

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA PLÁNOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL



**Fakulta životního
prostředí**

VLIV PODPLODIN UPLATŇOVANÝCH V MEZIŘADÍ
CHMELNIC Z HLEDISKA VLÁHOVÉHO REŽIMU
PŮDY
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jan Vopravil, Ph.D.

Diplomant: Bc. Alena Sýkorová

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Alena Sýkorová

Regionální environmentální správa

Název práce

Vliv podplodin uplatňovaných v meziřadí chmelnic z hlediska vláhového režimu půdy

Název anglicky

Influence of Inter-row catch crop cultivation to soil moisture regime in hop gardens

Cíle práce

Cílem diplomové práce je posouzení vlivu podplodin uplatňovaných v meziřadí chmelnic z hlediska vláhového režimu půdy. Vláhové podmínky budou sledovány u více druhů meziplodin a následně se porovnájí s výsledky z konvenčně ohospodařované půdy. V případě příznivého vlivu podplodin, by práce měla navrhnout nejvhodnější druhy pro uplatnění v praxi.

Metodika

Metodika práce spočívá v kompletní přípravě pokusů na vybrané chmelnici, ověření jednotnosti půdních podmínek pokusného stanoviště, stanovení systematiky odběrů vzorků vlhkosti půdy, včetně jejich zpracování a statistickém vyhodnocení naměřených dat.

Doporučený rozsah práce

45 stran

Klíčová slova

Chmelnice, vodní eroze, vlhkost půdy

Doporučené zdroje informací

- BRANT, V. – AGRÁRNÍ KOMORA ČESKÉ REPUBLIKY. *Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin*. Praha: Agrární komora České republiky, 2019. ISBN 978-80-88351-03-0.
- BRANT, V. – KROULÍK, M. – KRČEK, V. – KRÁSA, J. – KAPIČKA, J. – HAMOUZ, P. – LUKÁŠ, J. – ZÁBRANSKÝ, P. – ŠKEŘÍKOVÁ, M. – ŠKEŘÍK, J. – JOB, Z. – LANG, J. – PETRUS, D. – ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, – AGRA ŘISUTY (FIRMA). *Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby*. České Budějovice: Kurent, s.r.o., 2020. ISBN 978-80-87111-81-9.
- KROFTA, K. – CHMELAŘSKÝ INSTITUT. *Integrovaný systém pěstování chmele : metodika pro praxi. 02/2012*. Žatec: Chmelařský institut, 2012. ISBN 978-80-86836-82-9.
- 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.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

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 14. 03. 2022

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv podplodin uplatňovaných v meziřadí chmelnic z hlediska vláhového režimu půdy vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou 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 zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové 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 ohledu 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 Praze dne 15. 3. 2022

.....
(podpis autora práce)

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu své diplomové práce Ing. Janu Vopravilovi, Ph.D. a konzultantovi Ing. Davidu Kinclovi za cenné rady, podněty a za vstřícný přístup. Také bych ráda poděkovala svým dcerám Barboře a Kateřině, které mi byly velkou podporu nejen při psaní této práce, ale také během celého studia.

Vliv podplodin uplatňovaných v meziřadí chmelnic z hlediska vláhového režimu půdy

Abstrakt

Chmelnice situované ve svazích patří k erozně ohroženým lokalitám. V důsledku silných dešťů dochází ke ztrátám půdy, což vede k ohrožení obytných i neobytných oblastí. Mezi následky patří snížení úrodnosti půdy i zvýšené finanční náklady. Jednou z možných protierozních opatření je využití meziplodin.

Diplomová práce posuzuje vliv podplodin uplatňovaných v meziřadí chmelnic z hlediska účinnosti protierozní ochrany a tím navazuje na bakalářskou práci. Zabývá se zhodnocením vláhového režimu půdy za použití různých technologií.

Monitoruje podplodiny oseté v meziřadí chmelnice z různých hledisek (např. pokryvnost, odolnost vůči pojezdům zemědělské techniky či nárůst biomasy). Za použití simulátoru deště porovnává vláhové podmínky na pokusných plochách s dalšími podplodinami a s konvenčně obhospodařovanou půdou. Vyhodnocuje výsledky ze zabudovaných půdních vlhkostních čidel.

Metodika práce spočívá v kompletní přípravě pokusů na vybrané chmelnici, ověření jednotnosti půdních podmínek pokusného stanoviště, stanovení systematiky odběrů vzorků vlhkosti půdy včetně jejich zpracování a zhodnocení naměřených dat.

V případě příznivého vlivu sledovaných podplodin budou navrženy nejvhodnější druhy pro uplatnění v praxi.

Klíčová slova

Chmelnice, vodní eroze, vlhkost půdy.

Influence of Inter-row catch crop cultivation to soil moisture regime in hop gardens

Abstract

Hop gardens situated on the slopes belong to erosion-endangered localities. Due to heavy rains, soil is lost, which leads to endangered residential and non-residential areas. The consequences include reduced soil fertility and increased financial costs. One of the possible anti-erosion measures is the use of catch crops.

The diploma thesis assesses the influence of subcrops applied in the interclass of hop gardens in terms of the effectiveness of erosion protection, thus continuing my bachelor's thesis. It deals with the evaluation of soil moisture regime using various technologies.

It monitors sub-crops sown in the inter-hop field from various points of view (coverage, resistance to agricultural machinery or biomass growth). Using a rain simulator, it compares the moisture conditions in the experimental plots with other subcrops with conventionally farmed soil. Evaluates results from built-in soil moisture sensors.

The methodology of the work consists in the complete preparation of experiments on selected hop gardens, verification of the uniformity of soil conditions of the experimental site, determination of the system of soil moisture sampling, including their processing and evaluation of measured data.

