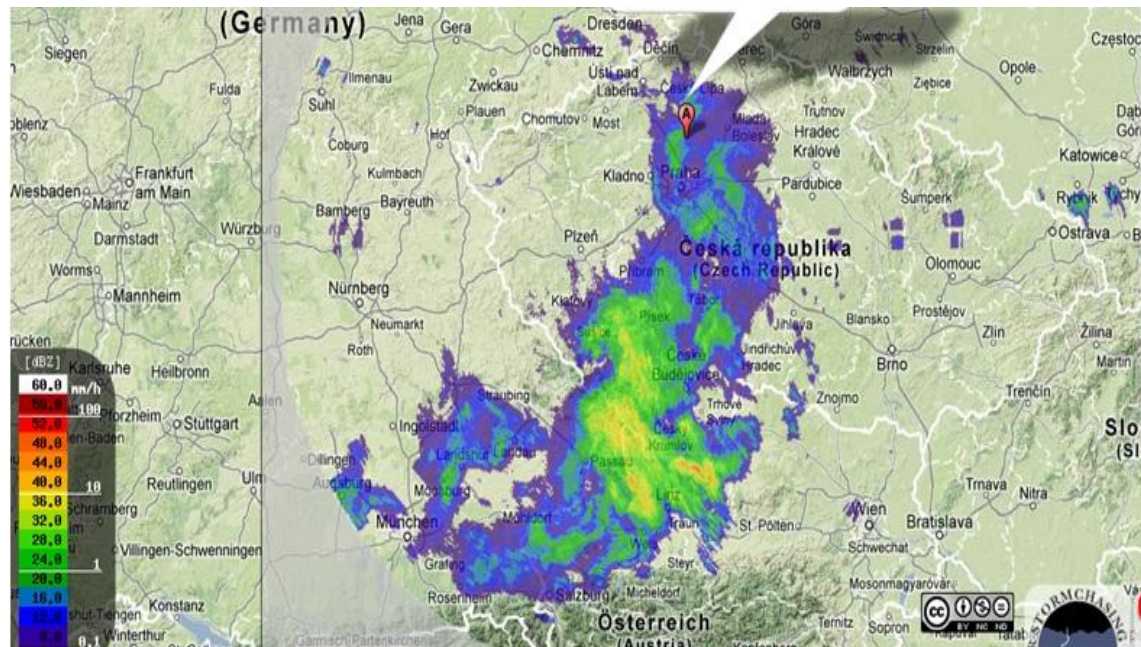
Zdroj: [radar.bourky.cz](http://radar.bourky.cz)

Příloha 8. Srážky 03.06.2012



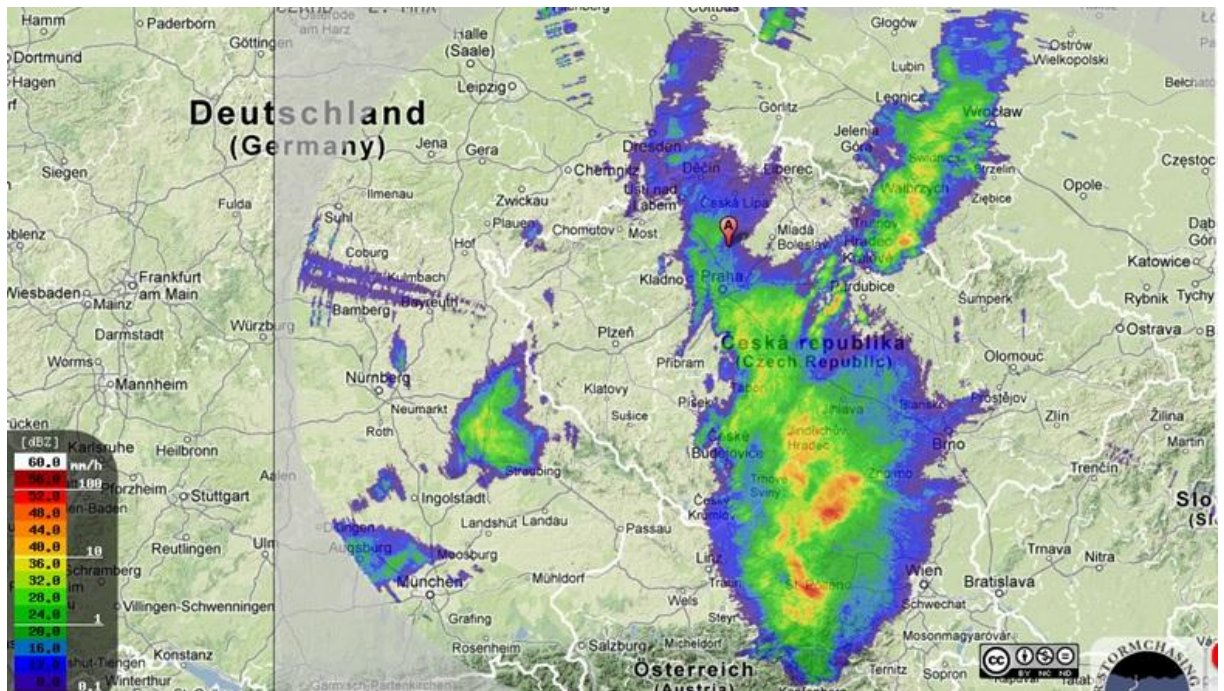
Zdroj: [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)

