**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA PLÁNOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL

# Ohrožení intravilánů obcí vodní erozí

Water erosion risk in urban areas

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jan Vopravil, Ph.D

Bakalant: Pavlína Semeráková

**2021**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavlína Semeráková

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

**Ohrožení intravilánů obcí vodní erozí**

Název anglicky

**Water erosion risk in urban areas**

---

**Cíle práce**

Cílem práce je zpracovat podrobnou literární rešerši k problematice degradací půdy, speciálně k vodní erozi. A následně definovat rizika pro obce, které se nacházejí v oblastech ohrožených vodní erozí, včetně přehledu možných opatření k ochraně intravilánů.

**Metodika**

Metodicky bude zpracována podrobná literární rešerše k dané problematice. Dále bude v odbornější části práce zhodnocen nástroj – Monitoring eroze v ČR. Následně budou definována rizika ohroženosti obcí produkty vodní eroze a prezentována budou možnosti jejich ochrany, zejména technická opatření.

**Doporučený rozsah práce**

cca 45 stran

**Klíčová slova**

Vodní eroze, půda, monitoring eroze půdy, erodovatelnost půdy, technická protierozní opatření.

---

**Doporučené zdroje informací**


JANEČEK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika.* Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.

JANEČEK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Základy erodologie.* V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-1842-7.

JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika.* Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2007. ISBN 978-80-254-0973-2.

JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí.* Praha: ISV, 2005. ISBN 80-86642-38-0.

SKLENIČKA, P. *Základy krajinného plánování.* Praha: Naděžda Skleničková, 2003. ISBN 80-903206-1-9.

VOPRAVIL, J. *Půda a její hodnocení v ČR. Díl II./ Jan Vopravil* a kol. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. ISBN 978-80-87361-08-5.

VOPRAVIL, J. *Půda a její hodnocení v ČR. Díl. I.* Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010. ISBN 978-80-87361-05-4.

VOPRAVIL, J. – VOPRAVIL, J. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Příspěvek ke stanovení erodovatelnosti půdy v podmínkách České republiky [rukopis].* Disertační práce. Praha: 2006.


---

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Jan Vopravil, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra plánování krajiny a sídel

**Konzultant**

Ing. David Kincl

Elektronicky schváleno dne 26. 11. 2020

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2021

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2021

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Ohrožení intravilánů obcí vodní erozí vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž na výsledek její obhajoby uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na mojí bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákon, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez dohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V ……dne……2021 ……..

## Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala zejména vedoucímu mé práce Ing. Janu Vopravilovi, Ph.D., za jeho podporu, motivaci, pozitivní přístup a vstřícnost, odborné vedení, pomoc, připomínky a rady, které mi v průběhu této práce poskytoval, a stejně tak mému konzultantovi Ing. Davidu Kinclovi za jeho podporu, ochotu a obětavost. Chci poděkovat také své rodině a všem ostatním, kteří mě celou dobu podporují.

## Abstrakt

Téma práce představuje problematiku ohrožení intravilánů obcí vodní erozí. Problematika je důležitá hned z několika hledisek, jedním z nejdůležitějších je ochrana majetku, další ukazuje na možnosti zadržení vody v krajině. Cílem v teoretické části práce je seznámení se s půdou jako takovou, jak vzniká, z čeho se skládá, jaké má vlastnosti, proč je úrodnost nejdůležitější vlastností půdy. Dále je pak popsáno jaké vlivy se podílí na degradaci půdy, co představují rizika vodní eroze, příčiny a jaké jsou možnosti při navrhování protierozních opatření. Praktická část práce se zaměřuje na konkrétní lokalitu zasaženou opakovanou erozní událostí, kde byla možnost se seznámit s reálným stavem, jaká opatření byla navrhována a která realizována. V práci byly použity materiály z odborných knih a článků, v praktické části byl použit materiál poskytnutý VÚMOP, v.i.i. a SPÚ, kde byla zpracována podrobná analýza stavu po erozní události. Takto zpracovaný materiál se eviduje pomocí nástroje Monitoring eroze zemědělské půdy, který je dobrým podkladem pro navrhování vhodných protierozních opatření. Analýza byla prováděna v k.ú. Ždánice u Kouřimi na samotě Běšínov a v k.ú. Malotice. Vlastní výzkum probíhal na základě terénní prohlídky v zájmové lokalitě. Výzkum potvrdil několik zásadních faktů, které ovlivňují ohrožení intravilánů obcí vodní erozí. Zejména se jedná o velké půdní bloky bez přerušení např. pomocí zatravněných pásů, dále pak sklonitost pozemku, neudržované polní cesty. V době průzkumu nebylo zřejmé používání meziplodin nebo obdělávání po vrstevnici. Analýzou bylo zjištěno, že lokalita patří do skupin ohrožených vodní erozí a umístění navrhovaných protierozních opatření je nezbytným úkolem pro ochranu funkcí půdy a ochranu intravilánu.

## Klíčová slova:

půda, vodní eroze, degradace půdy, monitoring eroze

## Abstract

This bachelor theses deals with the issue of endangerment of urban areas by municipalities by water erosion. Problematics is important from several points of view, on of the most important is the protection of the property, next one shows the possibility of water retention in the landscape.The aim of theoretical part is acquainted with the soil, how it arises, from what it is consist, what is make from, what are the properties, why fertility is the most important capability of the soil. Furthermore it is described what influences contribute to soil degradation, what are the risk of water erosion, what are causes and what are the possibilities in designing anti-erosion measures. The practical part of the work is focusing on a specific locality affected by repeated erosion events, where it was possibility to get acquainted with real state of the thing, what measures were proposed and which were implemented. In bachelor theses were used materials from significant type of books and stories, In the practical part of this theses was used materiál by VÚMOP, v.i.i. and SPÚ, where was a detailed analysis of the state after erosion event. This type of material is processed in the way of using the Monitoring tool for erosion of agricultural land, which is a good basis for designing appropriate anti-erosion measures. The analysis was performed in cadastral area Ždánice u Kouřimi in solitude Bešínov and in cadastral area Malotice. The research itself took place on the basis of a field inspection in the locality of interest. The research confirmed several fundamental facts that influence the threat of urban areas of municipalities by water erosion. In particular, these are large soil blocks without interruption, for example by means of grassy belts, than the slope of the land, unmaintained field roads. At the time of the survey, the use of catch crops orcontour cultivation was not apparent. The analysis revealed that the site belongs to the groups endangered by water erosion and the location of the proposed anti-erosion measures is a necessary task for the protection of soil functions and the protection of urban areas.

## Keywords:

soil, water erosion, soil degradation, erosion monitoring

## Obsah

1. Úvod ..... 1
2. Cíle práce ..... 1
3. Literární rešerše ..... 2
3.1. Definice půdy ..... 2
3.2. Funkce půdy ..... 2
3.3. Proces vzniku půdy ..... 3
3.4. Základní vlastnosti a složení půdy ..... 4
3.4.1. Fyzikální vlastnosti ..... 4
3.4.2. Chemické vlastnosti ..... 5
3.5. Klasifikace půd, půdní druhy dle zrnitosti ..... 7
3.5.1. Lehká půda ..... 7
3.5.2. Středně těžká půda ..... 7
3.5.3. Těžká půda ..... 8
3.6. Diagnostika půdních typů ..... 9
3.6.1. Půdní horizonty a jejich rozdělení ..... 9
3.6.2. Půdní typy dle uspořádání půdních horizontu ..... 9
3.6.3. Charakteristika hlavních půdních typů ..... 10
3.7. Degradace půdy ..... 13
3.7.1. Příčiny degradace půdy ..... 13
3.7.2. Hlavní indikátory degradace půdy ..... 13
3.8. Eroze ..... 20
3.8.1. Eroze obecně ..... 20
3.8.2. Druhy eroze ..... 20
3.8.3. Příčiny vodní eroze ..... 24
3.8.4. Protierozní opatření ..... 24
3.9. Monitoring eroze zemědělské půdy ..... 29
3.9.1. Význam monitoringu ..... 29

3.9.2. Nástroje monitoringu erozního poškození ..... 30
3.9.3. Erodovatelnost půdy ..... 31
4. Metodika ..... 32
4.1. Zájmové území ..... 32
4.2. Analýza stavu po erozní události ..... 33
5. Diskuze ..... 38
6. Závěr ..... 40
7. Přehled literatury a použité zdroje ..... 41
8. Seznam obrázků ..... 45
9. Seznam tabulek ..... 45

## Seznam zkratek:

BPEJ – Bonitovaná půdně ekologická jednotka

ČOV – Čistička odpadních vod

ČR – Česká republika

GIS – Geografický informační systém

LPIS – Veřejný registr půdy

SOWAC-GIS – Geographic Information System for Soil and Water conservation

SPÚ – Státní pozemkový úřad

SW – software

USLE – univerzální rovnice ztráty půdy

VÚMOP, v.i.i. – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.i.i.

# 1. ÚVOD

Vodní eroze není jevem jenom přírodním, ale velkou měrou do ní zasahuje antropogenní činnost. Vyskytuje se na celé planetě, ohrožuje naše obydlí a zemědělská půda ztrácí svoji nejlepší vlastnost což je úrodnost. V posledních letech vlivem klimatických změn dochází k oteplování planety, tím je spojeno mnoho změn, kdy se střídají horké suché dny s obdobím, kdy dochází k přívalovým srážkám zejména v letním období. V tomto období jsou půdy nejnáchylnější k erozi, protože plodiny na pozemku jsou v raném stádiu a bez přítomnosti protierozních opatření, agrotechnických nebo technických dochází ke škodám nejenom na úrodě, ale i na majetku intravilánů obcí.

Půda je jedním z nejdůležitějších zdrojů života na zemi. Je nástrojem obživy lidí, fauny, flory, mikroorganismů a životního prostředí celkově. Půdu nelze nahradit žádným jiným zdrojem, a proto je důležité se o ní starat, tak aby budoucí generace mohli žít, protože půda je život. Někdo si řekne, vždyť je to jenom něco co leží na polích, ale to něco je tak významné, nenahraditelné, vzácné a málokdo se uvědomuje, že by tato vzácnost mohla zmizet nadobro. Skutečnost, že dochází k úbytku úrodné půdy je smutná pravda. Veškerá ochrana úrodné půdy je na rozhodnutí lidského společenstva. Pojďme se tedy starat a chránit jí společně, protože jedinec může málo.

Teoretická část práce popisuje vlastnosti a složení půdy, její ohrožení vlivem eroze a příčiny degradace půdy. Součástí práce jsou také protierozní opatření, monitoring eroze zemědělské půdy. Praktická část je zaměřená na vlastní analýzu místa, kde došlo k opakovaným erozním událostem, dále jsou popsaná realizovaná opatření a vlastní návrhy.

# 2. CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je ukázat problematiku zabývající se ohrožením intravilánů obcí způsobenou vodní erozí zaměřenou na opakující se erozní událostí a nastavením vhodných protierozních opatření. Vodní eroze je proces, který ovlivňuje kvalitu života. Jak z pohledu degradace půdy, tak z pohledu škod způsobených v intravilánu obcí. Cílem práce je ukázat závažnost problému a intenzivně se s ním zabývat.

# 3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

## 3.1. Definice půdy

Půda je jedním z nejdůležitějších zdrojů civilizace, která tvoří svrchní část pevného zemského povrchu tzv. pedosféru. Půda jako dynamický přírodní útvar se neustále vyvíjí, je neodmyslitelnou částí životního prostředí a také velmi hojně využívána hospodářsky (Pavlů 2018). Nejlépe tuto definici půdy popsal jeden ze zakladatelů pedologie pan V.V. Dokučajev, který půdu považuje za *„samostatný přírodně-historický útvar, který vzniká a vyvíjí se zákonitým procesem, jenž probíhá působením několika půdotvorných činitelů“* (cit. v Tomášek 2007, s. 11).

## 3.2. Funkce půdy

Nejdůležitější funkcí půdy je její úrodnost, poskytuje substrát pro růst rostlin. Půda zajišťuje důležitou zásobárnu vody pro suchozemské rostliny a mikroorganismy, zároveň je filtračním čistícím místem přes, které prochází voda. Filtrační funkce půdy ovlivní dotaci, složení a kvalitu podzemních vod, do pramenů, vodních toků a nádrží. Retenční funkce v půdě dokáže naakumulovat na 1 ha kvalitní černozemně až 3500m$^3$ vody a trvale zadržet přes 1700m$^3$ vody. Dalšími důležitými funkcemi půdy jsou transformační a asanační. U transformační funkce dochází k přeměně látek pomocí procesu rozkladu, mineralizace a syntézy na látky nové. Do procesů asanační funkce půdy se řadí rozklad a mineralizace živočišných organismů. Půda obsahuje suchozemskou zásobárnu důležitých prvků, jako je uhlík, dusík, fosfor a síra. Půda poskytuje mnoho základních složek stavebních surovin a materiálů. Půda je také místem, kde probíhá archeologický a paleontologický průzkum. V neposlední řadě půda nabízí prostory pro stavby, rekreační účely a antropogenní činnosti (Vopravil a kol. 2010*).* Důležitou složku pro úrodnost půdy jsou živočichové např. žížaly, které svým pohybem provzdušňují půdu a tím napomáhají k vyšším výnosům plodin. Svým konáním v půdě dokáží promíchat organickou hmotu s minerálními půdními částicemi, mikroorganismy a sekrecí hlenu. Výsledkem toho je zvýšení obsahu dusíku, fosforu a draslíku v půdě. Tito ekosystémoví inženýři zvládají hned několik činností najednou, provzdušňují, obohacují a velkou měrou ovlivňují v ochraně proti vodní erozi a snižují povrchový odtok. Negativní skutečností je ubývaní těchto živočichů z důvodu nedůsledného obdělávání půdy spojeného s intenzifikací zemědělství a jeho chemizace (Berner a kol. 2013).

*Obrázek 1: Funkce půdy (zdroj autorka).*

## 3.3. Proces vzniku půdy

Na vzniku půdy se podílejí půdotvorní činitelé, patří sem půdotvorné faktory a podmínky půdotvorného procesu. Půdotvorné faktory představují matečnou horninu, podnebí, biologický faktor, podzemní vodu a vliv člověka. Do podmínek půdotvorného procesu se řadí utváření reliéfu a stáří půdy. Toto spojení vyjmenovaných činitelů určí výsledné vlastnosti a charakteristiku půdy. Lze sem zařadit pevné horniny, jejich zvětraliny, mořské nebo říční sedimenty (Tomášek 2007). Matečná hornina, z které se půda vyvíjí, ovlivňuje velkou mírou život nad sebou. Čím zásadnější, bohatší na minerály je, tím pestřejší rostlinný svět na ní roste. Čím chudší a kyselejší, tím druhově skromnější.