In case of favorable influence of subcrops, the most suitable species for practical application will be proposed.

Key words

Hop-garden, water erosion, soil moisture.

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíl práce.....	12
3	Půda	13
3.1	Taxonomický klasifikační systém půd ČR.....	15
3.2	Charakteristika půdy.....	16
3.3	Vlastnosti půdy.....	18
3.3.1	Fyzikální vlastnosti	18
3.3.2	Chemické vlastnosti	19
3.3.3	Biologické vlastnosti.....	20
4	Degradace půdy	22
5	Vodní eroze.....	25
5.1	Vznik vodní eroze	26
5.2	Členění eroze podle intenzity	26
5.3	Důsledky vodní eroze	27
6	Metodika	28
6.1	Charakteristika území.....	28
6.2	Meziplodiny.....	30
6.3	Způsoby měření.....	37
6.3.1	Kopeckého válečky	38
6.3.2	Čidlo TMS-4	39
6.3.3	Simulátor deště.....	40
7	Výsledky	42
8	Diskuse.....	49
9	Závěr	51
10	Seznam literatury a použitých zdrojů	52
11	Seznam obrázků.....	60

12 Seznam tabulek	62
Příloha č. 1 – vývoj počasí v roce 2021 na území Ročov	63

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BPEJ – Bonitovaná půdně ekologická jednotka

ČR – Česká republika

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální

pH – vodíkový exponent „Potential of Hydrogen“ (lat. *pondus Hydrogenii*).

PC – osobní počítač „Personal Computer“

RÚIAN – Registr územní identifikace, adres a nemovitostí

USB – univerzální sériová sběrnice „Universal Serial Bus“

USDA – Ministerstvo zemědělství Spojených států amerických „United States Department of Agriculture“

USLE – Universal Soil Loss Equation

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

1 Úvod

Půda patří k nejdůležitějším a velmi těžko obnovitelným přírodním zdrojům. Hraje důležitou roli v zadržování vody v krajině a je důležitou složkou přírody pro faunu i floru. Je to přírodní bohatství.

V současnosti je půda v České republice ohrožena různými formami znehodnocování, například nezemědělským využíváním, utužováním ornice, acidifikací, ztrátou organické hmoty a biologické rozmanitosti, kontaminací půdy, a v neposlední řadě erozí. Tyto a další faktory na sebe navzájem působí a podmiňují tak degradaci půdy.

Lal (2015) řadí mezi hlavní degradační procesy zrychlenou erozi, vyčerpání půdního organického uhlíku, ztrátu biologické rozmanitosti, ztrátu úrodnosti půdy a nerovnováhu prvků, acidifikaci a zasolování.

Eroze půdy je celosvětový závažný problém pro životní prostředí i lidstvo a k dalšímu znehodnocování půdy bude postupně docházet v důsledku očekávaných klimatických změn (Vopravil a kol., 2010b; Wu a kol., 2018). Trendy degradace půdy lze zvrátit přeměnou na obnovující půdu používáním a přijetím doporučených manažerských postupů. Obnova kvality degradovaných půd je náročný úkol, zejména v regionech, kterým dominují držitelé půdy s omezenými zdroji. Práce s omezenými zdroji a vhodným přístupem k hospodaření s půdou je nezbytná pro posílení a udržení ekosystému (Lal, 2015).

Vývoj klimatu se vyznačuje nárůstem průměrných teplot a stále častějšími přívalovými srážkami včetně delších období sucha. Teplota, ale i zásoba vody v půdě, jsou faktory, které rostlinu ovlivňují. Při nedostatečném zásobování půdní vodou klesá absorpce kořenovými systémy, a tím dochází při zvýšené transpiraci k vadnutí rostlin. Přístupnost vody pro rostliny a retenční schopnost půdy jsou významné faktory, které ovlivňují fyzikální a chemické vlastnosti půdy (Hora a Kohut, 2012). Organická hmota v půdě přispívá k její schopnosti vázat vodu, snižuje intenzitu utužení a zhutnění půdy, čímž dokáže udržet vláhu v půdě po delší čas, zejména v době sucha (Badalíková a Červinka, 2012).

2 Cíl práce

- Založení pokusných ploch,
- monitoring meziplodin,
- zjištění, porovnání a vyhodnocení vláhového režimu.

Práce se zabývá problematikou eroze a vláhového režimu. Konkrétně se zaměřuje na problematiku vodní eroze a možnosti ochrany půdy při pěstování chmele otáčivého (*Humulus lupulus* L.) během vegetačního období.

Popisuje půdu, její fyzikální, chemické i biologické vlastnosti a její ohroženost vodní erozí. Zabývá se jejím vznikem a formami. Zaměřuje se na ohroženost půdy vodní erozí především na chmelnicích. Věnuje se popisu škod, které eroze způsobuje, možnostmi protierozní ochrany a opatřeními pro předcházení erozí. Hodnotí jednotlivé druhy použitých meziplodin v meziřadí chmelnic s cílem ochránit půdu před její degradací vlivem vodní eroze. Jsou zde popsány konkrétně sledované meziplodiny z hlediska pokryvnosti, účinnosti proti vodní erozi, nárůstu biomasy a ochrany půdy před zhutněním z důvodů častých pojezdů zemědělskou technikou. Zkoumané plodiny oseté v meziřadí chmelnic byly: sléz krmný, štírovník jednoletý, tolíce dětelová, světlíce barvířská, žito svatojánské a lnička setá. Tímto práce navazuje na práci bakalářskou. Současně zkoumá, vyhodnocuje a porovnává vláhový režim půdy s meziplodinami: hořčice bílá, vikev setá ve směsi s ovsem setým aplikovaným na pokusných plochách a s půdou konvenčně zpracovávanou.