Příloha 9. Srážky 07.06.2012



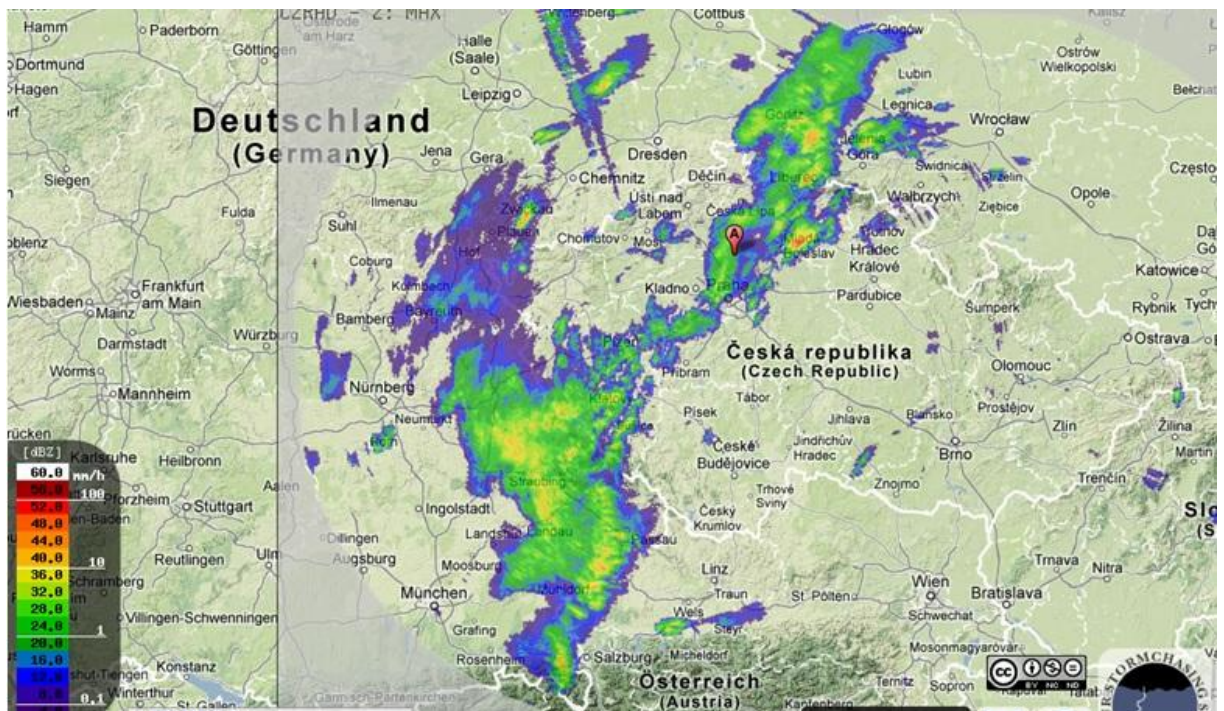
Zdroj: [radar.bourky.cz](http://radar.bourky.cz)