*Obrázek 2: Půdní organismy edafon, 1. stonožky a mnohonožky, 2. hlístice a máloštětinatci, 3. roztoči a chvostoskoci, 4. larvy hmyzu, 5. prvoci, 6. bakterie, 7. houby (zdroj autorka).*

## 3.4. Základní vlastnosti a složení půdy

### 3.4.1. Fyzikální vlastnosti

Struktura půdy se řadí mezi nejvýznamnější fyzikální vlastnosti. Jedná se o zastoupení jednotlivých půdních pórů ve struktuře půdy. Má vliv na vzdušné a vodní poměry v půdě (Šimek 2007). Půdní agregáty se dělí dle velikosti na mikroagregáty (<250μm) a makroagregáty (>250μm). Tvar a velikost půdních agregátů vypovídá o struktuře půdy, rozdělují se do dvou hlavních skupin, kde v jedné půdní struktuře jsou obsaženy agregáty, které mají všechny 3 skupiny zhruba stejné a druhé mají jeden nebo dva druhy rozdílné. Do faktorů ovlivňujících dynamiku půdní struktury patří způsoby hospodaření, výběr plodin, minerální a zrnitostní složení půdy, množství a kvalita půdní organické hmoty (Vopravil a kol. 2010).

Pórovitost půdy je další důležitou vlastností půdy, která se vyznačuje celkovým objemem pórů v neporušené půdě. Tato hodnota celkového objemu pórů se udává v procentech (Šimek 2007). V povrchových horizontech minerálních půd se udává pórovitost 40-60 %, to znamená, že póry tvoří 40-60 % objemu půdy, ostatní zastoupení jsou pevné částice. Póry obsahují vodu nebo vzduch (Vopravil a kol. 2010).

Utužení půdy je vyvoláno působením vnějších sil na půdu, jako jsou například mechanické tlaky kol těžkých zemědělských strojů používaných pro obdělávání půdy jako je orba. Při kultivaci pozemku, zpracování, kypření a orbě vzniká pod ornicí utužená vrstva, která ovlivňuje vlastnosti půdy, objemovou hmotnost, pórovitost a další vlastnosti (Šimek 2007).

Resilience neboli odolnost půdy závisí na struktuře půdy a vlhkosti půdy. Například málo odolné jsou lehké půdy, protože obsahují pískové a prachové částice. Jílové částice, které chybí lehkým půdám, by pak stabilitu půdních částic zlepšily (Šimek 2007).

Důležitým faktorem určující barvu půdy je obsah organické hmoty v povrchových humusových horizontech. Přítomnost minerálů a oxido-redukčních podmínek je obsaženo v podpovrchových a substrátových horizontech. Barva se určuje odhadem nebo dle Munsellovy barevné škály, kde se porovnává podle stanovených stupnic hodnota (value), sytost (chroma) a odstín (hue) (Sáňka, Materna 2004). Barva půdy se popisuje na vzorku navlhčené půdy bez přímého zásahu slunce. Popis barvy půdy na základě vizuálního hodnocení spočívá ve spojení několika barev současně od nejméně až po nejvíce obsaženou barvu, např. rezavohnědožlutá (Vopravil a kol. 2010).

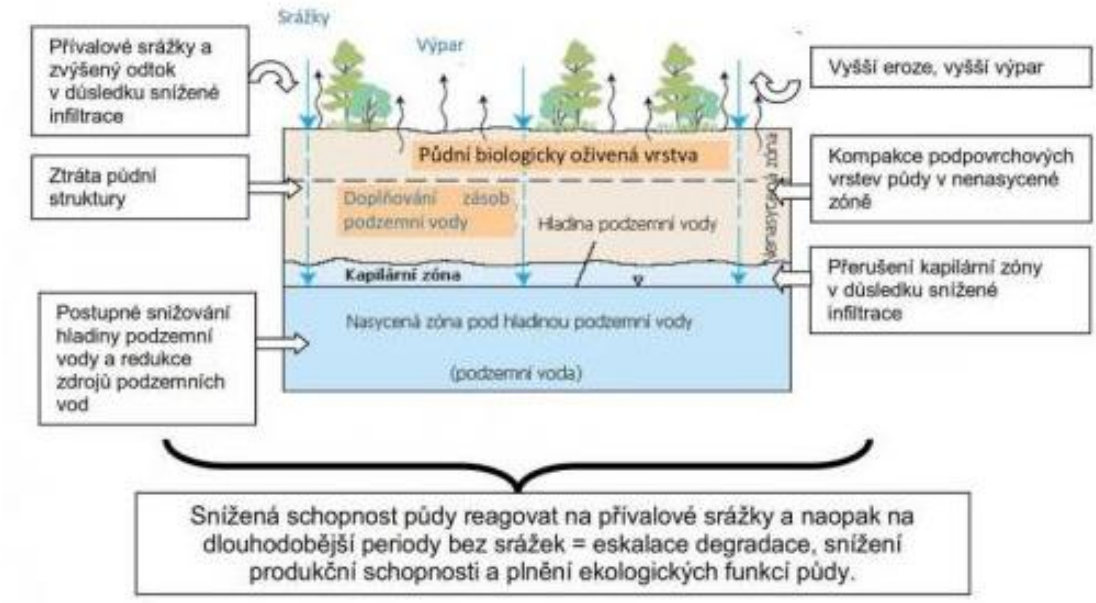
Měrná hmotnost a objemová hmotnost se vyjadřuje v tunách ($t.m^3$) nebo v gramech ($g.cm^3$). U minerálních horizontů půd se průměrná měrná hodnota udává 2,6-2,7 $t.m^3$ u organických horizontů klesá pod hodnotu 1,5 $t.m^3$. Objemová hmotnost je specifická tím, že je vždy nižší než měrná hmotnost a má hodnotu kolem 0,8-1,8 $t.m^3$ optimální hodnota je 1,2 $t.m^3$ (Klement a Vácha 2018).

Voda v půdě přispívá k vývoji a vzniku půdy, patří do základních půdotvorných faktorů (Penížek, 2019). Voda dokáže zaplnit póry rozličných tvarů a velikostí, schopnost zadržování vody tzv. retenční schopnost půdy se odvíjí na zrnitosti půdy, struktuře a obsahu organické hmoty (Šantrůčková 2014).

### 3.4.2. Chemické vlastnosti

Půdní reakce neboli pH stanovuje kyselost nebo zásaditost půdy, určuje se pomocí pH faktoru od 0 do 14, přičemž optimální hodnota pH je 7, která značí neutrální hodnotu. Čím je hodnota pH 7 menší, tím je půda kyselejší a naopak při vzrůstající hodnotě nad 7, je půda zásaditější (Vopravil a kol.2010).

Sorpce je vázání látek v půdě, kdy rozlišujeme sorpci mechanickou, při které dochází k mechanickému zadržení hrubých disperzních částic, agregátů, sraženin nebo molekul v pórech a dutinách (Pavlů 2018). Při fyzikálně-chemické sorpci dochází k výměně iontů mezi povrchem a roztokem. Chemická sorpce vzniká při tvorbě sraženin a nerozpustných sloučenin, které jsou poté mechanicky zadrženy v půdě. V biologické sorpci se látky poutají pomocí živých a odumřelých těl půdních mikroorganismů (Vopravil a kol.2010).




*Obrázek 3: Je hospodaření s vodou udržitelné? (Sáňka, 2018).*

Voda jako kapalná složka půdy se dostává do země pomocí atmosférických srážek infiltrací a dále pak podzemními zdroji, kdy se voda do půdy vzlíná (Pavlů 2018). Půdní roztok neboli vodný roztok složený z minerálních a organických látek zásobuje rostliny a živiny vodou a má vliv na celou půdu (Šimek 2015). Množství vody v půdě se klasifikuje do kategorií hydrických režimů. Tyto režimy se hodnotí podle směru, intenzity oběhu vody v půdě a dle koeficientu zavlažení, kde platí KZ = S / V (srážky / výpar) (Pavlů 2018).

Půdní vzduch je další složkou půdy tzv. plynnou, je tvořen 25 % z celkového objemu všech složek. Půdní vzduch obsahuje větší množství oxidu uhličitého, methanu, oxidu dusíku a menší množství kyslíku. Skleníkové plyny v půdě tvoří zhruba 20 % emisí vyvolané nadbytkem plynů v půdě, dalších 80 % připadá v zemědělství na chov dobytka. CO2 oxid uhličitý se do emisí z půdy nezahrnuje, protože se spotřebovává pomocí procesu fotosyntézy a tvorbou organických látek. V půdách vznikají skleníkové plyny, tam kde je nadbytek dusíku NO2, důsledkem

aktivace mikroorganismu a rozkladu organické hmoty pak vzniká CO2 a CH4. Uhlík obsažený v půdě se nachází ve formě humusových látek, který vzniká ze směsí organických látek a do půdy se dostává jako odumřelá biomasa rostlin a živočichů. (Šimek 2018).

## 3.5. Klasifikace půd, půdní druhy dle zrnitosti

### 3.5.1. Lehká půda

Půdní druhy se klasifikují podle zrnitostního složení, která se určuje dle zastoupení jednotlivých velikostně rozdílných minerálních částic. Hodnotí se na základě obsahu frakce pod 0,01 mm v % jemnozemi podle V. Nováka (tabulka č.1). Písčité a hlinitopísčité patří do kategorie lehkých půd. Frakce u písčité půdy vykazuje hodnotu 0-10 % a hlinitopísčitá se hodnotí v rozmezí 10–20 % (Tomášek 2007). Velikost částic rozhoduje o schopnosti půdy vsakovat a zadržovat vodu. Do lehkých půd se voda vsakuje rychle, ale také rychle odtéká povrchovým odtokem (CHMI 2020). Křemík je základní složkou pro lehké půdy, který se získává z mateřské horniny. Takto písčitá půda s hrubými částicemi je vydatně provzdušněna, ale má relativně nízký obsah vody (CZ BOELL 2021).

| Obsah částic < 0,01 mm [mm] | Označení durhu půdy | Zkratka | Klasifikace půdy |
|---|---|---|---|
| 0 - 10 | písčitá | P | lehká |
| 10. - 20 | hlinitopísčitá | HP | |
| 20 - 30 | písčitohlinitá | PH | středně těžká |
| 30 - 45 | hlinitá | H | |
| 45 - 60 | jílovitohlinitá | JH | těžká |
| 60 - 75 | jílovitá | JV | |
| >75 | jíl | J | |

*Tabulka 1: Klasifikace půdního druhu dle Nováka (Šimečková 2015).*

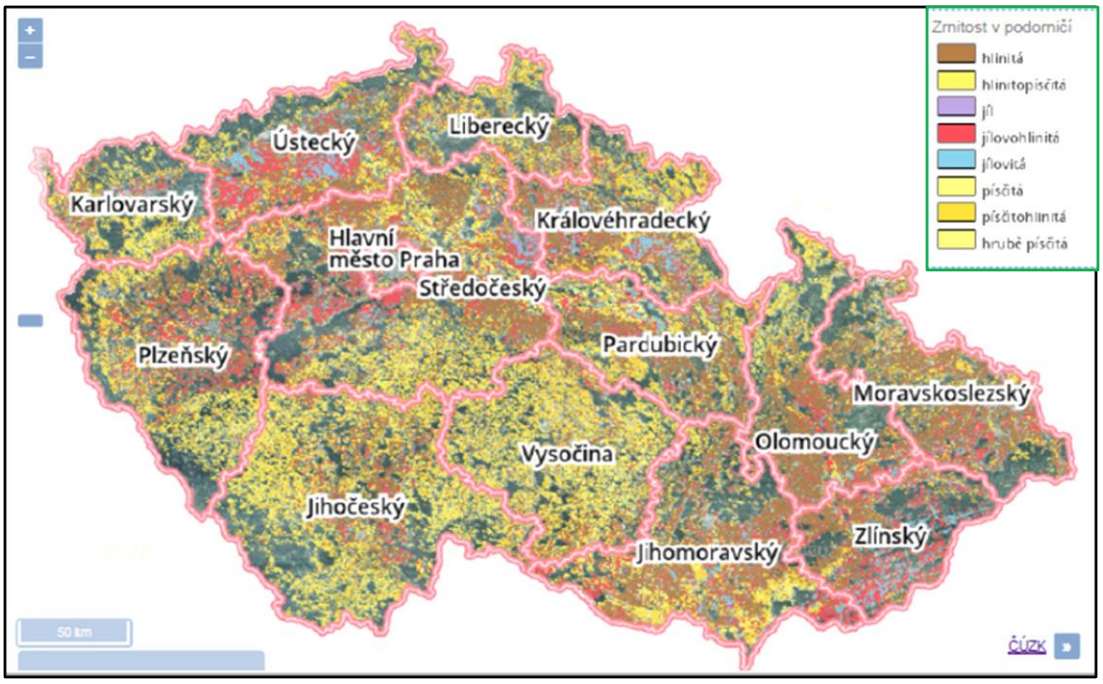
### 3.5.2. Středně těžká půda

Tyto půdy se označují jako druhy písčitohlinitá (PH) a hlinitá (H), kde obsah částic je hodnocen u PH 20-30 % a H 30-45 % dle výše uvedené klasifikační tabulky. Jako nejtypičtější středně těžké půdy lze zařadit černozem CE. Jedná se o hluboko

humózní půdy s černickým horizontem Ac, vzniklé z karbonátových sedimentů, sorpčně nasycené půdy s obsahem humusu 2,0-4,5 % (Sáňka a kol.2018).

### 3.5.3. Těžká půda

Jedná se o druhy půd s označením jílovitohlinitá JH, jílovitá J a jíl J. Kde procento jílnatých částic <0,01 mm je u druhu JH 45-60, JV 60-75, J>75 (Tomášek 2007). Jíl je nezpevněná klastická hornina, za vlhka plastická, složená z více než 50 % z částic jílové frakce nebo z více než 50 % jílových minerálů. Původem reziduální jíly vzniklé zvětráváním na místě nebo jíly transportované a usazované jako jíly říční nebo jezerní. V ČR je bohatý výskyt kvalitních jílovců např. v křídě




*Obrázek 4: Zrnitost v podorničí (kpp.vumop.cz).*

Českého masivu a v terciéru podkrušnohorské pánvi (www.geology. cz).

## 3.6. Diagnostika půdních typů

### 3.6.1. Půdní horizonty a jejich rozdělení

Česká republika svojí polohou představuje rozmanité místo s různými půdními pokryvy. Tato různorodost je dána půdotvornými činiteli, klimatem, antropogenními zásahy a dalšími podmínkami. Na území ČR se nachází typy půd typické pro severní oblasti ale i také charakterem podobné jižní části Evropy (Penížek a kol. 2019). Diagnostika půdních typů se provádí pomocí Taxonomického klasifikačního systému půd. Taxonomické systémy fungují na principu vyhodnocení určitého diagnostického znaku v konkrétní půdě, sondě nebo vrtu. Lze říci, že se jedná o uspořádání jednotlivých horizontů. Hodnotí se mocnost, ohraničení a tvary přechodů z jednoho horizontu do druhého. Dále se pak v jednotlivém horizontu hodnotí barva, struktura, zrnitost, skeletovitost, vlhkost, konzistence a přítomnost novotvarů (Pavlů 2018). Půdní horizont je vrstva, která má různou mocnost a je rovnoběžná s povrchem půdy. Horizonty se rozdělují na nadložní, povrchové, podpovrchové a spodinové horizonty (Vopravil a kol.2010).

### 3.6.2. Půdní typy dle uspořádání půdních horizontu

V nadložních horizontech dochází k akumulaci organických látek, kde jejich hmotnostní podíl je více jak 25-31 %. Horizont se vytváří nad minerální částí půdy a rozlišují se 2 typy. První typ je nadložní humus lesních půd, který se skládá z rostlinného odpadu bez smísení podílu minerálních půd. Rašelinové horizonty vznikají procesem rašelinění organických zbytků rostlin v zamokřených podmínkách bez přístupu vzduchu. Nacházejí se v lesních půdách, méně pak v zemědělských půdách (Vopravil a kol. 2010).