Cílem projektu bylo vyhodnocení vláhového režimu půdy za použití simulátoru deště, odebrání půdních vzorků (Kopeckého válečky) a dálkového měření vlhkosti pomocí půdních čidel (dataloggerů) TMS-4 dodaných firmou TOMST s. r. o. Z informací takto získaných pak dospět k návrhu nejvhodnějších druhů meziplodin pro uplatnění v praxi se zaměřením na podporu infiltrace a retence půdy a snížení vzniku vodní eroze.

3 Půda

„Půda patří mezi neobnovitelné přírodní zdroje a je tedy nezbytné na ni z tohoto pohledu nahlížet“ (Vopravil a kol., 2010b). „Celková výměra pevné půdy Země činí přes 133 milionů km², z toho půdy zemědělsky využívané je jen 14 milionů km². Plocha České republiky 78 870 km² (7 887 tisíc ha) je tedy nepatrným podílem z plochy zemské souše“ (Vopravil a kol., 2010a).

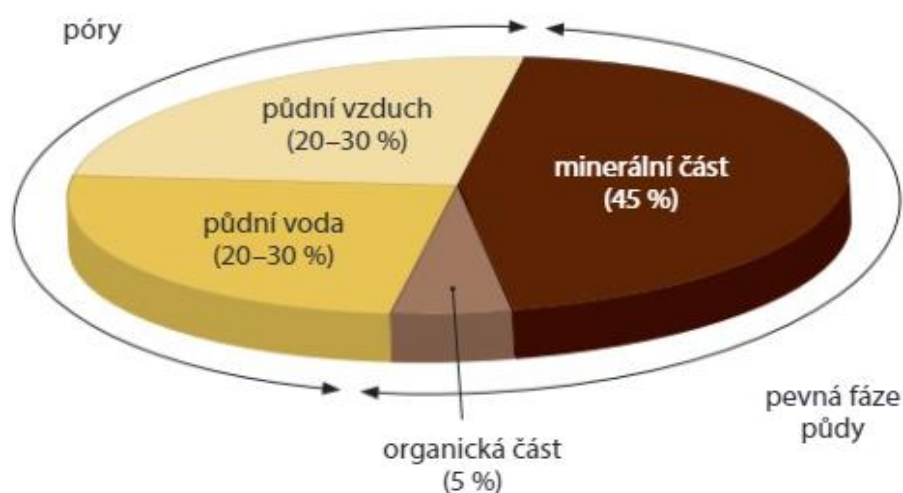
Půdní pokryv v ČR je charakterizován velkou rozmanitostí díky uplatnění faktorů a podmínek půdotvorných procesů:

- Původní porosty mírného pásma od lesostepí až k jehličnatým lesům,
- geologické půdotvorné substráty,
- klimatické podmínky v závislosti na nadmořské výšce,
- působení hydrologických vlivů

(Vopravil a kol., 2010a).

„Půda je natolik složitým systémem, že si zaslouží mít svoji vlastní vědní disciplínu, která se nazývá pedologie nebo též půdoznalství“ (Vácha, 2019).

Tvoří nejsvrchnější vrstvu zemské kůry vznikající přeměnou minerálních a organických látek působením součinností půdotvorných faktorů a času. Je nezbytná pro život na Zemi. Její součástí je voda, vzduch, minerální a organická složka, jak je znázorněno na obrázku č. 1 (Šarapatka, 2021).



Obrázek č. 1: Složení půdy (Šarapatka, 2021).

Půda má několik důležitých funkcí. **Filtrační funkce** umožňuje vsak a propustnost vody, kdy se voda obohacuje o látky obsažené v půdě a případně neutralizuje např. kyselé srážky. To znamená, že zásadně ovlivňuje dotaci, složení a kvalitu pramenů, podzemních vod, vodních toků a nádrží. **Retenční** neboli zadržovací **funkce** vody, rostlinných živin, organických hmot, minerálů ale i kontaminantů. **Pufrační funkce** tlumí změny půdní reakce jako acidifikaci nebo rychlé teplotní změny. Přeměnu látek, procesy rozkladu, mineralizaci a syntézu nových látek neboli **transformační funkci** může při narušení způsobit znečištění půdy i půdní vody nebo problémy s výživou rostlin. S transformační funkcí úzce souvisí **funkce asanační**, která zahrnuje proces rozkladu a mineralizaci živočišných organismů (včetně lidských). Migraci látek v půdě i krajinně nejčastěji vodou nazýváme **transportní funkce**, kdy transport látek probíhá jak vertikálně, např. do podloží či podzemních vod, tak horizontálně s povrchem půdy, např. smyvem. Aby půda mohla plnit všechny produkční i mimoprodukční (ekologické) funkce, musí působit vzájemné vztahy. Tyto vztahy nesmí být narušeny, ať se jedná o základní fyzikální, chemické či biologické vlastnosti (Vácha, 2019).

Půdní vodou je označována voda nacházející se trvale nebo dočasně v půdním profilu. Množství vody v půdě udává tzv. půdní vlhkost, která je měřitelná (hmotnostní a objemová vlhkost). Hmotnostní vlhkost vyjadřuje procentní poměr hmotnosti vody k hmotnosti pevné fáze půdy; objemová vlhkost udává procentní poměr objemu vody v půdě k objemu půdy (Sáňka a Materna, 2004). Podle Šimka (2003) jsou póry, kde se nenachází voda, vyplněny půdním vzduchem, ten je tvořen stejnými složkami (plyny) jako vzduch atmosférický.