Příloha 10. Srážky 07. 06. 2012



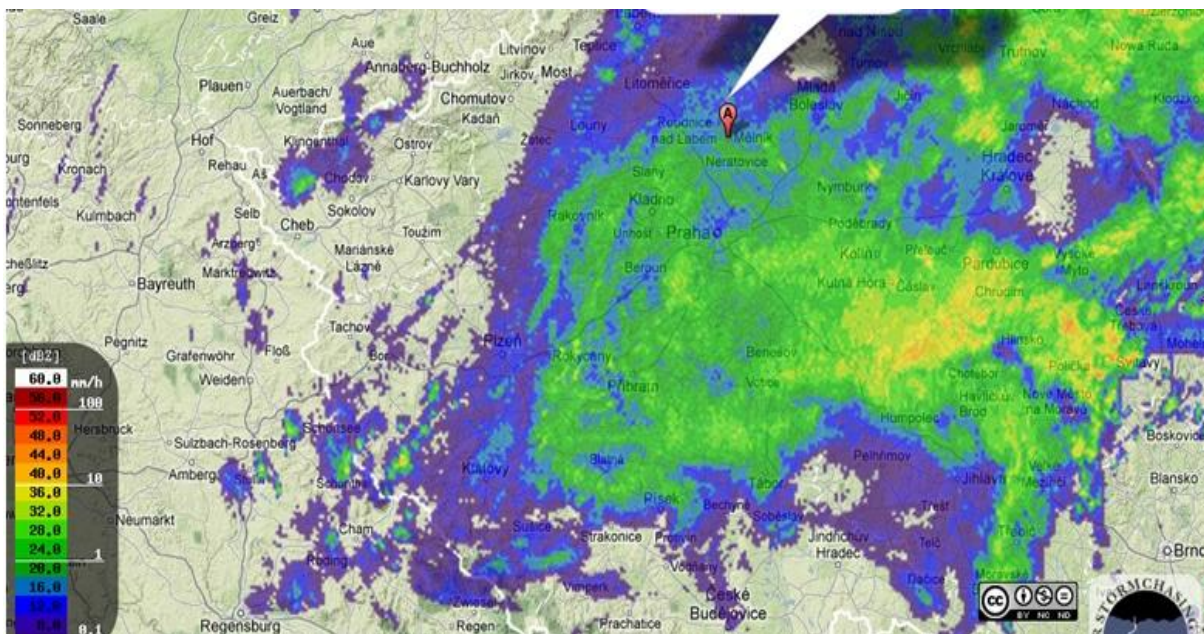
Zdroj: [radar.bourky.cz](http://radar.bourky.cz)

Příloha 11. Srážky 08. 06. 2012



Zdroj: [radar.bourky.cz](http://radar.bourky.cz)

Příloha 12. Srážky 10. 06. 2012



Zdroj: [radar.bourky.cz](http://radar.bourky.cz)