Povrchové horizonty jsou tvořeny vrchní částí půdního profilu, přítomné organické látky jsou akumulovány, rozkládány a smíchány s minerální půdou. Část organických látek se váže s minerálními koloidy. Důležitým znakem těchto horizontů je tmavé zbarvení, rozdílná struktura a konzistence. Tyto humusové horizonty se dělí na anhydromorfní, hydromorfní a půdy zasažené orbou (Vopravil a kol. 2010).

Podpovrchové horizonty se většinou nacházejí pod humusovými horizonty, jejich profil je rozhodujícím kritériem pro zařazení do klasifikačního systému. Eluviální horizont, který se řadí do této kategorie, je chudý na jíl, oxidy Fe nebo Mn. Jeho světlá až vybělená barva je důkazem ochuzení o koloidní jíl. Eluviální horizont, který vzniká posunem jílu iluviací má lehčí zrnitost než horizont iluviální (Vopravil a kol.2010).

Iluviální horizonty jsou umístěny pod eluviálním horizontem, obsahují minerální a organické koloidy, mohou též obsahovat oxidy Fe a Mn. V horizontu převládá barva okrově hnědá až hnědá. Z názvu je patrné, že iluviální horizonty vznikají iluviací tzn. posunem a nakupením jílu (Vopravil a kol.2010).

Horizont vnitropůdního zvětrávání je místo v profilu, kde dochází k intenzivnímu zvětrávání primárních minerálů, dále pak k uvolňování oxidu Fe a Al. Horizonty jsou závislé na matečném substrátu a mají různé zabarvení okrovou, hnědou až rezavou (Tomášek 1995).

Horizont glejový se vytváří v místě, které je ovlivněno podzemní vodou. Přítomné organické látky napomáhají k redukci sloučenin železa a k rozpadu minerálů. Glejový horizont bývá zajílen z důsledku zvýšené hladiny podzemní vody, zabarvení je zelenavé až modrošedé (Tomášek 1995).

Horizont oglejený vzniká při periodickém střídání provlhčení a vysoušení půdy. Pro oglejení je charakteristické střídání oxidačních a redukčních pochodů v půdě, to má za následek uvolňování sloučenin železa, který se po vyschnutí spojuje do železitých bročků. Vznikající mramorové horizonty mají barvu bělošedou (Tomášek 1995).

### 3.6.3. Charakteristika hlavních půdních typů

Taxonomický klasifikační systém půd ČR (TKSP) je způsob, podle kterého se systémově řadí půdní typy dle charakteristických a diagnostických znaků, původu a horizontů do několika skupin. Dělí se na taxonomické kategorie, referenční třídy půd, půdní typy, půdní subtypy, půdní variety, půdní subvarianty, substrátové a lokální půdní formy (Vopravil a kol.2010). V taxonomii jsou na nejvyšší stupnici referenční třídy půd, které mají v názvu zakončení na -sol. O stupeň níže jsou půdní typy, které mají u většiny typů půd v názvu -zem (Pavlů 2018).

Antropozem, jak je z názvu zřetelné, jsou půdy ovlivněné činností člověka. Jsou to půdy, na kterých probíhala např. těžba uhlí nebo stavební činnosti. Významný vliv pro vývoj těchto půd je rekultivace, která se provádí buď osevními způsoby nebo překryvem původní humózní části půd. Tyto antropozemě mají vlastnosti, kterých lze využít k zemědělské produkci (Vopravil a kol.2010).

Černice se nachází v nižších polohách jako je Polabí a jižní Morava. Půdy mají zvodněné prostředí, matečný substrát obsahuje vápnité nivní usazeniny, místy zvětraliny slínovců nebo písčité terasy. Intenzivní humifikace je hlavním půdotvorným

procesem společně s glejovým procesem ve spodní části profilu, výrazná mocnost v půdním profilu dosahuje hloubky několika decimetrů, humusový horizont je tmavě zbarvený. Odvodněné černice jsou vhodné pro pěstování cukrovky, pšenice a zeleniny (Tomášek 1995).

Černozem, tyto typy půd jsou u nás nejznámější, nejhodnotnější a nejúrodnější půdy. Černozemě se rozkládají v nejteplejších a nejsušších oblastech, jejich vznik se datuje v období postglaciálu pod původní stepí a lesostepí. Matečný substrát se skládá ze spraše, místy obsahuje zvětraliny slínovců, vápnité terciérní jíly nebo vápnité jíly. Hlavní půdotvorný proces pro vývoj černozemí byla intenzivní huminifikace. Charakteristickými znaky půdního profilu je mocnost, tmavá barva humusového horizontu a hloubka profilu dosahuje až 80 cm. Pro horizont je typická vodo stálost a bohatý edafon. Dalšími důležitými znaky je středně těžká zrnitost, neobsahuje skelet a má vysoký obsah kvalitního humusu, neutrální pH a dobré sorpční vlastnosti. V zemědělství ji lze využít k pěstování cukrovky, kukuřice, pšenice, ječmene, vojtěšky a zeleniny (Vopravil a kol. 2010).

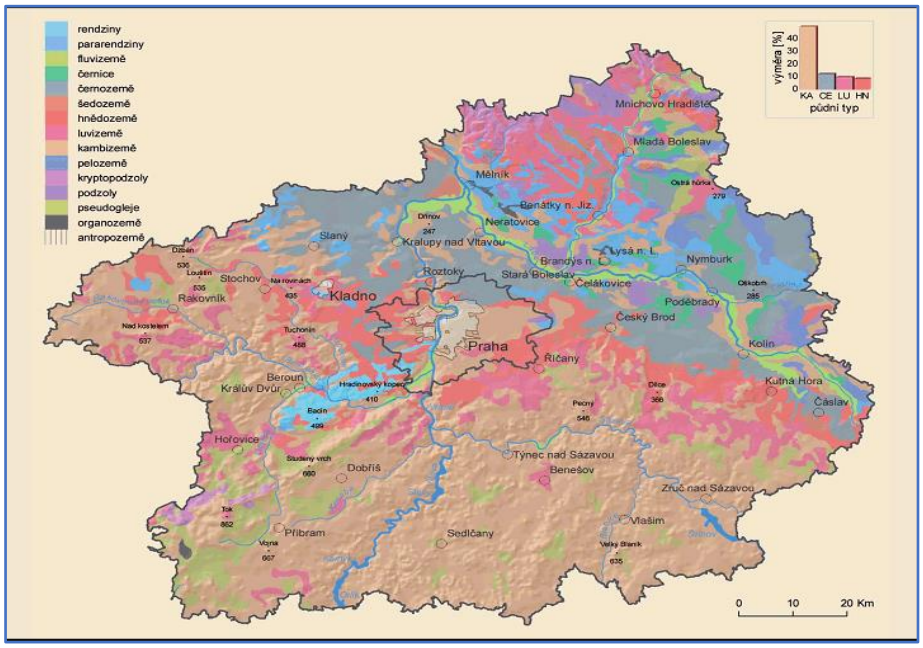
Fluvizemě jsou typ půd, který se nachází v nížinách, zejména v blízkosti vodních toků. Půdotvorný substrát tvoří nivní usazeniny, jedná se o sedimenty unášené erozí a nakumulováním v nivách řek. V době záplav je půdotvorný proces narušován, nový ukládaný substrát zásadně ovlivňuje vlastnosti a charakteristické znaky fluvizemě. Hluboký profil má barvu hnědou až šedohnědou, na dně profilu se vyskytuje vrstva štěrku a oblázky. Zrnitostní složení u fluvizemě je středně těžké, ph kyselé až neutrální a vyznačuje se dobrými sorpčními vlastnostmi (Vopravil a spol. 2010).

Půdní typ glej zasahuje do celého území České republiky. Vyskytuje se především v nivách vodních toků a zamokřených údolích. Glejový pochod je hlavním půdotvorným procesem, který probíhá za výskytu vysoké hladiny vody, dochází zde k redukci trojmocného železa na dvojmocný, to způsobuje zbarvení substrátu do zelených a modravých odstínů. Nepříznivým charakteristickým znakem je zápach po sirovodíku, reakce půdy je silně kyselá, nekvalitní fyzikální a sorpční vlastnosti jsou důvodem pro nevyužití k zemědělským účelům. Gleje najdou uplatnění na loukách horší kvality (Tomášek 1995).

Hnědozem je rozšířena v nižších polohách pahorkatin nebo zasahuje na okrajové hranice nížin v nadmořské výšce 200-450 m n. m., s ročním úhrnem srážek od 500 do 700 mm a průměrnou roční teplotou přibližně od 7 do 9 °C. Půdotvorný substrát tvoří spraš, sprašová hlína nebo smíšená svahovina. Hlavním půdotvorným

procesem je illimerizace, při které dochází k přesunu menších jílnatých součástek z vrchní části profilu pomocí zasakující vody do hlubších půdních horizontů. Půdní horizont je zde rozdělen do několika částí. Pod svrchním humusovým horizontem se nachází zesvětlený eluviální horizont, který je u hnědozemí zničen přioráním. Horizont iluviální leží v hloubce 30-50 cm, je obohacen o jílovou substanci, zbarven je do hnědého až rezavohnědého odstínu. Matečný substrát je v nejspodnější části profilu. Zrnitostí se hnědozemě řadí mezi středně těžké nebo těžké půdy. Složení humusu u hnědozemí je dobré, ne však lepší jak u černozemí, sorpční vlastnosti jsou horší a ph vykazuje slabě kyselou. Hodnocení hnědozemí pro zemědělskou výrobu z hlediska pěstování obilovin je velmi dobré (Tomášek 1995).

Kambizem je typem půd, který má střední až nižší kvalitu, prakticky se vyskytuje na celém území ČR. Kambizem se nachází v pahorkatinách, vrchovinách i na horách ve výšce 450-800 m n.m. Klima v místě výskytu kambizem je vlhčí, mírně teplé s ročním úhrnem srážek kolem 500 až 900 mm a s průměrnou roční teplotou 4 až 9 ºC. Hlavní půdotvorný proces se zakládá na intenzivním vnitropůdním zvětrávání neboli hnědnutí horizontu za procesu uvolňování železa a hliníku. Braunifikovaný horizont doprovází proces tvorby a přeměny jílu. Kambický horizont pod humusovým horizontem má hnědou až rezavohnědou barvu, handicapem u kambizemí je malá mocnost, kyselejší půda a vyšší obsah skeletu. Brambory jsou vhodnou plodinou pro pěstování na těchto typech půd (Vopravil a kol.2010).




*Obrázek 5: Zastoupení půdních typů, Středočeský kraj (MŽP).*

Kryptopodzol je typ půd vyskytující se v horských oblastech kolem 800 m n.m. Půdotvorný substrát obsahuje zvětraliny kyselých hornin, metamorfik a vyvřelin. Hlavní půdotvorný proces provází intenzivní vnitropůdní zvětrávání s charakteristickým uvolňováním oxidů železa a hliníku. Kyselé horské bučiny daly těmto typům půd charakteristické znaky jako je vysoká acidita, vysoký obsah amorfního Al a Fe, vysoký obsah humusu s nežádoucím složením a nepříznivé sorpční vlastnosti. Z pohledu využitelnosti jsou půdy vhodné pro založení travinných porostů nebo v lesnictví (Vopravil a kol. 2010).

## 3.7. Degradace půdy

### 3.7.1. Příčiny degradace půdy

Degradaci půd lze rozdělit na 2 základní skupiny, kde dochází k poklesu jejich fyzikálních a chemických vlastností. K fyzikálním vlastnostem, které snižují vlastnosti půd se řadí eroze, zábor půd a trvalé uzavření půd, zhutnění půd, desertifikace a zamokření. U chemických vlastností lze především zmínit kontaminace, acidifikace, eutrofizace nebo salinizace. Vodítkem v ochraně půdy a životního prostředí je nastavení primárního opatření v nástroji prevence (Pavlů 2018). Obecně degradaci ovlivňuje mnoho faktorů, do které velkou měrou negativně zasahuje lidská činnost. Degradace půdy znamená snížení úrodnosti, 1cm půdy se obnovuje až tisíce let, jedná se o dlouhodobý proces a není zcela jisté, zda k obnově dojde. Zabírání kvalitních půd pro developerské účely je nevratný proces, velké betonové plochy nedokáží pojmout vodu při dešťových přeháňkách, když jsou horké letní dny, je v těchto místech teplota velmi vysoká. Oproti tomu, voda v přírodě, v krajině nebo na zemědělské pozemku, dokáže zemi ochladit. Eroze je dalším projevem degradace půdy, kdy dochází ke snížení organické hmoty a odnosu kvalitní půdní složky (Žít krajinou ©SPÚ2021).

### 3.7.2. Hlavní indikátory degradace půdy

Půdní organická hmota je nejdůležitějším zdrojem uhlíku, dusíku, fosforu a síry. Organickou hmotu tvoří zbytky rostlin a živočichů, živé organismy, např. houby, bakterie a červy. Ztráta organické hmoty je nejzávažnějším problémem degradace zemědělského půdního fondu. Největší podíl na ztrátě organické hmoty je vodní, větrná eroze a utužování půdy těžkými stroji. Posuzování organické složky by mělo být ukazatelem pro doplnění dávek organickými hnojivy do půdy a zároveň sloužit ke kontrole protierozních opatření (Sáňka, Materna 2004). Úbytek organické hmoty se hodnotí dle obsahu organického uhlíku v půdě, kde za posledních 50 let došlo ke

snížení obsahu uhlíku o 20 až 40 % způsobené obděláváním (Sáňka a kol. 2018). Dehumifikace tzv. úbytek organické hmoty se projevuje výrazným způsobem, kde ztráty převyšují nad vstupy. Příčinou dehumifikace jsou činnosti vzniklé nadměrným kypřením a provzdušňováním společně s hlubokým prooráváním spodních vrstev v průběhu důkladného obdělávání půdy, které zpomalí proces humifikace organických zbytků a zrychlí proces mineralizace. Degradaci organické hmoty ovlivňuje pěstování monokultur s chybějícím dodáním organických hnojiv, zpracování posklizňových zbytků a urychlenou mineralizaci. Primárním a nejdůležitějším problémem, který směřuje k dehumifikaci polí je nedostatek organických hnojiv, zejména klasického hnoje, kejdy nebo kompostu. Toto je zaviněno hlavně snížením živočišné výroby po roce 1989. Změny hydrotermického režimu a změna využívání půdy jsou dalšími nežádoucími skutečnostmi, které nepříznivě omezují obsah humusu v půdě. Degradace organické hmoty v půdě má za následek zhoršení stability půdní struktury z důvodu degradace půdy utužením, je zde limitován půdní život edafon. Toto významně ovlivňuje retenční a infiltrační schopnost půdy, kdy atmosférické srážky jsou do půdy dodány jen částečně. Zpomalená infiltrace do půdy negativně přispívá k povrchovému odtoku a tím vede k nastartování větrné a vodní eroze. Toto všechno má za následek zhoršení vázání živin, zvýšený obsah dusičnanů a snížení produkční funkce půdy. Stálé změny klimatu neprospívají degradovaným půdám. Obsah organické hmoty lze zlepšit pravidelným dodáním organického hnojiva, zapracováním rostlinných zbytků po sklizení hlavní plodiny, zavedení pěstování meziplodin s cílem zvětšení procenta organické hmoty v půdě (CZ BIOM).