Kvalita a obsah organických látek vytvářejí optimální podmínky pro růst a vývoj rostlin a spolu s biotou ovlivňují úrodnost (Sáňka a Materna, 2004). Největší procentní zastoupení v půdě má minerální složka. Vzniká zvětráváním hornin, které je provázeno rozdrobováním, rozpouštěním a dalšími chemickými procesy. Rozpuštěné minerální látky jsou zdrojem živin pro organismy, ty pak poskytují půdě organickou hmotu a důležité prvky, jež v matečné hornině chybí, což je uhlík a dusík (Šantrůčková a kol., 2018). Zastoupení složek v půdním prostoru a jejich vzájemné působení předurčuje fyzikální a chemické vlastnosti půd.

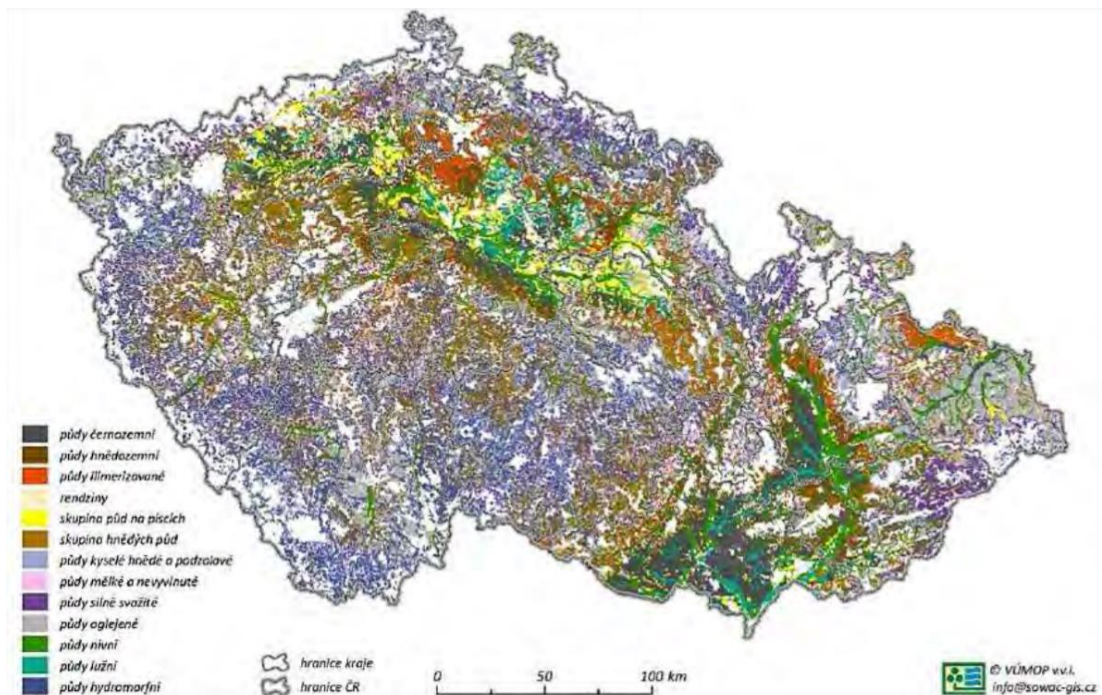
K posuzování kvality půdy se užívají ukazatele (indexy), které jsou založené na charakteristikách půdy. Využívají se k posuzování udržitelnosti půdy a napomáhají ke zvolení vhodných postupů hospodaření s půdou (Singh a kol., 2012).

Nelze zvolit univerzální postup, jak posoudit a vyhodnotit spolehlivost a reprodukovatelnost užití metodik měření, jelikož se liší v rozsahu, času i ceně. Různé metodiky často poskytnou různá data, která je za pomoci investic a znalostí nutné dále zhodnotit (Vopravil, 2006).

3.1 Taxonomický klasifikační systém půd ČR

„Platný český Taxonomický klasifikační systém je založen na seskupování půd podle jejich geneze, podle vytvořených diagnostických znaků a horizontů a podle některých dalších, hlavně analytických charakteristik půd“ (Vopravil a kol., 2010a).

Referenční třídy jsou skupiny půd se stejnými rysy geneze. Jejich pojmenování má koncovku –sol (fluvisol, regosol apod.). **Půdní typy** řadí půdy charakterizované podobnými morfologickými a analytickými vlastnostmi. Přiřazují půdy se stejným genetickým půdotvorným procesem a danou kombinací diagnostických horizontů. České názvy jsou buď tradiční (např. podzol nebo glej) nebo s koncovkou – zem (např. hnědozem či černozem). Mapa skupin půdních typů v České republice je znázorněna na obrázku č. 2. **Půdní subtypy** pak představují modifikaci daného půdního typu, kde dochází k tzv. podřízenému (sekundárnímu) půdotvornému procesu. Jedná se většinou o přechody mezi dvěma půdními typy. Někdy označuje typický půdní typ, jindy modifikaci na základě výrazných rysů zrnitosti, nasycenosti sorpčního komplexu (např. kyselá) nebo výraznými znaky z pohledu ovlivnění antropického. **Půdní varieta** pojmenovává půdu podle méně významných znaků pedogenetických procesů, okyselení, zasolení a substrátu. **Půdní druh** není přímá klasifikační jednotka, ale při označování půd se běžně využívá, vyjadřuje složení z hlediska zrnitosti (např. hlinitá, jílovitá atd.). Častěji se využívá pojmenování z hlediska **degradační, erozní a akumulační fáze nebo formy** např. černozem modální erodovaná (Vopravil a kol., 2010a; Zádorová a Penížek, 2020).



Obrázek č. 2: Mapa skupin půdních typů (Vopravil a kol., 2010a).

3.2 Charakteristika půdy

- Zrnitost (textura) půdy,
- struktura půdy,
- organická půdní hmota.