Příloha 13. Srážky 18. 06. 2012



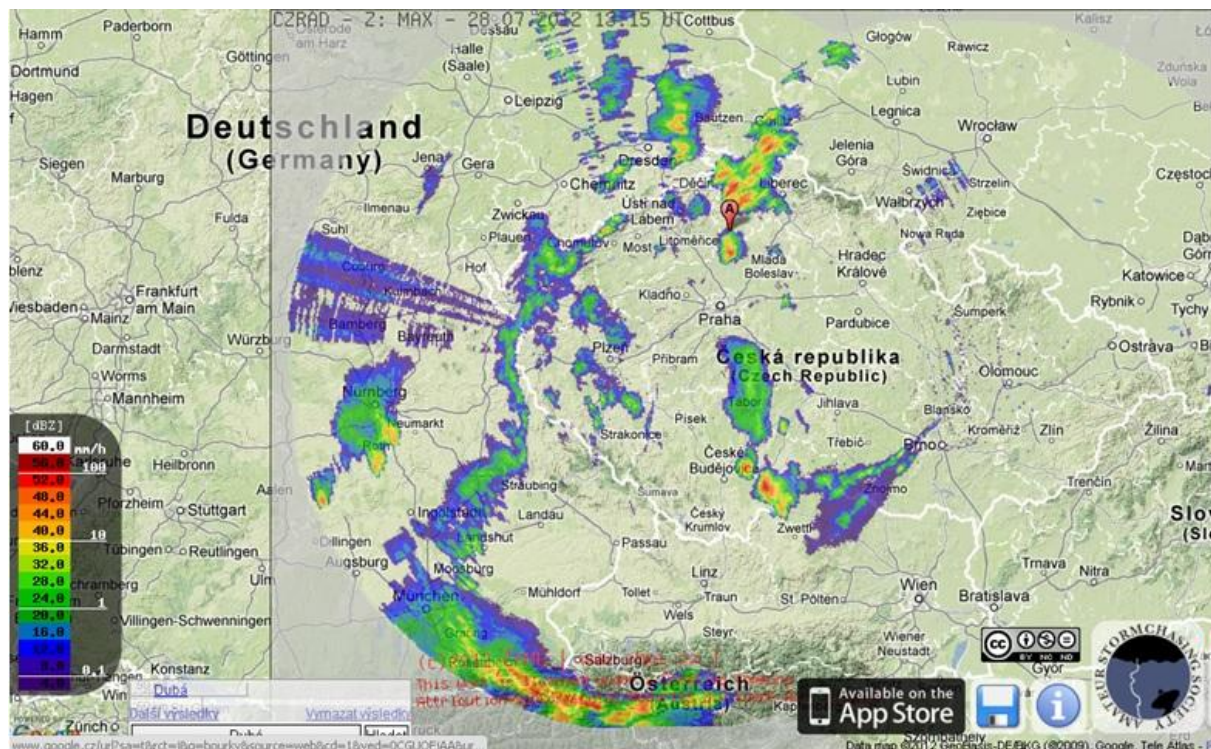
Zdroj: [radar.bourky.cz](http://radar.bourky.cz)