Eroze půdy je děj, při kterém dochází k narušení půdního povrchu materiálů z důvodu aktivace různých sil. Eroze půdy, hornin a koryta vodních toků je přirozený přírodní proces v krajině. Zrychlená neboli abnormální eroze je příčinou poklesu produkční funkcí půdy, úbytku obsahu živin a organické hmoty, kontaminace vodních toků a podzemních vod, poškození komunikací a budov (Pavlů 2018). Eroze je ovlivněna souhrou různých ukazatelů jako je sklon a délka svahu, ráz podnebí, využití půdy, vegetační klid a půdní vlastnosti. Eroze způsobuje snížení mocnosti ornice nebo v krajních případech kompletně odstraní orniční vrstvu a podorničí. Česká republika je nejvíce ohrožena vodní erozí z 50 % a větrnou erozí z 10 % převážně na jižní Moravě (Sáňka, Materna 2004). Na obrázku 6 je zobrazen detail degradace půdy, kdy vlivem zrychleného tání sněhu spojené s dešťovými přeháňkami a teplotami kolem 10°C došlo ke smyvu půdních částic, povrchový odtok vody v některých místech zůstal na povrchu půdy několik dní. Dle katalogu BPEJ se jedná o půdní typ černozemě, tyto půdy se vyznačují nízkou infiltrační rychlostí, málo

propustné jílovitohlinité až jílovité půdy, označené 3.06.00 (eKatalog BPEJ © VÚMOP, v.i.i., 2019). Tento stav je na zemědělských půdách v jarním obdobím poslední dobou častým jevem.

*Obrázek 6: Degradace půdy po sněhové erozi (zdroj autorka).*

Zábory zemědělských půd jsou aktuálně největším problémem z pohledu plošné ochrany půdy. Suburbanizace neboli zabírání půdy pro stavební účely průmyslových, obchodních, občanských a zábavných objektů je z hlediska ochrany půdy a životního prostředí nepřijatelné. Takto degradovaná půda je nenávratně poškozena a nelze na ní hospodařit. Od roku 1927 je zaznamenán vysoký úbytek zemědělské půdy v rozsahu 846 tis. ha. V současné době je odnímáno denně 15 ha velmi kvalitních půd (MZE ©2010). Jedná se o tzv. překrytí půdy nepropustným materiálem, kdy se voda nemůže přirozeně vsakovat do propustné půdy a hledá si jinou cestu, tím může docházet k povodním. Jako náhradní řešení lze využít opuštěných budov, bývalých průmyslových objektů, továren atd. Jedná se o tzv. Brownfields, kde po jejich asanaci a odstranění kontaminovaných látek je možné využít na výstavbu nových objektů bez toho aby se zatížila úrodná půda. Snížit nežádoucí následky zastavění, lze také použitím polopropustných povrchů, zasakování srážkové vody z nepropustných povrchů do půdy (Pavlů 2018).

Utužení půdy neboli pedokompakce znamená změnu prostorového uspořádání půdy. Jsou známy dva důvody, kdy k tomuto jevu dochází, přirozenou cestou nebo z antropogenních příčin. U pedokompakce jsou pozorovatelné změny ve snížení pórovitosti, nárůstu objemové hmotnosti, nižší schopnosti infiltrace a zadržení vody v půdě. Utužení půdy z antropogenních příčin vzniká použitím mechanizace těžkých strojů společně s úbytkem organické hmoty v půdě (Pavlů 2018). Utužení má nepříznivý vliv na edafon, dále zamezuje růstu a pronikání kořínků do půdy. Dochází k úbytku produkční funkce půdy, zhoršení úrodnosti a k znehodnocení ekologického aspektu (MZE ©2010). Nadměrné utužení půdy má negativní vliv na půdní prostředí, zvyšuje se energetická náročnost při zpracování půdy, je zřejmý viditelný pokles výživy rostlin, působí negativně na výnosnost a kvalitu produkce plodin. Nepřiměřené utužení půdy způsobuje pomalou infiltraci vody do půdy, přičemž negativně přispívá povrchovému odtoku za vzniku nežádoucí vodní eroze půdy. Dalším nežádoucím znakem je snížení retenční schopnosti půdy a intenzivní výpar vody. Pro utužené půdy se zavádí celá řada nápravných opatření. Agrobiologická opatření napomáhají v prevenci a minimalizují utužení půdy pomocí dodáním dostatečného množství organického hnojiva. To pozitivně ovlivňuje biologické procesy v půdě, jako je výživa edafonu a kladně působí na půdní vlastnosti (Javůrek, Vach 2008). Kyselé jílovité půdy mají nízký obsah humusu a řadí se do kategorie nejohroženějších půd z hlediska utužení. Preventivní opatření spočívá ve snížení provozu těžkých strojů v pásmu náchylnějších půd na utužení. Dalším nezbytným nápravným opatřením, jak předejít utužení půdy, je používání organických hnojiv a vápnění. Kvalitativně hodnotnou strukturu půdy lze dosáhnout rovnoměrnými osevními postupy (Pavlů 2018). Další nápravný prostředek pro zamezení utužení půd je snížení počtu pojezdu, regulace pojezdů na jaře nebo po orbě, ježdění v jedné koleji, podhuštěné pneumatiky, vhodně zvolená šířka pneumatik a další protierozní ochrany půdy (Sáňka, Materna 2004). Běžné obdělávání půdy z dlouhodobého hlediska má negativní dopad na utužení půdy a vytváření hrubé orby, má vliv na fyzikální vlastnosti půdy, průtok vody a prorůstání kořenů do hlubší vrstvy zeminy, dochází zde k degradaci půdy a snížení úrodnosti. V Číně byla vybraná lokalita se suchým klimatem, kde byl proveden pokus ve zpracování půdy pomocí podmítky po dobu 8 let. Byly zde porovnány 2 způsoby obdělávání půdy se zaměřením na pórovitost půdy, objemovou hmotnost půdy, obsah organického uhlíku a další hodnoty. Čínská studie ukázala, že obděláváním půdy podmítkou se zvýšil počet pórů v půdě a celková pórovitost (Wiley ©2021).

| Potenciální zranitelnost půd utužením | Zastoupení (%) | Výměra [ha] |
|---|---|---|
| vysoká | 16,20 | 677 316 |
| vyšší střední | 16,84 | 703 832 |
| nižší střední | 21,51 | 899 252 |
| nízká | 23,71 | 991 028 |
| zanedbatelná | 19,59 | 818 737 |
| nehodnoceno na ZPF | 2,15 | 89 650 |
| **Celkem** | **100,00** | **4 179 935** |

*Tabulka 2: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením (eAGRI).*

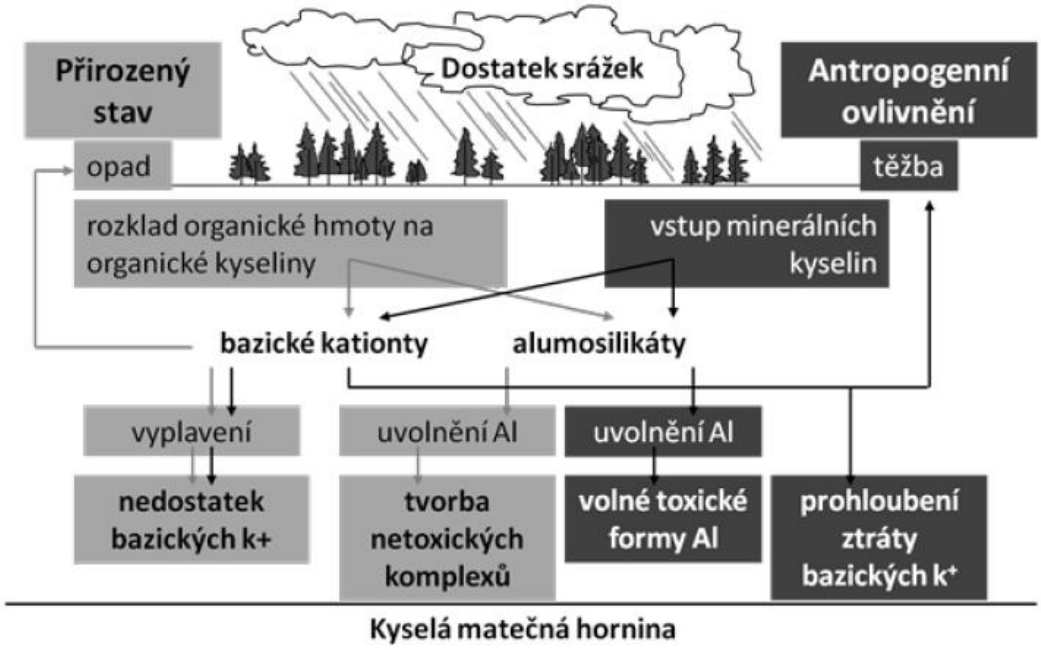
Desertifikace je proces zvětšování pouští v důsledku antropogenní činnosti. Tento typ degradace je určujícím znakem v Africe, kde dosahuje 80 % zničených půd na tomto kontinentě. Důvody, proč dochází k degradaci je odlesňování a intenzivní pastva, tyto procesy mají za následek úbytek mikroflóry a následující zrychlenou mineralizaci půdní organické hmoty. Poškozená svrchní část půdy pak není odolná zejména větrné erozi. Nápravná opatření se zaměřují na ochranu půd před erozí, zajištění povrchu půdy vegetací s hojnou organickou hmotou včetně kvalitní struktury lze zamezit erozním pochodům (Pavlů 2018).

Kontaminace půdy je způsobena zvýšeným obsahem rizikových látek v půdě nebo tolerancí limitů obsahu určitých látek v půdě. Jsou známy dva zdroje kontaminace geogenní a antropogenní. Geogenní kontaminace určuje množství prvků ve zvětrávané hornině, tyto nebezpečné látky jsou rozptýleny v celé hornině. Antropogenní kontaminace integruje v sobě různé charakteristické znaky zaviněné lidskou činností. Jedná se o polutanty přicházející z průmyslu, ze spalování odpadků z domácností, používání umělých hnojiv, hnojením pesticidů, kontaminace nebezpečných látek do půdy z dopravních nehod nebo aplikace kalů a digestátů (Pavlů 2018). Podle místa vzniku se dělí kontaminace na lokální nebo difúzní. Lokální neboli bodová kontaminace je zatížena zejména průmyslem, těžbou a zpracováním nerostů, ukládání odpadů nebo havárie spojené s únikem nebezpečné látky. Zemědělská půda je ohrožena lokální kontaminací způsobenou použitím hnojiv a kalů

ČOV. K difúzní kontaminaci znečištěných látek dochází sedimentací prachových částic nebo srážkovým přenosem polutantů pocházejících z průmyslu a dopravy. (Sáňka, Materna 2004) Dále rozeznáváme kontaminaci rizikovými prvky jako jsou Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, As, Cr, Ni, Co, další skupina kontaminantů jsou cizorodé organické látky, které pocházejí z antropogenní činnosti. Jedná se především o ropné deriváty, minerální oleje, pesticidy, rozpouštědla, léčiva atd. Rizikové prvky se v půdě nacházejí ve formě rozpustné ve vodě, vázané v sorpčním celku, poutané na organickou hmotu, v oxidech, uhličitanech, sulfidech a fosforečnanech. Postupy k odstranění kontaminací se zakládají na extrahování toxického prvku nebo látky v půdě, rozpadu látky nebo stabilizací toxických látek. Fytostabilizační nebo fytoremediační opatření se navrhují tam, kde kontaminant přechází z půdy do vegetace. Kontaminované rostliny se sklízejí bez dalšího využití pro potraviny a dále s nimi nakládá jako biomasa ke spalování. Biologický rozklad u organických látek usnadní odbourání nežádoucích prvků pomocí kypřením půdy ovšem jen částečně (Pavlů 2018).

Acidifikace je za normálních okolností proces vyskytující se přirozeně v přírodě, kdy dochází k okyselování půdy v místech s chladnějším klima, vysokým úhrnem srážek, na kyselých půdách a za účinku pomalého zvětrávání, tyto podmínky splňují jehličnaté porosty. Degradační proces acidifikace se projevuje sníženou pufrační schopností. Acidifikace je značně ovlivněna antropogenními činnostmi, ty jsou v podobě emisí oxidu siřičitého pocházejícího ze spalovaní fosilních paliv nebo z oxidů dusíků ze spalovacích motorů určujícími faktory znečištění. Emise se takto za pomocí atmosférických srážek dostávají přeměnou na kyseliny ($H_2SO^4$ a $HNO^3$) do půd. Spotřebování bazických iontů a snížení jejich pH se řadí do prvních negativních znaků acidifikace. Zrychlené zvětrávání alumosilikátů je doplněné mohutným přechodem hliníku z pevné fáze do fáze mobilní eventuálně toxické. Přirozené zvětrávání alumosilikátů pomocí kyseliny uhličité nebo organických kyselin je primární proces podzolizace a zdrojem hliníku v půdě. Antropogenní acidifikace způsobená přítomností minerálních kyselin ($H_2SO^4$ a $HNO^3$) má za následek dlouhodobou a intenzivní mobilizaci hliníku. Zvýšená koncentrace hliníku v půdním roztoku nebo v povrchových vodách obsahuje až 70 % kapacity vyměněného sorpčního komplexu postižených půd acidifikací. Nevhodná aplikace kyselých hnojiv do zemědělských ploch přispívá k okyselování půd. Nápravná opatření vedoucí ke snížení acidifikace se dělí do 3 skupin. Jedná se o snižování emisí a depozice acidifikantů, biologická ochrana a chemické úpravy půd. Biologické nebo agrotechnické opatření na zemědělských půdách se rozumí částečné obdělávání, volba a střídání plodin a

zanechání posklizňových zbytků. Obsah organických látek v kyselé půdě lze zlepšit aplikací kompostu s doplněním bazických kationtů. Chemická meliorace je dodání hnojiv do půdy, která má za cíl zvýšení pH a zásobu látek nezbytnou pro výživu organismu. Do základního melioračního opatření se řadí vápnění půd. Rozeznává se vápnění udržovací, kde je potřeba udržet hodnotu pH a živin na stejné úrovni a vápnění meliorační kde je cílem zvýšit pH a obsah živin (Pavlů 2018).




*Obrázek 7: Mechanismy přirozené a antropogenní acidifikace (Pavlů, 2018).*

Salinizace je označení pro chemický degradovaný stav půdy způsobené zasolením. Primární původ pochází z matečné horniny, kdy se soli uvolňují zvětráváním. Důležitými nepříznivými zdroji zasolení jsou atmosférické depozice, podzemní a závlahové vody, průnik slané mořské vody, použití hnojiv, odpadní vody a kaly (Šimek 2007). Jedna ze zásadních příčin zasolování půdy je, že při vzlínání podzemních vod na povrch půdy se za procesu vypařování tvoří krystalky soli, které zůstávají v půdě nebo na jejím povrchu (eAGRI). Další příčina zasolení vzniká při intenzivním zavlažování nebo neúměrnou aplikací hnojiv. Nepříznivý vliv na salinizaci má změna klimatu při vysokých teplotách a s častějším obdobím sucha. Degradace půdy salinizací v ČR je spíše lokálním jevem (Pavlů 2018).