Zrnitost půd patří mezi základní charakteristické znaky půd. Ovlivňuje konzistenci, soudržnost, přilnavost i technologické vlastnosti půd. Podle zastoupení jednotlivých velikostních půdních částic se půdy klasifikují (Pokorný a kol., 2007). Největší význam těchto velikostně různých minerálních částic má jejich obsah v tzv. jemnozemi. Pro jemnozemi jsou významné částice v průměru menší než 2 mm. Částice větší než 2 mm jsou nazývány skeletem. Tyto půdní částice se dají dělit na:

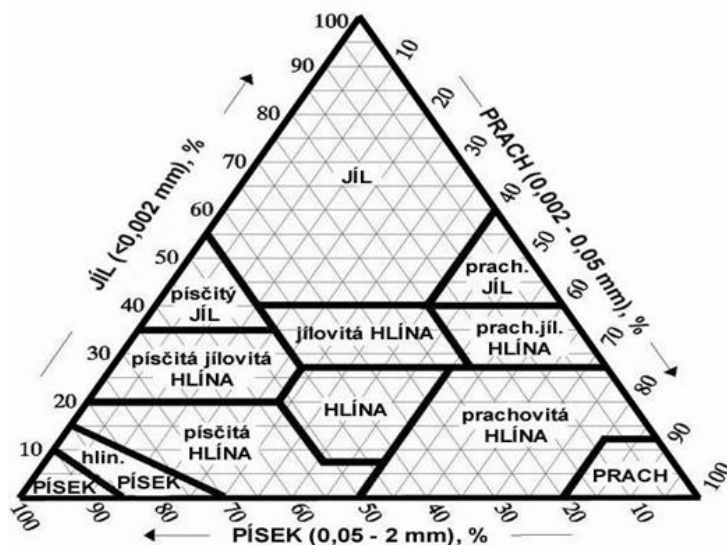
- Jíl (< 0,001),
- jemný prach (0,001 – 0,005),
- střední prach (0,005 – 0,01),
- hrubý prach (0,01 – 0,05),
- jemný písek (0,05 – 0,25),
- střední písek (0,25 – 2,00),
- hrubý písek (2,00 – 4,00),

- štěrky (4,00 – 30,00),
- kamení (> 30,00).

Pro klasifikaci zrnitosti (mechanické třídění) se používají různé metody. Setkat se můžeme se stupnicí Kopeckého (1899), zjednodušeným Spirhanzlovým (1944) grafikonem, Novákovou (1953) tabulkovou metodou nebo klasifikačním trojúhelníkovým diagramem. Novákova stupnice rozlišuje 7 kategorií druhů půd podle kvantitativního zastoupení jílnatých částic menších než 0,01 mm, jak je uvedeno na obrázku č. 3. Půdy s vyšším obsahem písku se označují jako lehké, půdy s převažujícím obsahem slitu jako středně těžké a půdy těžké mají vysoký obsah jílu. Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd USDA (US Department of Agriculture – Americké ministerstvo zemědělství) znázorněný na obrázku č. 4 je účinnější a přesnější než Novákova metoda (Vopravil a kol., 2010a).

Obsah částic (zrn) < 0,01 mm (%)	Označení půdního druhu	Skupinové označení
0 - 10	písčité zemina (P)	lehká
10 - 20	hlinitopísčité zemina (HP)	
20 - 30	písčitohlinitá zemina (PH)	středně těžká
30 - 45	hlinitá zemina (H)	
45 - 60	jílovitohlinitá zemina (JH)	těžká
60 - 75	jílovitá (JV)	
nad 75	jíl (J)	

Obrázek č. 3: Novákova stupnice (Vopravil a kol., 2010a).



Obrázek č. 4: Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (Němeček a kol., 2001).

Struktura půdy je tvořena půdními agregáty (prostorové shluky) různých velikostí vytvářejícími mezi sebou prostory ovlivňující pohyb půdní vody, zadrženi vody, erozi půdy, prostor pro růst kořenů i výnos plodin (Madaras a kol., 2020). Agregáty můžeme rozdělit podle velikosti na mikro a makroagregáty. Půdní struktura a její stabilita je velmi důležitá a ovlivňuje procesy v půdě (Vopravil a kol., 2010a).

Organická půdní hmota je tvořena zbytky rostlinných a živočišných organismů v různém stupni rozkladu, které procházejí neustálými změnami, a to jak po stránce chemického složení, tak i po stránce vlastností a funkcí v půdě. Humusotvorným materiálem jsou čerstvě odumřelé rostliny nebo jejich části, nacházející se na půdě nebo v půdě (Pokorný a kol., 2007). Vlastní humifikace je proces, při kterém vzniká humus za rozkladu a následné syntézy organického materiálu. Je proto důležité, aby organická hmota byla doplňována např. zaoráváním posklizňových zbytků, aplikací statkových hnojiv či zeleným hnojením (Vopravil a kol., 2010a).

3.3 Vlastnosti půdy

Vlastnosti půd mají tři základní atributy dělení, které spolu úzce souvisí. Jedná se o hledisko fyzikální, chemické a biologické.

3.3.1 Fyzikální vlastnosti

- Půdní pórovitost,
- půdní vzduch,
- půdní voda.