Příloha 14. Srážky 19. 06. 2012



Zdroj: radar.bourky.cz

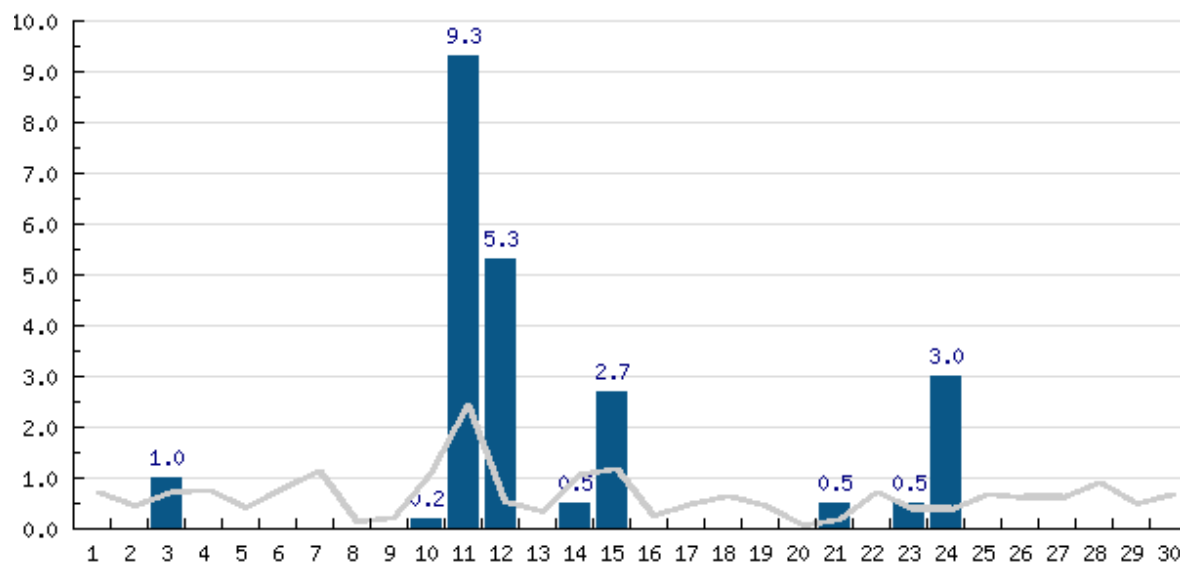
Příloha 15. Srážky 28. 07. 2012



Zdroj: radar.bourky.cz

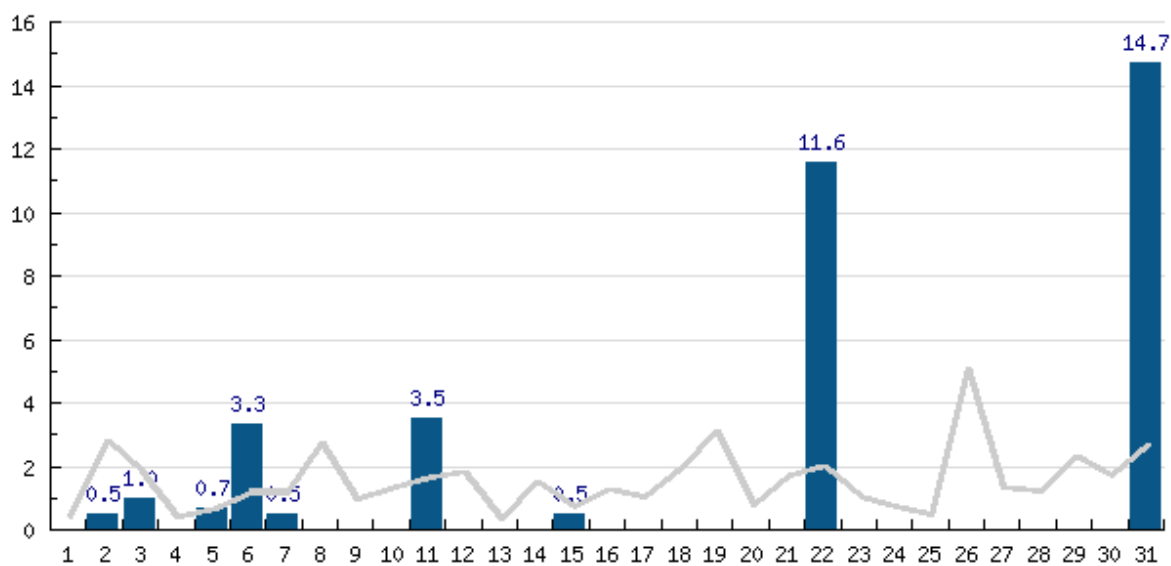
Grafy srážek: Meteorologická stanice Doksy  
denní úhrn v mm (osa x mm, osa y dny)

Graf 1. duben 2012



Zdroj: [www.in-pocasi.cz](http://www.in-pocasi.cz)