## 3.8. Eroze

### 3.8.1. Eroze obecně

Eroze půdy je přírodní proces kdy vlivem vody, větru a ledu dochází k narušování povrchu půdy, přenosu půdních částic a jejich dalšímu usazování. Erodologie je vědní obor o erozi půdy zabývající se příčinami jejího vzniku, důsledky a postupy ochrany proti ní. Historické poznatky o degradaci půdy erozí spadají do doby více jak 7000 let staré. Význam eroze ve svých knihách popsali geologové a geomorfologové, kteří svoji sledovanost zaměřili zejména na změny povrchu země. Hrazení bystřin bylo dalším zdrojem, které odkrylo důležité údaje do oboru erodologie z pohledu eroze. Uznávaným zakladatelem erodologie byl americký erodolog H. H. Bennet, který napsal ojedinělé dílo „Soil Conservation“ (1939). Začátky využívání půdy pro zaopatření si obživy se datují na našem území v období neolitu 5000 let př. n. l., kdy byly vhodné klimatické podmínky s dostatkem tepla a vláhy. To sebou přineslo zrychlený proces eroze půdy, kdy byl narušen přirozený pokryv půdy lidským zásahem, jenž byl utvářen na podstatné části našeho státu lesních společenstvem. Toto hospodaření se označovalo jako žďáření lesů a po vyčerpání úrodné půdy a zaplevelení, byla místa opuštěna. V současné době je eroze půdy celosvětovým problém, který se musí řešit globálně. Na zemědělských půdách dochází každý rok ke ztrátám až tisíce $km^2$ z důsledku eroze. Střední až silnou erozí půdy je nejvíce ohroženo Turecko, kde se odhaduje až 78 % plochy z celkového území země. Odhady ukazují, že je každoročně průměrně transferováno 1,2 miliardy tun půdy a 550 milionu tun je nezvratně ztraceno v jezerech, nádrží a moří. Tento problém je zapříčiněn odlesňováním na velkých plochách, chybným hospodařením a intenzivní pastvou (Janeček 2008).

### 3.8.2. Druhy eroze

Na základě erozních faktorů se eroze člení na vodní, větrnou, ledovcovou a sněhovou. Vlivem vnějších činitelů eroze tvoří na povrchu země různé tvary.

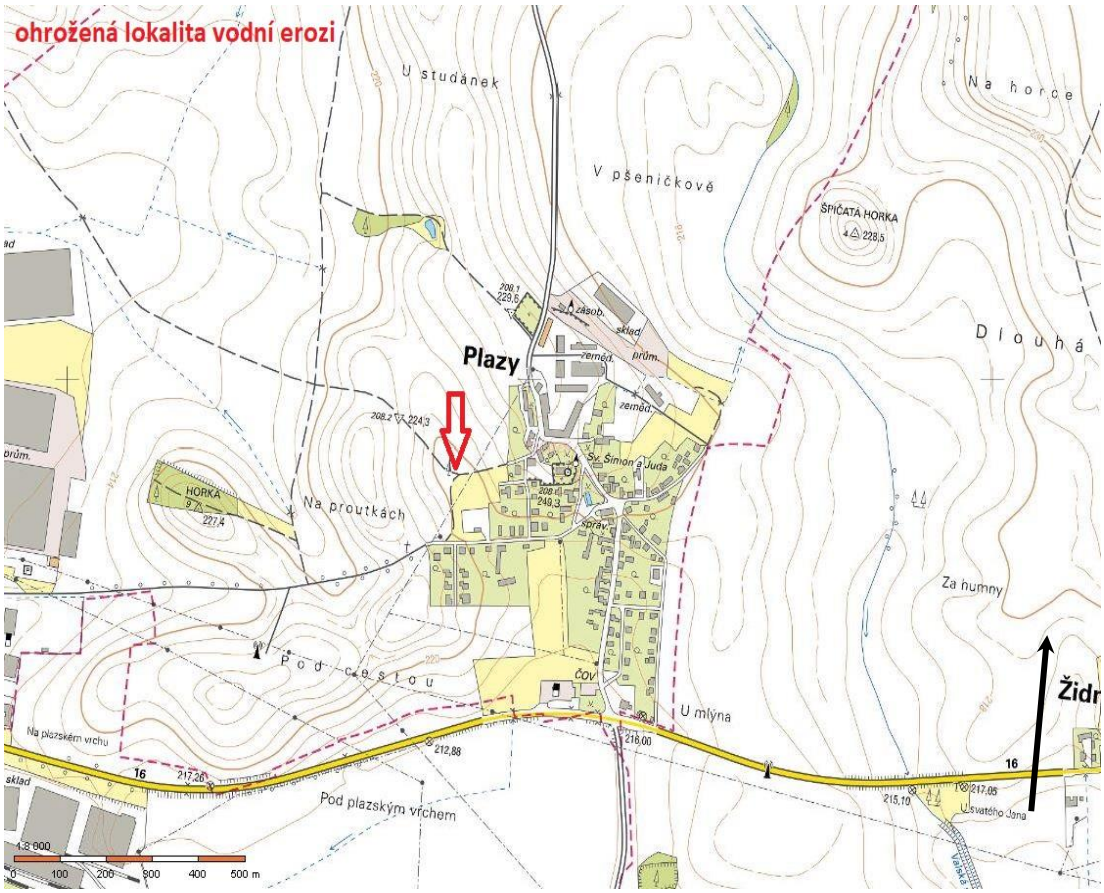
Vodní erozi lze definovat jako narušování povrchu země působením dešťových kapek a povrchovým odtokem. Rozlišuje se podle formy na erozi plošnou, výmolnou a proudovou. Plošná eroze se vyznačuje vymíláním půdy takřka stejnoměrně po celé ploše pozemku nebo části svahu. Při plošné erozi dochází postupně ke snižování půdního profilu někdy až na horninové podloží. Plošná eroze je rozfázována do několika kroků, první z nich kapková eroze, kdy se v půdě vytvářejí drobné kapky. Pro následující fázi plošné eroze je určující pohyb vody po šikmé ploše povrchu půdy.

Malá pohybová energie vody způsobí vyplavení jemných půdních částic a výsledkem toho je pak mohutný selektivný účinek. Na povrchu půdy se vytvoří hrubozrnný nános skeletu, který slouží k ochraně půdy před narušením dopadajících kapek a smyvu. Při koncentraci vody dochází k plošnému soustředěnému odtoku za vzniku rýžkové eroze, rýhy mají různou hloubku a šířku v několika cm. Na základě příčného tvaru profilu lze rozpoznat rýhy ploché, úzké, široké a oblé. Vodní srážky značně ovlivňují erozi při povrchovém a podpovrchovém odtoku a jsou příčinou vnitropůdní eroze. Výmolná eroze nastává po prudkých přívalových dešťových srážkách, které trvají krátkou dobu. Látky unášené výmolnou erozí mají větší zrnitost (Janeček 2008). Výmolné eroze nastávají v lokalitách, kde se koncentrují a stékají přívalové vody, zejména se jedná o úžlabiny, údolnice, cesty a příkopy, to vše je zapříčiněno charakterem pozemku a vlastností půdy (Novotný a kol. 2017). Eroze proudová se vyznačuje vymíláním vodních toků, která je způsobená soustředěným povrchovým odtokem a vodními proudy (Sklenička 2003). Eroze negativně ovlivňuje funkce půdy a to takovým způsobem, že dochází ke snížení půdního profilu pro rostlinstvo, úbytku organické hmoty, výživných látek, semen a sadby. Eroze primárně znehodnocuje pěstované plodiny a má nežádoucí dopad na vsakování vody do půdy a její akumulaci. Nelze opomenout vedlejší účinky eroze, kdy vlivem unášení půdních částic dochází ke znečištění vodních toků a nádrží. V některých případech při vodní erozi vznikají škody na majetcích, budovách atd. (ÚZEI ©2021).

Sněhová eroze neboli nivální vzhledem k podnebí v ČR je nepatrná, přesto má svoje specifické znaky. Kinetická energie sněhových srážek při spadu na povrch půdy je minimální a veškerá energie vychází jen z odtékající vody. V zimním období jsou zemědělská pole bez vegetace a neprovádějí se žádné pěstební ani agrotechnické práce. Rýžky a rýhy jsou v původním stavu, působením vody se stávají činnými a rozšiřují se. V zimním období je bilance vody v půdě vyšší, to má za následek nižší výpar při nízké teplotě a minimální odběr vody vegetací. V zimě má voda tendenci setrvávat na povrchu půdy. Vodní eroze způsobená táním sněhu je silná a v poměrně krátkém čase dochází k prudkému odtoku vody. Infiltrační proces vody u promrzlých půd je odvozen od půdní vlhkosti na počátku zamrznutí a odvíjí se od střídání fází promrznutí a tání. Při tání vodou zaplněné póry promrzají a zamezují infiltraci. Další doprovodné specifikum u sněhové eroze jsou písečné pánve, které se utvářejí ukládáním písku na povrchu mikroreliéfu a v místech, kde dojde k odtoku přes sněhovou pokrývku. Voda a jemné částice prostoupené sněhovou pokrývkou, písek a hrubé látky se zdržují na krajích plochých a širokých rýh. Na počátku tání sněhu při zvýšení kapacitě odtoku vznikají široké a ploché rýžky, které se pozvolna dostávají

do mokré půdy. Transportní kapacita vody má za následek, že rýhy a rýžky se propojí a v profilu se vytvářejí hluboké strže (Janeček 2008).

Konkrétní erozní událost v intravilánu obce způsobená rychlým tání sněhu měla za následek zadržení vody na povrchu půdy. Dalším negativním faktorem, která způsobila tento jev, je sklonitost pozemku s nesprávným způsobem zpracování půdy, není zohledněno obdělávání po vrstevnici. Orba je téměř kolmá s polní cestou, není zde žádný přechod mezi pozemkem a komunikací. K procesu zrychleného tání sněhu přispěly teploty kolem 10ºC v kombinaci s vyšší pokrývkou sněhu a dešťovými přeháňkami. Na obrázku č.8 je vyznačeno místo výskytu ohrožení půdy. Jedná se o lokalitu s opakovanými výskyty při trvalejších deštích. Odvodnění je zde řešeno pomocí drenáží, které jsou svedeny do příkopu a dále pak do recipientu.




*Obrázek 8: Místo výskytu ohrožení půdy (ČZÚK ©2021).*

*Obrázek 9: Důsledek sněhové eroze (zdroj autorka).*

Větrnou erozi charakterizuje pohyb větru, který pomocí mechanické síly narušuje půdu a strhává půdní partikule, ty se dají do pohybu a jsou unášeny do různých vzdáleností. Půdní částice se pohybují při větrné erozi několika způsoby. Suspendované nejmenší půdní částice jsou nadzdvihnuty větrem a odneseny do daleké vzdálenosti za vzniku prašné bouře. Další pohyb půdních částic je skokem, kdy je přemístěno maximum půdní hmoty. Poslední způsob je popsán jako sunutí půdních částic na povrchu půdy větších a těžších částic. Hlavním faktorem větrné

eroze je vítr a jeho unášecí síla v závislosti na rychlosti větru, v časové délce, kvantitě a výskytu větrů (Janeček a kol. 2012).

### 3.8.3. Příčiny vodní eroze

Jedna z prvních příčin vodní eroze byla intenzifikace zemědělských pozemků v 50 letech minulého století, kdy byly prováděny zásahy do hydrografických a krajinných prvků. To mělo za následek zorání mezí a zatravněných údolnic, rušení polních cest a remízků. Došlo k zvětšování pozemků, menší půdní plochy se spojily ve větší, tím bylo zrušeno pěstování různých druhů plodin vedle sebe, které by si vzájemně doplňovaly vláhu a organické látky. Na velkých půdních plochách při vodní erozi dochází ke smyvu obrovského množství nejkvalitnějšího půdního substrátu. V blízkosti intravilánů obcí tak způsobí škody na majetku, dojde ke kontaminaci vodních toků, rybníků a v neposlední řadě dojde k znehodnocení zemědělské půdy a snížení úrodnosti. Rozhodující faktor pro vznik vodní eroze je sklonitost pozemku společně s délkou pozemku po spádnici, další určující faktor je dán druhem vegetace, kterou ji pokrývá, dále vlastnostmi půdy a její dispozicí k erozi a v konečném důsledku také opakující se četnost přívalových srážek se střídáním suchého období. Spojení všech faktorů ovlivní rozsah eroze do velké míry. Nejvíce erozně ohrožená půda je od června do srpna, kdy spadne 80 % rizikových srážek. V tomto časovém horizontu by půda neměla být bez vegetačního krytu. Vysoké ohrožení půdy vodní erozí lze očekávat také na jaře v období tání sněhu. Dalším ukazatelem pro vznik vodní eroze je deficit organické hmoty v půdě. Přítomnost organické hmoty dodává stabilní půdní strukturu a na základě toho se stává půda odolná proti změnám počasí, zvládá odolávat dalším biotickým i abiotickým činitelům. Pomocí organických látek jsou spojovány jednotlivé půdní částice do půdních agregátů za vzniku pórů, toto je důležité pro infiltraci vody do půdy a snížení povrchového odtoku. Kvalitním znakem obsahu organické hmoty je retenční schopnost vody neboli zadržení vody v krajině, tím se zmenší nebezpečí povodní a sucha (Novotný a kol. 2014). K vodní erozi velkou mírou přispívá fakt pěstování plodin na široko v místech, kde je půda náchylná k tomuto procesu. Jedná se o plodiny např. kukuřice, brambory nebo cukrová řepa.

### 3.8.4. Protierozní opatření

Ochrana zemědělské půdy spočívá v nastavení protierozních opatření, a to zejména na pozemcích, které se nacházejí ve svahu. Zavedení konkrétních postupů ochrany má zajistit účinnost zmírnění smyvu půdy a ochranu budov, ochranu vodních zdrojů, toků a nádrží, ochrana intravilánů měst a obcí. Jedná se o soustavu

organizačních, agrotechnických a technických opatření, které se navzájem doplňují a dodržují konkrétní potřeby a možnosti zemědělské výroby (Janeček a spol. 2007).

V organizačních protierozních opatření je důležité se zaměřit na polohu pozemku, která má být orientována po delší straně ve směru vrstevnic, vymezení velikosti a tvaru pozemku. Do základních pravidel zamezující vodní erozi patří správné načasování setí rostlin, zařazení víceletých pícnin do krycích plodin např. jeteloviny do kukuřice, pásové střídání plodin, podmítku neboli mělkou orbu přesunout na podzim, kdy si předpokládá nižší četnost dešťových srážek, zavedení bezorebného způsobu setí, které je šetrné k půdě. (Janeček a spol.2007) Zařazení meziplodin patří do lepšího způsobu obdělávání a má několik výhod, zadrží vodu v půdě, zabraňuje výparu, zvyšuje organickou složku v půdě, zvyšuje dusík v půdě, dodává nezbytné živiny, vzniká obranyschopnost proti rozbahnění, půda má větší odolnost proti zarůstání plevelem, některé druhy zabraňují proti napadení škůdců a vzniku různých nežádoucích plísní. Živý mulč, který byl součástí původní plodiny a společně s meziplodinou vytvoří dostatečnou ochranu před erozí. Tímto způsobem se půdě zlepší biologické vlastnosti a dojde i k vyšším výnosům plodiny. Jako další způsob a použití meziplodin je zelené hnojení, po sklizni se části nadzemních zbytků zaorají na podzim do půdy a společně s kořeny se rozkládají přes zimu na potřebný humus. Způsob je vhodný, tam kde není možné použít chlévský hnůj z důvodu absence živočišné výroby (Žít krajinou ©SPÚ2021).