V půdě se nacházejí prostory nezaplňené pevnou fází. Tyto prostory nazýváme **půdní póry**. Jsou většinou rozdílného tvaru, velikosti a jsou různým způsobem propojeny. Póry umožňují v půdě proudění vody a vzduchu. Probíhají v nich látkové přeměny a výměnné reakce mezi mikroorganismy a kořínky rostlin. Pórovitost může pěstitel významně ovlivnit zpracováním půdy (orbou, vláčením, kypřením, válením apod.). Specifická (měrná) hmotnost půdy je hmotnost jednotkového objemu pevné fáze půdy bez pórů, tj. za předpokladu, že pevné částice dokonale vyplňují daný prostor. Definujeme ji také jako poměrné číslo, které udává, kolikrát je určité množství zeminy vysušené při 105 °C těžší než stejný objem vody při 4 °C. Měrná hmotnost závisí na

obsahu různých minerálů a organických látek. Tuto hodnotu snižuje větší obsah humusu, naopak ji zvyšuje obsah těžkých minerálů. Nejvíce zastoupeným nerostem v minerálním podílu většiny půd je křemen. Objemová hmotnost je hmotnost objemové jednotky půdy v neporušeném stavu. Indikuje kyprost nebo ulehlost půdy a je potřebná pro výpočet pórovitosti. Mění se v průběhu roku jako pórovitost v důsledku bobtnání a smršťování půdy při změnách vlhkosti. **Půdní vzduch** vyplňuje póry, které nejsou zaplněny vodou. Vyskytuje se v půdě nejen ve skupenství pevném (na povrchu pevných částic) a kapalném (bublínky v půdním roztoku), ale i v plynném, je významný pro chemické procesy v půdě. Oproti atmosférickému vzduchu má nižší obsah O₂ a vyšší CO₂. Obsah půdního vzduchu je důležitý pro kořeny rostlin, půdní živočichy a mikroorganismy. **Půdní voda** stejně jako půdní vzduch se vyskytuje v půdě ve třech skupenstvích. Nejdůležitější roli hraje voda ve skupenství kapalném. Voda se dostává do půdy hlavně atmosférickými srážkami, z vodních toků a nádrží, z podzemních vod i kondenzováním vodních par. Podle sil, které na ni v půdě působí, ji dělíme na adsorpční, kapilární a gravitační. Jednotlivé kategorie jsou dány rozmezím podle základních hydrolimitů (hodnota vlhkosti půdy, která určuje celkový stupeň vláhý a přístupnosti vody k rostlinám). Stanovuje se rozbořem půdy (Pokorný a kol., 2007; Vopravil a kol., 2010a).

3.3.2 Chemické vlastnosti

- pH,
- sorpce půd,
- výměnné přístupné ionty a živiny.

Kyselost půdy je půdní reakce, ovlivňující růst rostlin, rozpustnost prvků, humifikační proces apod. Označuje se **pH** (*pondus Hydrogenii*). Tato reakce půdy dosahuje hodnot 0 až 14. Neutrální hodnota je rovna 7. Pokud je číslo menší než 7 je půda kyselejší, v případě hodnoty vyšší než 7 znamená půdu zásaditou (alkalickou). Okyselování půdy (acidifikace) patří k jednomu z mnoha důvodů degradace půdy. Hlavní příčinou okyselování půd je přítomnost kyselých dešťů v důsledku znečištění ovzduší a také použití nevhodných hnojiv při obhospodařování zemědělských půd. **Sorpce půd** je schopnost zadržovat ionty prvků a postupně je uvolňovat podle potřeby do půdního roztoku, z něhož je mohou rostliny snadno přijímat. Sorpční schopnost záleží na

kvalitě a kvantitě anorganické a organické části v půdním prostředí. Primárně je ovlivněna druhem a typem půdy a procesy, kterými půda vznikala. Náboj iontů v roztoku je kompenzován nábojem v pevné fázi. Dosahuje se tím rovnovážného stavu. Je to proces neustále probíhající. **Výměnné a přístupné ionty a živiny** jsou stanovovány v porušených půdních vzorcích. Patří sem stanovení sumy bazických kationtů, nasycenost sorpčního komplexu bazickými kationty a množstvím výměnných iontů (vápník, hořčík a draslík). Půda se lépe vyrovnává s výkyvy pH, pokud je v sorpčním komplexu více bazických iontů. Souvisí s tím pufrací schopnost půdy (Vopravil a kol., 2010a).

3.3.3 Biologické vlastnosti

Půdní organismy se v půdě účastní většiny pochodů přeměn organické hmoty a při biologickém zvětrávání i přeměn části minerální. Pochody probíhají buď uvnitř těl mikroorganismů nebo působením enzymů mimo jejich těla. Organismy žijící v půdě, ať už trvale nebo jen dočasně, nazýváme půdním edafonem. Jejich výskyt záleží na mikroklimatických podmínkách, týká se času a dostupnosti zdrojů a živin. Je tvořen organismy mikroskopické velikosti (mikroedafon) a organismy většími (mezo a makroedafon). Edafon se podílí na rozkladu mrtvé organické hmoty rozměňováním, tedy mechanicky. Většina organismů v půdě se nachází v humusovém horizontu (svrchní část půdy). Téměř 95 % půdních organismů žije v hloubce přibližně deset centimetrů. Tyto organismy se účastní na změnách prostorového uspořádání půd tvorbou chodeb, tmelením částic a promícháváním půd. Podílejí se tedy na tvorbě úrodnosti půd. Snižování biologické aktivity půdy neuváženým technologickým zásahem (neúměrná chemizace, poškození půdní struktury atd.) vede ke snížení její úrodnosti. Živé organismy jsou nezastupitelné pro procesy probíhající v půdě. Ty jsou tvořeny podzemními částmi rostlin a edafonem. Tyto dvě základní složky se podílejí na vzniku a vývoji úrodnosti (kvality) půdy. Živé organismy půdy (edafon) pocházejí jak z říše rostlinné (fytoedafon), tak i živočišné (zooedafon) (Pokorný a kol., 2007; Vopravil a kol., 2010a; Machar a Drobilová, 2012).