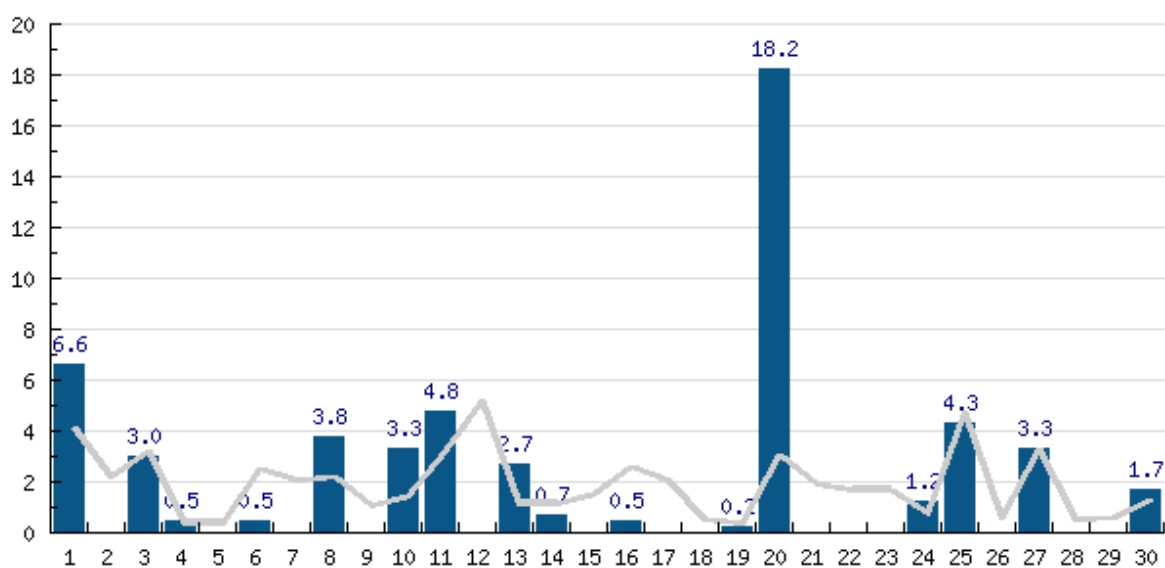
Graf 2. květen 2012



Zdroj: [www.in-pocasi.cz](http://www.in-pocasi.cz)