Agrotechnická protierozní opatření jsou technologické způsoby zpracování půdy, které ochrání půdu před možnými nežádoucími vlivy vodní eroze a v místech kde je půda ohrožena např. v horských oblastech, v blízkosti vodních toků a intravilánů obcí. Do těchto ochranných technologií lze zařadit obdělávání po vrstevnici, dále pak zanechání zbytků po sklizni na povrchu půdy, tento způsob zanechá tzv. mulč, která je zdrojem organické hmoty, napomáhá také k optimální vlhkosti půdy, další technologie je pak setí do strniště, hrázkování se uplatňuje zejména u sázení brambor. Při tomto způsobu ochrany se vynechává hluboká orba a jsou zvoleny způsoby obdělávání, které méně zatěžují půdu, např. se jedná o kypření, mulčování a setí probíhá pouze do podmítnuté půdy (Profi Press ©2021).

Hlavním úkolem technického protierozního opatření je zamezení vniknutí vody a smyvu půdy do blízkosti nebo přímo do intravilánu obcí a ochrany komunikací. Opatření se navrhují z hlediska ochrany a bezpečí intravilánu a důležité kritérium je opakování přírodního jevu. Pokud se jedná o rozlehlejší místa, která zasahují do katastru obce, je toto řešeno v rámci pozemkových úprav. Pro správnou funkčnost

nastavení protierozního opatření je zapotřebí splnit několik zásad, do kterých se řadí přerušení délky svahu po spádnici a odvedení povrchového soustředěného odtoku pomocí příkopů, průlehů, zatravněné údolnice apod., dále pak zadržet smytou zeminu a povrchový odtok, kdy lze uplatnit hrázky, sedimentační, retenční nádrže a další. Dále se musí být zohledněna změna sklonu pozemku, kde se navrhují terasy nebo terénní urovnávky (Novotný a spol. 2017).

Protierozní příkop se navrhuje tam kde je potřeba přerušit svah a lze se napojit na cestu, mez nebo biokoridor. Příkop směřuje po vrstevnici s menším podélným sklonem, je navrhován tak, aby splňoval nároky při opakovaných deštích po dobu minimálně 5 let. S ohledem na následnou údržbu je vhodné použití materiálu z betonu jako jsou např. a žlabovky. Dalším prvkem napomáhající zadržení vody je založení zeleného pásu s pravidelnou údržbou sekání. Je potřeba zohlednit těžkou pojezdovou mechanizaci, v tom případě se budují mostky v těchto místech. Příkopy lze rozdělit na základě jejich funkčnosti, a to na záchytné, sběrné a svodné. Příkop záchytný se zpravidla buduje nad lokalitou kde má zamezit vniknutí cizích vod na pozemek. Cílem je zachytit odtékající vodu a odvést ji mimo zájmové území až do recipientu. Příkop sběrný se navrhuje jako přímá ochrana zemědělských pozemků a má za cíl zkrátit délku vodního toku a zamezit ztrátě půdy. Tyto příkopy se budují jako nezpevněné s ohledem na umístění pro případné čištění. Vzdálenost od horní části pozemku nebo jednotlivými příkopy se navrhuje na základě erozního ohrožení. Příkop svodný slouží jako recipient příkopů sběrných nebo záchytných. Úkolem příkopu svodného je zachycenou vodu odvést do recipientu s překonáním výškového rozdílu. Svodné příkopy jsou nejčastěji zpevněny betonovými žlaby na dně příkopu. Pro překonání výškového rozdílu, zpomalení průtoku vody, jsou na konci umístěny kaskádovitě kostky. Svodné příkopy jsou navrhovány tak, aby veškerou vodu svedly do recipientu (Novotný a spol. 2017).

Do dalších technických protierozních opatření patří průlehy, které mají podobnou funkci jako příkopy s tím rozdílem, že mají mírnější sklon z důvodu možnosti přejezdu zemědělské techniky. Je vhodné je budovat u pozemků se sklonem pod 10%. Průlehy jsou v příčném profilu zpravidla zatravněné, nad průlehem jsou zakládány travní drnové pásy pro zachycení sedimentu ze smyté půdy. Podélný profil průlehu lze dosázet další vegetací, stromy, keři atd. Průlehy se dělí obdobně jako příkopy na záchytné, sběrné a svodné (Novotný a spol. 2017).

Zatravněné údolnice se stabilizovanou dráhou soustředěného odtoku jsou dalším způsobem jak bezpečně odvést vodu povrchovým odtokem z pozemku.

Mohou také sloužit jako recipient protierozních příkopů a průlehů (Novotný a spol. 2017). Příčný profil se podobá parabole s malou hloubkou, zatravněná údolnice má zde funkci zpomalení odtoku vody aniž by došlo k erozi. Vegetační kryt má význam z pohledu zpomalení průtoku vody a množství vody, která tudy protéká. Důležitým faktorem je zde volba travní směsi jejichž kořenový systém dokáže svojí kompaktností a kvalitou posílit půdu a snižuje odnášení půdních částic. Je vhodné zohlednit druh travní směsi s ohledem na umístění a lokalitu. Údolnice se navrhují na základě analýz skutečně vzniklých erozních událostí, ať už to jsou přívalové srážky nebo tání sněhu (Janeček a kol. 2012). Travní porost by měl být pravidelně udržován sečením, podél údolnice lze osázet stromy.

Protierozní hrázky se zakládají na pozemku ve směru vrstevnic a ve spodní části zemědělských pozemků jako ochrana před vniknutím vody a nánosů z půdy do intravilánů obce. Hrázky jsou navrhovány tak, aby plocha před hrázkou a výška hrázky byly schopné zadržet vodu, budují se do výšky 1 až 1,5 m vysoké, obdobně jako údolnice jsou hrázky zatravněné, navíc jsou doplněny výpustěmi s přidáním ochranné mříže nebo použitím česlí na betonové skruže, která zachytí nečistoty smyté z půdního povrchu. V místech menšího výskytu dešťů a dobré propustnosti půdy se navrhují vsakovací hrázky, které jsou doplněné podélně drenáží. Odváděcí hrázky nacházejí uplatnění v lokalitách, kde více prší v kombinaci s hůře propustnými půdami (Janeček a kol. 2012).

Protierozní nádrže jsou účinnými opatřeními, které slouží k akumulaci, vsakování, zpomalování povrchového odtoku a k usazování sedimentu. Nabízí se zde několik návrhů na vybudování protierozních nádrží a rozdělují se dle funkčnosti na suché, které jsou určeny pro minimální zdržení vody a smytého nánosu. Další skupinu tvoří mokré nádrže, které jsou navrhované na stálý stav vody v nádrží s odděleným místem pro sedimentaci a retenci, jsou doplněné o objekty hráz, výpusť, bezpečnostní přeliv a nápustný objekt. Dobrý předpoklad k navrhnutí nádrže je podmíněn reliéfem okolí, vlastnostmi půdy, jejího podloží a pro správné uspořádání nádrže z hlediska akumulace vody a umístění hráze. Navrhované nádrže průtočné nebo boční musí projít průzkumem, kde se hodnotí poměry podzemní vody, reliéf, složení a vlastnosti půdy. Při plánování nádrží je důležité zohlednit kapacitu přitékající vody z přívalových dešťů a tání sněhu. Stavba nádrže je konstrukčně řešena, tak aby odolala namáhání, odpovídala statickému zatížení a deformační stabilitě. Cílem je vybudovat takovou nádrž, která bude splňovat požadavky na vodotěsnost, stabilitu, zatížení vodou a dlouhodobou životnost (Janeček a kol. 2012).

Protierozní meze vznikají zpravidla ve spojení s průlehem nebo příkopem přičemž mají hlavní funkci zadržet a usměrnit povrchový odtok vody v návaznosti na krajinotvornou funkci. Protierozní meze mají podobu malých valů jsou zatravněné a osázené vegetací. Lze sem zařadit původní stromy, keře nebo i ovocné stromy. Určujícím faktorem protierozního opatření je plnění funkce průlehu nebo příkopu. Materiál odebraný z průlehu je doplněn do valů, tím se vyrovná využití materiálu pro val i průleh. Pro správnou funkcí meze se doporučuje vysázet nad průlehem nebo příkopem travní drnový pás, který splní funkci zachycení sedimentů unášených z povrchového odtoku vody. Smytá zemina a povrchový odtok je v některých případech sveden do recipientu. Údržba vysázené vegetace spočívá v pravidelné zálivce po dobu alespoň 3 let, dobré je i vysekávání průlehů k docílení dobré kvality drnu a dosáhnutí rovnováhy (Novotný a spol. 2017).

Terasování se uplatňuje na pozemcích s hlubokými půdami a sklonem, který zde dosahuje > 20 % a je účinným opatřením proti erozi. Terasy jsou vhodné pro dlouhodobé pěstování plodin a hojně se využívají pro ovocné stromy a vinice. V plánování teras je důležité zohlednit tvar, umožnění vjezdu na pozemek a vyhovující hydrologické podmínky. Rozlišují se terasy úzké určené pro pěstování ovocných stromů nebo vinné révy ve 1 až 2 řadách. Na plošinách širokých teras se pěstují plodiny ve 3 a více řadách za sebou (Janeček a spol.2007). Pro technické zpevnění teras se staví opěrné zdi, na které se použijí kameny nebo beton. Zemní terasy jsou zpevněny pouze vegetací. Z pohledu návrhu je nutné posoudit pozemek na podmínky reliéfu, půdní poměry, hydrologii a celkový ráz krajiny (Novotný a kol. 2014). V našich přírodních podmínkách se jedná o náročnou technickou úpravu a s nemalým finančním zatížením. Terasy nacházejí uplatnění více v zahraničí než u nás. Dobrým příkladem jsou terasy, na kterých se pěstuje rýže v asijských zemích. Zavlažovací systém zde funguje na principu vybudovaných kanálů umístěných v terasovitých polí. Voda použitá pro zavlažování pochází z horských pramenů. Terasy jsou navrhovány tak, aby ochránili zemědělskou půdu před vodní erozí, obsahují také estetické znaky krajině blízké. A v neposlední řadě plodiny pěstované tímto způsobem mají znaky ekologické šetrnosti a hospodárnosti.

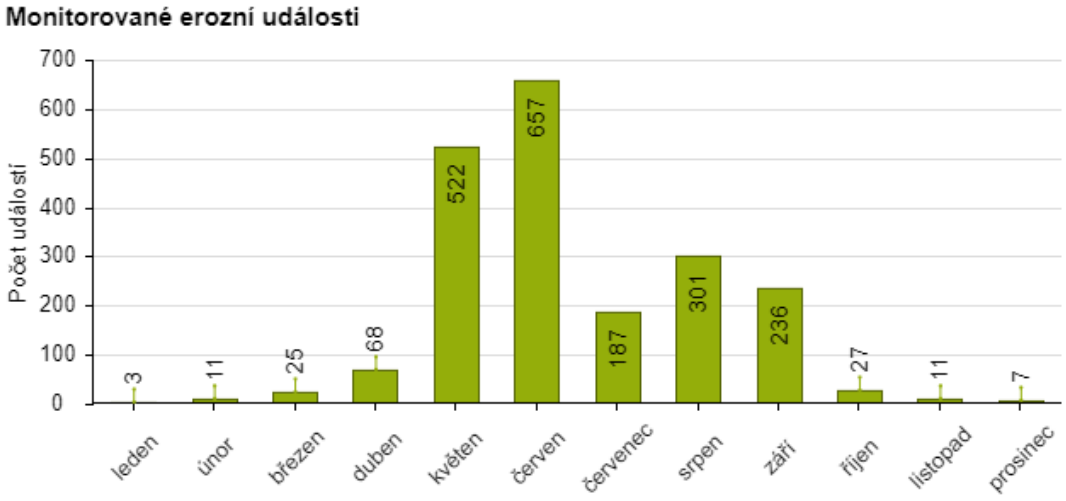
*Obrázek 10: Terasovité pěstování rýže (www.pikist.com).*

## 3.9. Monitoring eroze zemědělské půdy

### 3.9.1. Význam monitoringu

Planeta Země prošla několika změnami a ani Česká republika není výjimkou. Globální oteplovaní má vliv na celou planetu a kvalitu života lidí na Zemi. Člověk svým zapojením do děje urychlil proces změn a to tak, že zavedl technické úpravy v krajině a intenzivní hospodaření na zemědělské půdě. Takto degradovaná půda nezvládne udržet vlhkost v půdě a povrchový odtok odnáší organickou hmotu nenávratně pryč. Přívalové srážky velkou měrou snižují úrodnost, splaveniny a sedimenty zanáší cesty a vodní toky, působí škody na majetku. Aby se předcházelo těmto erozním událostem byl vyvinut systém, který monitoruje stav zemědělské půdy. Monitoring eroze zemědělské půdy byl vytvořen společnými silami Státního pozemkového úřadu a Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy, v.i.i. Tento proces sbírá a eviduje informace o erozních událostech a provádí jejich vyhodnocení. Primárním cílem monitoringu je obstarat materiály s popisem problému o vzniklé erozní události, jejich příčinách a následné kontroly o účinnosti nebo neúčinnosti nastavených protierozních opatření. Monitoring prezentuje události po vodní, větrné erozi a po stékání (VÚMOP ©2021). Do databáze se ukládají informace o erozních událostech, ke kterým došlo na území ČR se záznamem lokality, času a popisem události. Konkrétní informace jsou zpracovány a vyhodnocovány na různých stupních úrovně. Monitoring eroze zemědělské půdy je systém, který je aktivně udržován pro další účely zpracování analýz a statistiky. Databáze obsahuje pouze nahlášené erozní události, které se

stanou na území ČR, ve skutečnosti je jejich počet větší. Monitoring eroze se zabývá hlavně analýzou příčin vzniklých sledovaných událostí a navrhuje možná opatření ke snížení negativních účinků (ME ©VÚMOP, v.i.i., 2018). Nahlášení erozní události může provést kdokoliv a tím pomoc ke zlepšení ochrany půdy. Monitoring erozní události na místě provádí zaměstnanec SPÚ, který zapíše do databáze zjištěné informace z terénního průzkumu. Opakovanou erozní událostí můžeme chápat jako událost, která se opakovala minimálně 2x za sebou a doje u ní ke smyvu zemědělské půdy. Řešením pro tyto opakované událostí je zapsání těchto sledovaných částí do dílů půdních bloků DPB s projevem eroze do mírně erozně ohrožené do skupiny MEO a silně erozně ohrožené oblasti SEO (ME © 2009-2021). Na základě analýz je vytvořen plán ochrany, který spočívá v zavedení vhodného výběru plodin a meziplodin, obdělávání po vrstevnici, zavedení remízků, alejí, protipovodňových a protierozních opatření, budování retenčních nádrží a biokoridorů. Důležitým hlediskem je správné rozmístění těchto opatření, které zadrží vodu v krajině.