Edafon obsahuje organismy různých velikostí:

- Mikroedafon (< 0,2 mm) – především bakterie, houby, řasy, prvoci, hlístice, vířníci a želvušky,

- mezoedafon (0,2 – 2 mm) – roupice, stínky, pavouci, štírkové, sekáči, stonožky, chvostoskoci a další různý hmyz a jeho vývojová stádia,
- makroedafon (2 – 15 mm) – především žížaly a měkkýši,
- megaedafon (> 15 mm) – např. hraboši

(Vácha, 2019).

Organické hmoty v půdě jsou jedním z nejvýznamnějších faktorů kvality půdy. Jedná se o soubor odumřelých látek (rostlinného a živočišného původu). K přeměně organické hmoty na nové významné látky dochází v půdě mineralizací, humifikací (přeměna na humus) a ulmifikací (přeměna na rašelinu). Organická hmota kladně ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půdy, je velkým faktorem pro její úrodnost v závislosti na půdních a klimatických podmínkách, a tím má příznivý vliv na výnos z pěstovaných mezipločin. Půda zásobená vhodným množstvím organické hmoty má vyšší odolnost vůči změnám počasí. Úbytek organické hmoty v půdě je naopak jedním z nejvýznamnějších ukazatelů degradace půdy (Kincl a kol., 2018).

Dalším faktorem využití mezipločin je možnost dalšího zapracování na zelené hnojení, v tomto případě by mezipločiny měly mít co nejrychlejší start růstu a vytvořit dostatečné množství kvalitní nadzemní i podzemní organické hmoty s cílem obohatit půdu o živiny a organickou hmotu. Kořenový systém ve výsledku pozitivně ovlivňuje vodní i vzdušný režim a přispívá ke kypření půdy (Krofta a kol., 2012).

4 Degradace půdy

Při degradaci půdy dochází ke snižování její úrodnosti, možnosti využitelnosti půdy a snižují se její ekologické funkce.

„Mezi hlavní procesy degradace půdy patří zrychlená eroze, vyčerpání zásoby organického uhlíku v půdě (zvýšení nad kritickou úroveň <10–15 g/kg) a ztráta biologické rozmanitosti, ztráta úrodnosti půdy a elementární nerovnováha, okyselení a zasolení“ (Lal, 2015).

Degradaci půdy lze zvrátit využíváním obnovitelných zdrojů a využitím doporučených postupů hospodaření s půdou. Hlavním bodem ochrany před znehodnocením půdy je co nejvíce snížit možnost eroze, vytvořit dostatek pozitivního organického uhlíku a dusíku, posilovat aktivitu a rozmanitost druhů půdní bioty a zlepšovat strukturální stabilitu pórů. Zlepšování kvality půdy snižuje rizika fyzikální, chemické, ekologické a biologické degradace a pozitivně ovlivňuje životní prostředí, zachovává zemědělství, integruje hospodaření s živinami, vegetativní porost, kontrolovanou pastvu a intenzitu chovu (specifické techniky obnovy kvality půdy) (Lal, 2015).

„Strategií je vyrábět „více z méně“ snížením ztrát a zvýšením účinnosti využívání půdy, vody a živin“ (Lal, 2015).

Eroze půdy je jedním z největších světových problémů v hospodaření s půdou (Sklenička, 2003). Yao a kol. (2016) uvádí, že základem kontroly eroze je neustálé zhodnocování faktorů ovlivňujících erozi půdy.

Tato problematika eroze byla pozorována již v počátcích rozvoje zemědělství. Příčinou bylo hlavně odlesňování, získávání ploch pro pěstování plodin a následné rozrušování půdy obděláváním (Morgan, 2005). Příkladem je oblast Mezopotámie, kde došlo k vykácení zalesněného pohoří v oblasti řeky Eufrat a Tigris, což způsobilo transport splavenin se zanesením závlahových kanálů a následné vyschnutí na poušť (Holý, 1978).

Erozi se zabývá vědní obor, který se nazývá erodologie. Zkoumá problematiku z hlediska vzniku, původu a prevence. Za průkopníka je považován Hugh Hammond Bennett, který definoval a specifikoval pojem eroze ve své knize Soil Conservation z roku 1939 (Janeček, 2008). Trvalý zájem o výzkum eroze půdy je známkou jeho

důležitosti. Jednoznačných řešení, která by mohla zastavit negativní dopad na životní prostředí, je ale stále nedostatek (Nciizah a Wakandiki, 2015).

Holý (1978) dělí proces eroze na tři fáze:

- 1. fáze – uvolňování částic z půdní hmoty,
- 2. fáze – následný transport částic za působení sil konkrétního činitele,
- 3. fáze – ukládání půdních částic v důsledku ztráty energie unášecích sil.

Erodibilita půdy zaměstnává výzkumníky po celá desetiletí. Problémy vznikají při iniciaci pohybu, stavu pórové vody, fyzikálních a pravděpodobně i biologicko-materiálních vlastnostech a typu použité energie (srážky, odtoky, mrznutí, tání, vítr atd.) (Liu a kol., 2017).

„Běžným způsobem hodnocení erozního rizika v ČR, používaným jak při vymezení rizikových ploch v rámci kontroly podmíněnosti zemědělských dotací, tak při návrzích opatření např. v pozemkových úpravách, je posouzení pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy – USLE“ (Brant a kol., 2020).