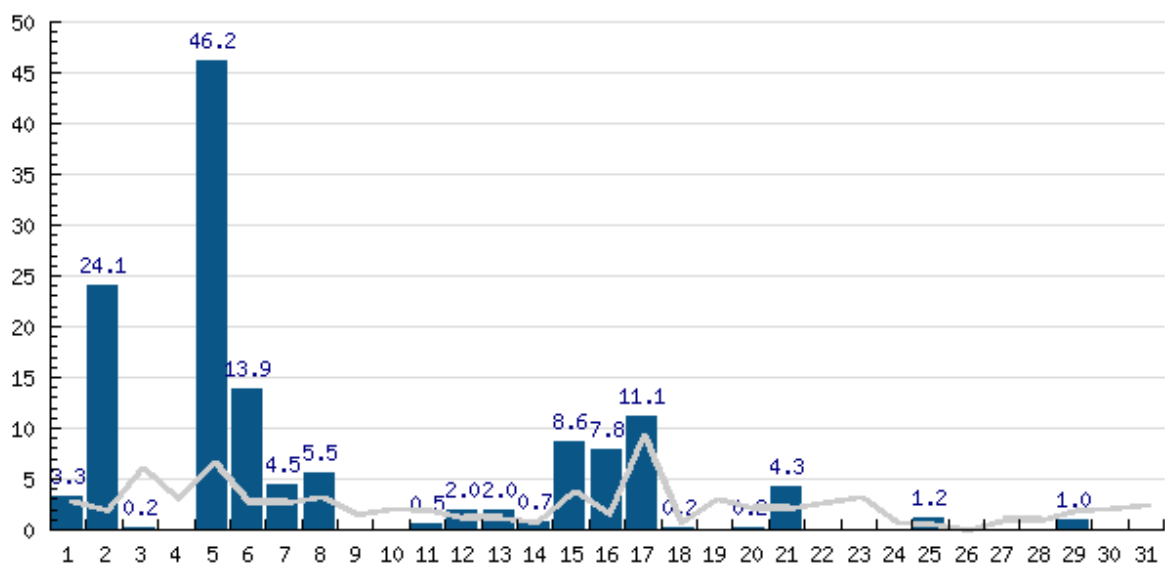


Graf 3. červen 2012



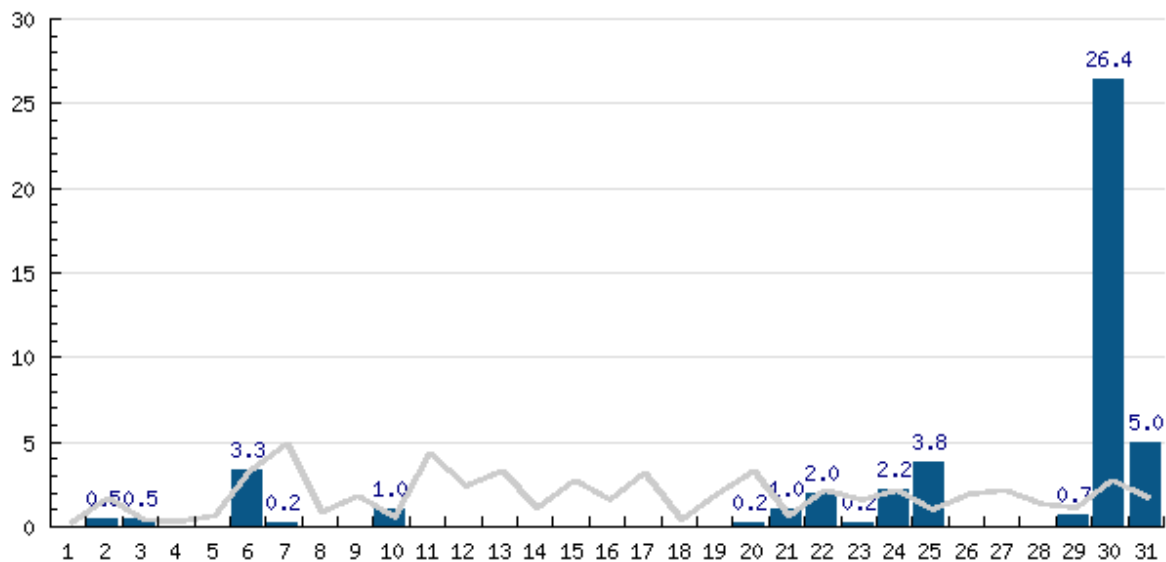
Zdroj: [www.in-pocasi.cz](http://www.in-pocasi.cz)

Graf 4. červenec 2012



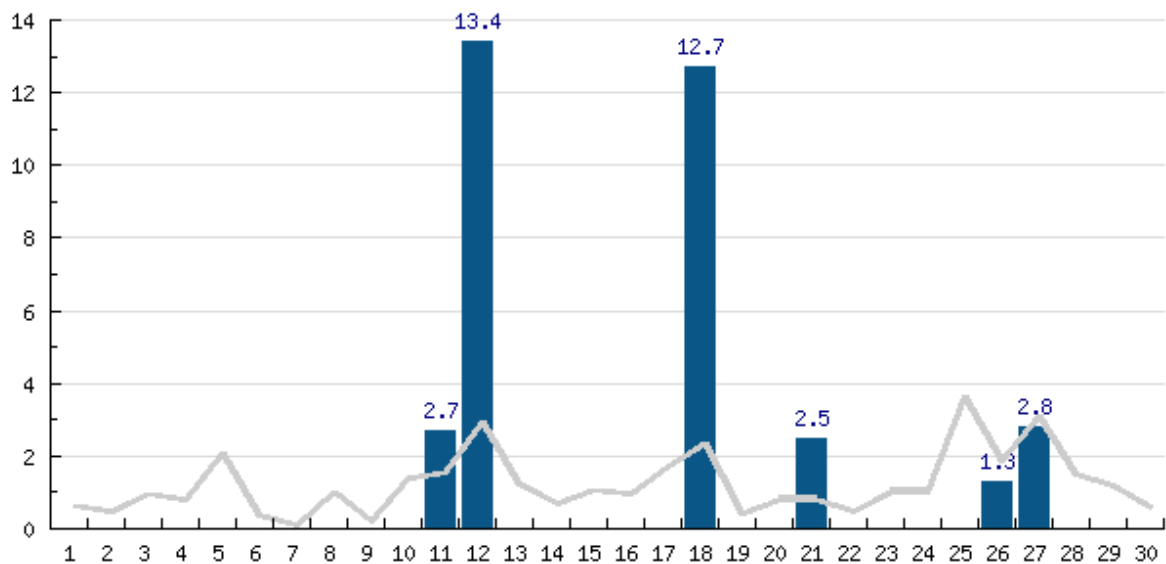
Zdroj: [www.in-pocasi.cz](http://www.in-pocasi.cz)