*Graf 1: Monitorované erozní události za rok 2020 v ČR (me.vumop.cz).*

### 3.9.2. Nástroje monitoringu erozního poškození

Dálkový průzkum Země je věda, která pořizuje potřebné informace o objektech, plochách nebo jevech cestou dat měřených na zařízeních aniž by byla s nimi v přímém kontaktu. Metody DPZ se rozdělují na několik hledisek a to podle postupu zpracování záznamu konvenční např. fotografické nebo nekonvenční metody, pomocí skeneru, radaru, termokamery nebo laseru. Dále pak dle zdrojů energie na pasivní a aktivní, podle druhu nosiče např. satelit, letecké a bezpilotní snímky. A podle druhu velikosti snímacího zařízení. Pro určení analýzy eroze půdy se rozděluji metody do

kategorií na základě získaných informací při navrhování možných erozních událostech (Žížala a kol. 2016).

VÚMOP, v.i.i. společně s SPÚ a MZE v roce 2014 zahájili novou mapovou službu WMS, která slouží k prohlížení a poskytuje informace o monitoringu eroze zemědělské půdy. Jedná se o službu přístupnou pro odbornou i laickou veřejnost, kde je možnost vyhledávání lokalit erozních událostí. K tomuto slouží SW aplikace GIS, kde pomocí dotazu do konkrétní vrstvy je možné obdržet detailní informace o erozní události (eAGRI).

Geoportál SOWAC-GIS se soustředí na téma ochrany půdy, vody a krajiny v ČR, jeho provozovatelem je VÚMOP, v.i.i. Geoportál obsahuje mapové podklady a speciální aplikace. Mapové projekty obsahují současné a historické informace o půdě, vodě a krajině. Tyto data jsou ukládána ve formě map, grafů a tabulek např. Půda v mapách, Půda v číslech nebo eKatalog BPEJ a další. Specializované aplikace jsou zaměřené na ochranu zemědělské půdy nebo protierozní opatření, jedná se o aplikace např. Protierozní kalkulačka nebo Monitoring eroze (© VÚMOP, v.i.i., 2021).

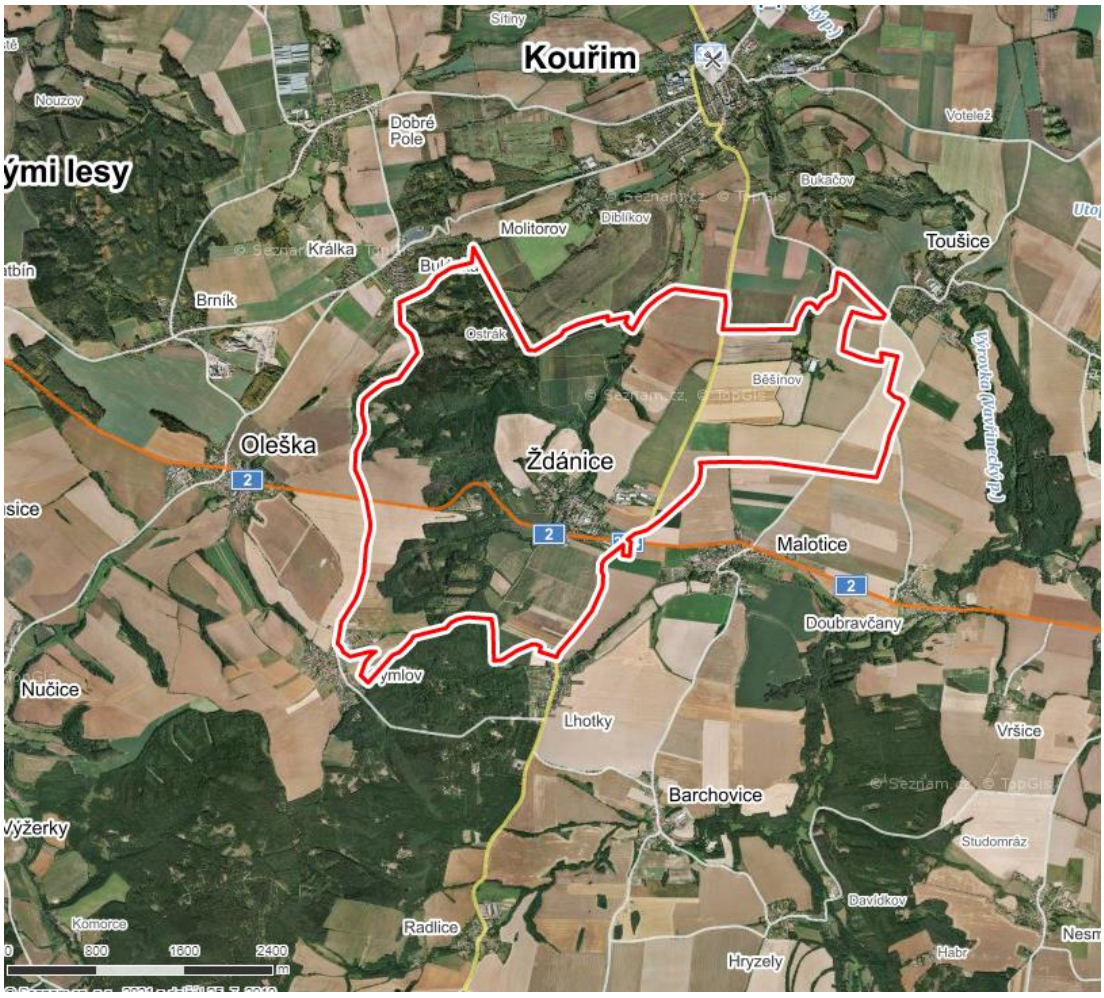
### 3.9.3. Erodovatelnost půdy

Faktor erodovatelnosti půdy K označuje náchylnost půdy k erozi. V univerzální rovnici USLE je popsána jako ztráta půdy z pozemku vyjádřena v $t.ha^{-1}$ na jednotku faktoru erozní účinnosti deště R ($MJ.ha^{-1}.cm.ha^{-1}$). Faktor erodovatelnosti půdy se určuje třemi metodami. První způsob dle vztahu odvozeného pro faktor K, v druhém způsobu to je podle nomogramu sestrojeného na základě uvedeného vztahu a třetí způsob využívá bonitační soustavu půd HPJ hlavních půdních jednotek (Janeček 2008).

# 4. METODIKA

## 4.1. Zájmové území

Na základě monitoringu eroze zemědělské půdy byla vybrána lokalita, kde došlo k erozní události a bylo zde provedeno vyhodnocení erozních událostí č. 1945 a č. 1943. Zasažená lokalita se nachází v katastrálním území Kouřim, Malotice a Ždánice u Kouřimi. Erozní událost č.1945 se stala 2.6.2013 a doba trvání byla od 11 hod do 13 hod. Erozní událost je popisována jako plošná s následným poškozením na průmyslovém objektu. Erozní událost č. 1943 nastala 30.5.2018 v 17 hod a trvala do 1.6.2018 do 16 hod, která je evidována jako plošná a došlo zde k újmě na majetku. Jednalo se o opakované erozní události v lokalitě na samotě Běšínov, kde vznikly škody na průmyslovém objektu a soukromém majetku.




*Obrázek 11: Mapové zobrazení (mapy.cz ©2021).*

K erozní události došlo při intenzivní srážce o celkovém úhrnu 32 mm po dobu 120 min a maximální intenzitě 55 mm/hod. Plošná eroze způsobila odnos orniční

vrstvy z plodin pěstovaných na zemědělských pozemcích. Jednalo se zejména o cukrovku, obilniny a řepku.

## 4.2. Analýza stavu po erozní události

Dne 13.3.2021 bylo provedeno vlastní šetření místa zasaženého erozní událostí č. 1943, ke kterému došlo v roce 2018. Průmyslový objekt a soukromá vila na samotě Běšínov byly poškozeny velkým množstvím unášeného sedimentu. Smyv z půdy se dostal až na příjezdovou cestu a zanesl kompletně cestu, vilu soukromého majitele a průmyslový objekt. Sediment dosahoval téměř do výšky nakládacích ramp v průmyslovém objektu. Tyto objekty jsou umístěny v údolí nad rozsáhlými zemědělskými pozemky. Mezi zemědělským pozemkem a příjezdovou cestou je svodnice neboli hlavní odvodňovací zařízení, která v době erozní události nebyla v ideálním stavu, byla zarostlá nálety a celkově o ní nebylo pečováno. Další svodnice se napojuje z jihu, vede po jižní hranici průmyslového objektu a rozděluje se na levý a pravý tok. V době průzkumu nebyl tento tok zvláštně očištěn a nebo ošetřen. A nelze říct, že splňoval protierozní funkci. Svodnice v době erozní události nedokázaly zachytit smytou ornici a odtok vody právě z důvodu špatné údržby. Svodnice před erozní událostí, byla prakticky zanesena nálety a sedimenty, měla vodorovnou plochu se zemědělským pozemkem nad svodnicí a pod svodnicí. Několik let toto nebylo udržováno.

*Obrázek 12: Erozní událost č.1943 (me.vumop.cz).*

Velké půdní bloky společně s koeficientem sklonitosti, které se nacházejí v této ohrožené oblasti přispívají velkou měrou k erozním událostem. Tyto pozemky jsou ve vlastnictví jednoho majitele, nad těmito pozemky se nacházejí další větší plochy. Ale pokud se vrátíme do historie do let než došlo k zcelování pozemků, hospodařilo zde více majitelů statkářů. Půdní bloky byly rozděleny na více menších ploch, střídaly se zde plodiny po menších částech, to napomáhalo zadržet vodu, vláhu a nedocházelo zde k smyvu ornice. Nedocházelo k erozním událostem. Na obrázku č. 13 je zobrazen pozemek, který byl zasažen vodní erozí a níže je vidět samota Běšínov.

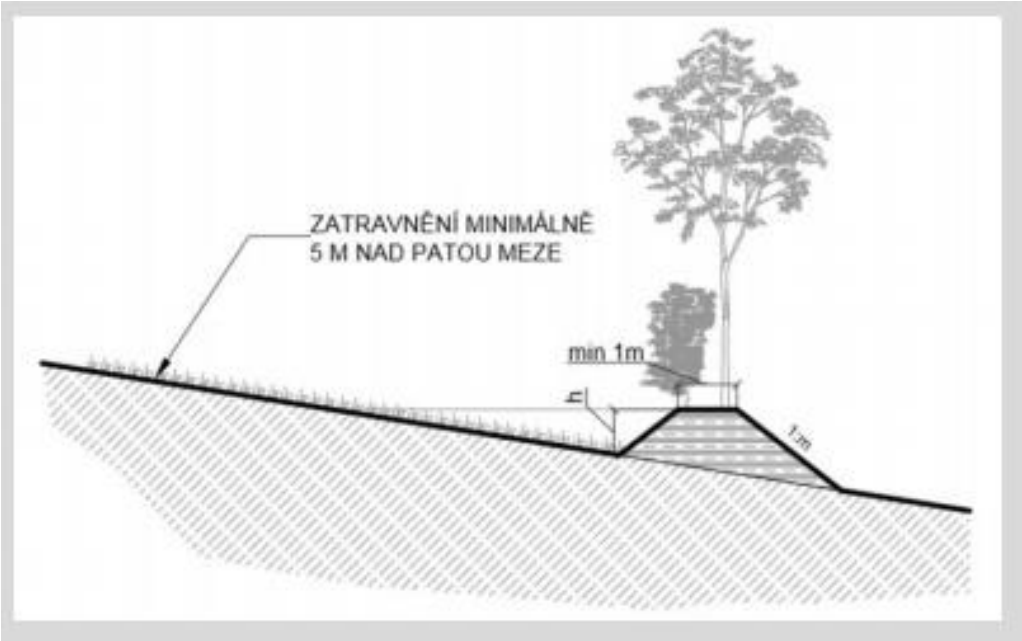
*Obrázek 13: Půdní blok nad samotou Běšínov (zdroj autorka).*

V místě šetření bylo shledáno, že mezi velkými půdními bloky se nachází remízky, pásy s vegetací stromů, keřů a travin, ty však nesplňují protierozní funkci, neboť nepřerušují svah po vrstevnici, ale po spádnici. Navíc jejich stav není v dobré kondici. Dalším zjištěním bylo, že se nedodržuje obdělávání půdy po vrstevnici nýbrž po spádnici. Polní cesty hrají významnou protierozní funkci, přerušují zemědělské pozemky a při správném udržování zamezí škodám na intravilánů obcí. Jejich úkolem je zpřístupnění na pozemky zemědělskou technikou, rozdělují jednotlivé katastrální území atd. Při terénním průzkumu bylo zjištěno, že polní cesta nad konkrétní lokalitou, je ve špatném stavu. Obdělávaný pozemek je zoraný až k polní cestě, neexistují zde prakticky žádné ochranné travní pásy, vegetace kolem polní cesty v podobě náletů, také nesplňuje základní půdo ochranné funkce pozemku.

Technické protierozní opatření, které zde bylo provedeno, spočívalo ve vyčištění zanesené a zarostlé svodnice, provedené pomocí bagrem, vytáháním náletů a ořezáním některých větví na vzrostlých stromech podél svodnice. Toto opatření se uskutečnilo až v září 2018 s ohledem na hnízdění ptactva a bylo provedeno pouze částečně, neboť jeden z majitelů na samotě nebyl s tímto opatřením ztotožněn. Při srážkách a vytrvalém dešti slouží svodnice jako hlavní

odvodňovací zařízení viz obrázek č.14.  Protierozní meze osázená vegetací, která byla navrhována, však v rámci opatření nebyla vybudována.

*Obrázek 14: Hlavní odvodňovací zařízení po opatření (zdroj autorka).*




*Obrázek 15: Zemní hrázka se stabilizací, osázená vegetací (ČVUT ©2021).*

Pro velké půdní bloky bych zvolila opatření, které by rozdělilo pozemky na menší části. Přerušení půdního bloku by bylo vhodné vybudováním meze osázené vegetací, travinami a ovocnými stromy, které mají v tomto regionu dlouholetou tradici viz obrázek 15.

Rekultivace polních cest by bylo dalším opatřením. Zde bych zvolila travní pásy z obou stran s menším sklonem příkopů pro zachycení případného odtoku a sedimentů, doplněné solitéry a keři. Tato úprava již ovšem zasahuje do pozemkových úprav.

Další krok analýzy byl zaměřen na agrotechnické opatření. Vzhledem k tomu, že terénní průzkum byl prováděn brzy na jaře, byly zde vidět některé pozemky oseté ozimí a jiné byly v přípravě na setí. Podle navrhovaných opatření VÚMOP byla pozornost zaměřena na pěstování meziplodin, toto opatření tady zjevně nebylo zahrnuto. Dále byl navrhován jako sedimentační pás vojtěška v šíři 24 m z obou stran svodnice. Terénní průzkum tuto skutečnost nepotvrdil. Dle dostupných informaci bylo provedeno jednání se zemědělskou společností, kde bylo navrhnuto pěstování jedné plodiny maximálně na 30 ha a střídání plodin. Toto opatření bylo splněno.