Graf 5. srpen 2012



Zdroj: [www.in-pocasi.cz](http://www.in-pocasi.cz)

Graf 6. září 2012



Zdroj: [www.in-pocasi.cz](http://www.in-pocasi.cz)

**Příloha 16. Konkávní zakřivení pozemku**



Zdroj: autor

**Příloha 17. Slabá erozní rýha – červenec 2012**



Zdroj: autor

**Příloha 18. Akumulace erodovaného materiálu - červenec 2012**



Zdroj: autor

**Příloha 19. Akumulace erodovaného materiálu - červenec 2012**



Zdroj: autor

**Příloha 20. Erozní sediment usazený v dolní části sledované lokality - září 2012**



Zdroj: autor

**Příloha 21. Erozní rýha ve směru řádku - září 2012**



Zdroj: autor

## Seznam příloh

Graf 1. duben 2012  
Graf 2. květen 2012  
Graf 3. červen 2012  
Graf 4. červenec 2012  
Graf 5. srpen 2012  
Graf 6. září 2012

Mapa 1. Mapa území  
Mapa 2. Mapa LS faktoru  
Mapa 3. Mapa Komplexní průzkum půd - kraj Liberecký, okres Česká Lípa, katastrální území Chlum u Dubé  
Mapa 4. Mapka území včetně GPS rozmístění měřících tyčí

Obrázek 1. Výpočet faktoru S při proměnlivém sklonu (Janeček,2008)  
Obrázek 2. Upravené hodnoty R-faktoru v MJ.ha-1.cm.h-1 na území ČR (Janeček, 2012)  
Obrázek 4. Měrný bod  
Obrázek 5. Poničený měrný bod  
Obrázek 7. Pokryv vegetace při měření v září 2012

Příloha 1. Tabulka měření  
Příloha 2. Výřez půdní mapy ČR 1:50 000 širšího okolí zájmové lokality  
Příloha 3. Polní půdní záznam strana 1  
Příloha 4. Polní půdní záznam strana 2  
Příloha 5. Analytická charakteristika profilu  
Příloha 6. Srážky 31. 05. 2012  
Příloha 7. Srážky 01. 06. 2012  
Příloha 8. Srážky 03.06. 2012  
Příloha 9. Srážky 07. 06. 2012  
Příloha 10. Srážky 07. 06. 2012  
Příloha 11. Srážky 08. 06. 2012  
Příloha 12. Srážky 10. 06. 2012  
Příloha 13. Srážky 18. 06. 2012  
Příloha 14. Srážky 19. 06. 2012  
Příloha 15. Srážky 28. 07. 2012  
Příloha 16. Konkávní zakřivení pozemku  
Příloha 17. Slabá erozní rýha – červenec 2012  
Příloha 18. Akumulace erodovaného materiálu – červenec 2012  
Příloha 19. Akumulace erodovaného materiálu - červenec 2012  
Příloha 20. Erozní sediment usazený v dolní části sledované lokality – září 2012  
Příloha 21. Erozní rýha ve směru řádku - září 2012

Tabulka 1. Průměrné rozdělení faktoru R do měsíců vegetačního období v ČR (Janeček,2008)

Tabulka 2. Rozdělení průměrné roční hodnoty R faktoru do jednotlivých měsíců (Janeček, 2008)

Tabulka 3. Třídy propustnosti půdního profilu (Janeček,2008)

Tabulka 4. Poměr mezi rýžkovou a plošnou erozí při určitém sklonu svahu (Janeček, 2008)

Tabulka 5. Hodnoty faktoru C - ochrana vlivu vegetace a způsobu obdělávání (Janeček,2008)

Tabulka 6. Hodnoty faktoru protierozních opatření (Janeček,2008)

Tabulka 7. Průměrné rozdělení faktoru R přívalových dešťů do měsíců vegetačního období v ČR (Janeček,2012)