## 5. DISKUZE

Vodní eroze způsobuje velké škody nejenom na zemědělské půdě, ale i v intravilánů obcí. Těmto škodám by se dalo zabránit, pokud by subjekty, kteří tyto pozemky obhospodařují, dodržovali základní pravidla. Trend dnešní doby však ukazuje jiná fakta. Velké půdní bloky oseté např. kukuřicí ve spojení se sklonem pozemku a při přívalovém dešti způsobí škody nejenom na úrodné půdě, ale mnohdy i na majetku. Kukuřice bez použití funkčních protierozních technologií po celou svoji vegetační dobu nedokáže zadržet vodu a následný povrchový odtok způsobí škody v ornici, na plodině a může se dostat i do intravilánů obcí. Kukuřice patří do erozně nebezpečných plodin a její pěstování je omezeno na základě protierozních opatření v LPIS. Tato opatření se pro jednotlivé díly půdních bloků přiřazují na základě překryvů podkladových vrstev a výsledným zjištěním je podíl ploch jednotlivých kategorií erozní ohroženosti. Rozdělení do jednotlivých kategorií pak určuje, zda se na dílu půdních bloků vyskytují nebo nevyskytují erozně ohrožené plochy jak popisuje příručka (Novotný a kol. 2017).

Vodní eroze způsobuje degradaci půdy, nejedná se pouze o tento vliv, ale vstupují sem další faktory, jako je utužení půdy, ztráta organické hmoty, neschopnost infiltrace a zhoršení půdní struktury. Tyto vlivy se navzájem doplňují a propojují. Zábory půd, které u nás probíhají několik let jsou z pohledu degradace nejzávažnějším problémem a jedná se mnohdy o nejkvalitnější půdy o které přicházíme. Takto znehodnocenou půdu nelze vrátit do původního stavu. Úbytek organické hmoty snižuje její úrodnost a úrodnost znamená výnosy. Organickou hmotu lze ideálně doplnit hnojivy z živočišné výroby (hnůj, kejda).

Technická protierozní opatření přicházejí na řadu v případě nedostačujících organizačních a agrotechnických opatření. V zavádění těchto opatření je primárním úkolem zamezit smyvu půdy, kontaminaci vodních toků, ochránit majetek v intravilánů obcí a liniových staveb. Pokud se jedná o velké zemědělské pozemky v jednom katastrálním území, je vhodné navrhnout opatření v rámci pozemkových úprav, to musí být odsouhlaseno s vlastníky pozemku. Technické protierozní opatření se soustředí na přerušení délky po spádnici a odvedením povrchového odtoku pomocí průlehů, příkopů a údolnic. Podstata v TPEO spočívá v zachycení smyté zeminy a odvedení povrchového odtoku do hrázek, sedimentačních, retenčních a suchých nádrží. Důraz by měl být kladen na změnu sklonu pozemku za pomoci vybudování terénních urovnávek nebo terasování jak je uvedeno v příručce (Novotný a kol. 2017).

Při terénním výzkumu zájmového území zasažené opakovanou erozní událostí bylo zjištěno, že navrhovaná protierozní opatření v podobě zemní hrázky se stabilizací a osázená vegetací nebyla realizována. Jak hlavní důvod k neprovedení TPEO byl zřejmě nesouhlas s majitelem pozemku. Vzhledem k tomu, že se jedná o oblast, kde jsou silně erozně ohrožené půdy a skutečnost, že zde v krátkém období došlo k opakovaným erozním událostech, tak nastává otázka. Jakými prostředky přesvědčit vlastníky pozemků, aby přistoupili k opatření, které by zamezilo dalším erozním událostem? Vždy je lepší předcházet problémům než je odstraňovat a vynakládat nemalé finanční prostředky na obnovu.

# 6. ZÁVĚR

Půda vzniká několik tisíc let, je to vlastně několik generací lidského života. Nejedná se o hmotu, která by se dala vyrobit v továrně. Nejedná se o věc, která by se dala koupit v obchodě a přitom k ní přistupujeme jako by to byla samozřejmost. Jedná se o vzácnou, živou a nenahraditelnou složku všech našich životů. Půda je tu pro nás, ale naše péče k ní není dostačující. Fakt, že půda je z 90% v pronájmu (pachtu) a jejich majitelé nevědomky přicházejí o svůj drahokam, kterou je úrodnost, je skutečnost, kterou nechce nikdo vidět. Úrodnost půdy dává život nejenom lidem, ale veškerému organismu žijícímu uvnitř půdy, vně a v celé krajině. Lidskou činností přichází půda částečně o svoje privilegia. Používáním nadměrného hnojiva, volba nevhodných agrotechnických postupů má za vinu degradaci půdy, kdy dochází ke ztrátě organické hmoty. Velké půdní bloky obdělávané se zaměřením na jednu plodinu, není dobré řešení. Kvalita půdy se zhoršuje a jen člověk to může zlepšit. Erozní vlivy mají nepříznivý dopad mnohdy na nejkvalitnější a nejúrodnější půdy v ČR. V důsledku vodní eroze dochází ke smyvu nejúrodnější části půdy, kdy dochází k degradaci půdy, sedimenty a splaveniny se dostávají do vodních toků a znehodnocují kvalitu vody. Půda přichází o hlavní složku což je organická hmota a její znovu obnovení je nesnadný úkol. Rizika, která ohrožují intravilány obcí jsou nepředvídatelná. Vodní eroze může způsobit škody na objektech fyzických osob tak i právnických osob.

Cílem práce bylo zpracovat rešerši na téma ohrožení intravilánů obcí vodní erozí, ale pro správné pochopení problému, bylo zapotřebí se seznámit s půdou. Teoretická část práce se zabývá nejdůležitějšími vlastnostmi půdy, její strukturou, půdními horizonty. Pokud půda ztratí některou ze svých vlastností, lze říci že byla degradována. Degradaci ovlivňuje několik faktorů, ale nikdy do tohoto procesu nevstupuje jen jeden faktor. Faktor vodní eroze je závislý na dalších negativních vlivech. Pokud dojde k erozní události existují nástroje, které umí tuto skutečnost zaevidovat, zpracovat a následně navrhnout protierozní opatření. Výsledky výzkumu v praktické části práce ukázaly, že některá konkrétní navrhovaná opatření nebyla z jakéhokoliv důvodu splněna. Proč nebyla splněna nebo jenom částečně, je problém který má několik odpovědí.

Dle dostupných informací by měla v letošním roce vejít v platnost protierozní vyhláška, která bude stanovovat limitní hodnoty smyvu půdy. Tento nástroj by měl vlastníky, zemědělce a subjekty hospodařící na zemědělských pozemcích přesvědčit o správnosti řešení a zavedení protierozních opatření.

## 7. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÉ ZDROJE


- BERNER, A., et al., 2013: *Grundlagen zur Bodenfruchtbarkeit-Die Beziehung zum Boden gestalten*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Bio Austria, Bioland Beratung GmbH, Bio Suisse und IBLA Luxemburg. ISBN 978-3-03736-208-2
- Janeček, M., 2007: *Ochrana zemědělské půdy před erozí.* metodika Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha. ISBN 978-80-254-0973-2.
- Janeček, M., 2008: *Základy erodologie.* Česká zemědělská univerzita, Praha. ISBN 978-80-213-1842-7.
- Janeček, M., 2012: *Ochrana zemědělské půdy před erozí.* metodika Česká zemědělská univerzita, Praha. ISBN 978-80-87415-42-9.
- Javůrek, M., Vach, M., 2008: *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění.* Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha. ISBN 978-80-87011-57-7
- Novotný, I., 2014: *Příručka ochrany proti vodní erozi.* 2. aktual. vyd. Ministerstvo zemědělství, Praha. ISBN 978-80-87361-33-7.
- Novotný, I., Papaj, V., Podhrádzská, J., Kapička, J., Vopravil, J., Kristenová, H., Mistr, M., Žížala, D., Kincl, D., Srbek, J., Pochop, M., Dostál, T., Krása, J., Kadlec, V., 2017: *Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy*. 3. aktual.vyd. MZE, VÚMOP, v.v.i, Praha. ISBN VÚMOP 978-80-87361-67-2, ISBN MZE 978-80-7434-362-2
- Pavlů, L., 2018: *Základy pedologie a ochrany půdy*. 1. vyd. Česká zemědělská univerzita, Praha. ISBN 978-80-213-2876-1.
- Penížek, V., Zádorová, T., Vaněk, A., 2019: *Půdní krajiny.* 1. vyd. Česká zemědělská univerzita, Praha. ISBN 978-80-213-2971-3.
- Rejšek, K., Vácha, R., 2018: *Nauka o půdě*. Agriprint, Olomouc. ISBN 978-80-87091-82-1.
- Rožnovský, J., Litschmann. T., 2010: *Voda v krajině.* sborník příspěvků z konference, Ministerstvo zemědělství, Celostátní síť pro venkov v nakl. Český hydrometeorologický ústav, Praha. ISNB 978-80-86690-79-7.

- Sáňka, M., Materna, J., 2004: *Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR*. Edice Planeta 2004 11/2004., Ministerstvo životního prostředí, Praha. ISSN 1213-3393
- Sáňka, M., Vácha, R., Poláková, Š., Fiala, P., 2018: *Kritéria pro hodnocení produkčních a ekologických vlastností půd.* Ministerstvo životního prostředí, Praha. ISBN 978-80-7212-627-9.
- Šantrůčková, H., 2014: *Základy ekologie půdy*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. ISBN 978-80-7394-480-3.
- Šimek, M., 2005: *Základy nauky o půdě*. 2., upr a rozš. vyd. Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, České Budějovice. ISBN 80-7040-747-6.
- Tomášek, M., 1995: *Atlas půd České republiky.* Český geologický ústav, Praha.
- Tomášek, M., 2007: *Půdy České republiky*. 4. vyd. Česká geologická služba, Praha. ISBN 978-80-7075-688-1.
- Vopravil, J., 2010: *Půda a její hodnocení v ČR. Díl I.* Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha. ISBN 978-80-87361-02-3.
- Žížala, D., Krása, J., Báčová M., Zelenková, K., Laburda, T., Novotný, I., 2016: *Monitoring erozního poškození půd v ČR nástroji dálkového průzkumu Země*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.i.i., Praha. ISBN 978-80-87361-63-4.


## Internetové zdroje


- Richter, R., 2004: Multimediální učební texty z výživy rostlin (online) [cit. 2020.12.27], dostupné z <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/sorpce.htm>.
- Šimek, M., 2018: Jak půdy komunikují s okolním prostředím? Například prostřednictvím plynů. (online) [cit. 2020.12.28], dostupné z <http://www.casopisveronica.cz/clanek.php?id=2115>.
- MŽP, ©2008: CHMI Český hydrometeorologický ústav (online) [cit. 2020.12.29], dostupné z <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/navmenu.php_tab_1_page_4.1.0.htm>.
- Česká geologická služba, ©2007: Geologická encyklopedie (online) [cit. 2021.02.01], dostupné z <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl>.

- CZ BIOM, ©2021: Půda a organická hmota (online) [cit. 2021.02.13], dostupné z <https://czbiom.cz/wp-content/uploads/Biom_2019_01_20190404_FINAL_DOPL.17.2.20_WEB.pdf>.

- MZE, ©2009-2021: eAGRI (online) [cit. 2021.02.14], dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/zasolovani-pudy/>.

- CZBOELL, ©Heinrich-Böll-Stiftung: Atlas půdy (online) [cit. 2021.02.15], dostupné z <https://cz.boell.org/sites/default/files/atlas_pudy_digitalni.pdf>.

- Profi Press s.r.o. ©2013: Úroda (online) [cit. 2021.02.21], dostupné z <https://www.uroda.cz/protierozni-agrotechnika-zlepsuje-pudni-vlastnosti-a-chrani-pudu-pred-erozi/>.

- ÚZEI, ©2021: Stav zemědělské půdy v ČR (online) [cit. 2021.03.06], dostupné z <https://www.uzei.cz/data/usr_001_cz_soubory/vopravil_151001.pdf>.

- Wiley online library, ©1999-2021: Impact of long-term sub-soiling tillage on soil porosity and soil physical propertiesin the soil profile (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <https://doi.org/10.1002/ldr.3874>.

- Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.i.i., ©2021 (online) [cit. 2021.03.07], dostupné z <https://www.vumop.cz/monitoring-eroze>.

- Žít krajinou, ©SPU2021, Meziplodiny chrání pole a vylepšují půdu (onine) [cit. 2021.03.12], dostupné z <http://zitkrajinou.cz/puda/meziplodiny-chrani-pole-vylepsuji-pudu/>.

- Žít krajinou, ©SPU2021, Půda a její degradace (online) [cit. 2021.03.12], dostupné z <http://zitkrajinou.cz/puda/puda-jeji-degradace/>.

- Monitoring eroze, ©VÚMOP,v.i.i., 2018 (online) [cit. 2021.03.21], dostupné z <https://me.vumop.cz/docs/ZZ_monitoring_2019.pdf>.

- MZE, ©2009-2021: eAGRI, Monitoring eroze ZP (online) [cit. 2021.03.21], dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/615869/Monitoring_eroze_ZP_A4_skl_nahled.pdf?fbclid=IwAR1S3tx3X_rRc6gbhJjXaJgduGWio346XX2hoWYB6lmtbiDTa0Dmf2Y905E>.

- MZE, ©2009-2021: eAGRI, Spuštěná mapová služba WMS (online) [cit. 2021.03.22.], dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotniprostredi/novinky/spustena-mapova-prohlizeci-sluzba-wms-k.html>.
- Geoportál, ©VÚMOP,v.i.i., 2021 (online) [cit. 2021.03.22.], dostupné z <https://geoportal.vumop.cz/index.php?page=wms>.

## 8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Funkce půdy (zdroj autorka). ..... 3

Obrázek 2: Půdní organismy edafon, 1. stonožky a mnohonožky, 2. hlístice a máloštětinatci, 3. roztoči a chvostoskoci, 4. larvy hmyzu, 5. prvoci, 6. bakterie, 7. houby (zdroj autorka). ..... 4

Obrázek 3: Je hospodaření s vodou udržitelné? (Sáňka, 2018). ..... 6

Obrázek 4: Zrnitost v podorničí (kpp.vumop.cz). ..... 8

Obrázek 5: Zastoupení půdních typů, Středočeský kraj (MŽP). .....12

Obrázek 6: Degradace půdy po sněhové erozi (zdroj autorka).....15

Obrázek 7: Mechanismy přirozené a antropogenní acidifikace (Pavlů, 2018). .....19

Obrázek 8: Místo výskytu ohrožení půdy (ČZÚK ©2021). .....22

Obrázek 9: Důsledek sněhové eroze (zdroj autorka). .....23

Obrázek 10: Terasovité pěstování rýže (www.pikist.com). .....29

Obrázek 11: Mapové zobrazení (mapy.cz ©2021). .....32

Obrázek 12: Erozní událost č.1943 (me.vumop.cz).....34

Obrázek 13: Půdní blok nad samotou Běšínov (zdroj autorka).....35

Obrázek 14: Hlavní odvodňovací zařízení po opatření (zdroj autorka). .....36

Obrázek 15: Zemní hrázka se stabilizací, osázená vegetací (ČVUT ©2021). . .....37

## 9. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Klasifikace půdního druhu dle Nováka (Šimečková 2015). ----------7

Tabulka 2: Potenciální zranitelnost spodních vrstev zemědělské půdy utužením (eAGRI). ---------- 17