Ohroženost půdy vodní erozí je popisována jako erodovatelnost půdy podle USLE, která může být ovlivněna změnou využití půdy (Jeloudar a kol., 2018). Největší překážkou pro vypracování modelů eroze půdy ve velkých měřítcích je nedostatek údajů o půdních charakteristikách. Přičemž jedním z klíčových parametrů pro modelování eroze půdy je právě erodovatelnost půdy, vyjádřená jako faktor K v široce používaném modelu eroze půdy. K-faktor, který vyjadřuje náchylnost půdy k erodování, souvisí s vlastnostmi půdy, jako je obsah organické hmoty, struktura půdy a propustnost (Panagos a kol., 2014). Zhang a kol. (2017) upozorňuje na nedostatek údajů o účincích přirozené sukcese na aktivitu půdních mikrobů a jejich vzájemné působení s erodovatelností půdy.

Větrná eroze je dynamický proces, kdy dochází při překročení hraničního prahu odolnosti půdy vůči erozi k oddělování a přemísťování půdních částic silami větru současně s působením řady faktorů (rychlost větru, srážky, struktura, textura a vlhkost půdy, drsnost povrchu, zemědělské aktivity, vegetační pokryv a velikost pozemku). Postihuje cca třetinu půd v celosvětovém měřítku (Khel a kol., 2017).

Za **ledovcovou erozi** je označován posun ledovců z hor do údolí, který vlastní tíhou způsobuje přenos horninových zvětralin. Aktivitu ledovců ovlivňuje klima, spád krajiny a tvar ledovce (Cáblík a Jůva, 1963).

Na rozdíl od dešťových srážek jsou sněhové srážky kineticky bezvýznamné. Největší škody **sněhovou erozí** ale přicházejí v okamžiku tání. V zimních měsících je povrch více náchylný díky nedostatečnému vegetačnímu pokryvu (Zachar, 1970).

Činnost suťových proudů, tzv. **zemní eroze**, rozrušuje půdní povrch dlouhodobějším působením. Dochází k tvorbě rýh a negativnímu ovlivnění údolní polohy (Holý, 1994).

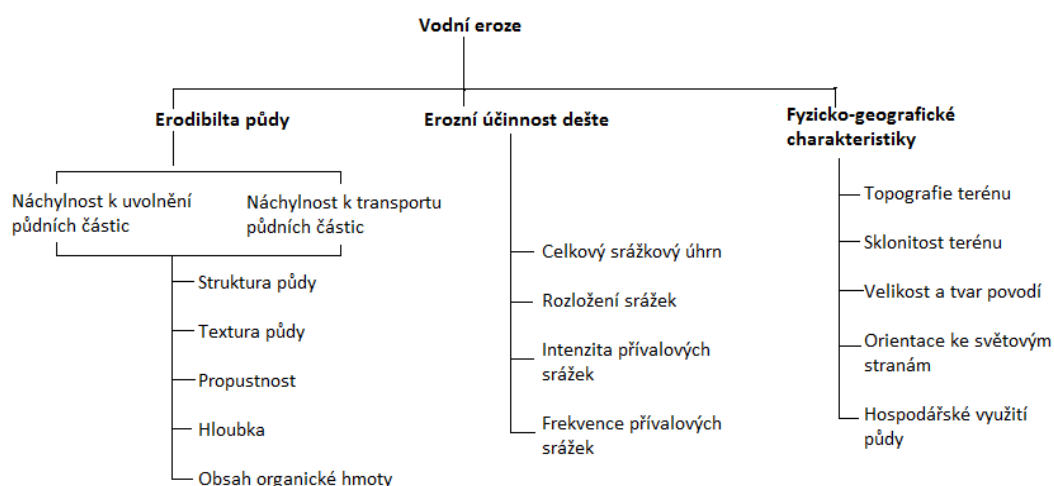
Velký vliv má samozřejmě lidská činnost. A to přímo nebo nepřímo. Mezi přímé zásahy se považuje například stěhování populace do měst (urbanizace), vývoj zemědělství a průmyslu, automobilová doprava. Do nepřímých zásahů lze zařadit ničení přirozené vegetace a její nahrazování vegetací s nižšími protierozními účinky, poškozování půdy používáním hnojiv a nešetrných metod hospodaření (Holý, 1994). Eroze zpracováním půdy začíná být stejně významná jako eroze vodní (Huislová a kol., 2018).

5 Vodní eroze

Vodní eroze je ovlivňována faktory přírodními a antropogenními. To znamená faktory klimatickými a hydrologickými, morfologickými, geologickými a půdními. Velký vliv má i ochrana vegetací. Tyto faktory působí vždy společně v různé intenzitě a ovlivňují tak vznik a průběh eroze (Kozlík a kol., 1961; Vopravil a kol., 2010b).

Vodní eroze je definovaná jako komplexní proces působící rozrušování půdního povrchu přes transport až po sedimentaci půdních částic uvolněných působením vody. Samotný proces nelze zcela zastavit. V podmínkách České republiky je vodní eroze považována za dominantní proces degradace půdy (Huislová a kol., 2018). Více než 50 % orné půdy v ČR je ohroženo právě vodní erozí. Bohužel na většině takto ohrožených oblastí není zavedena systematická ochrana pro zamezení či omezení dalších škod. Vodní erozi ovlivňují charakteristiky pozemku, jako je sklonitost v kombinaci s délkou pozemku po spádnici, vegetace, náchylnost k erozi, použitá protierozní opatření a vlastnosti půdy. Ke smyvu může docházet i na méně sklonitých pozemcích s nepřerušenu délkou svahu, proto jsou takové oblasti nevhodné k pěstování erozně náchylných plodin (Novotný a kol., 2017).

Přehled hlavních faktorů vodní eroze, jak je uvádí Zhang a kol. (1996) jsou zobrazeny na obrázku č. 5.



Obrázek č. 5: Hlavní faktory podmiňující erozi půdy (Zhang a kol., 1996).

5.1 Vznik vodní eroze

Stabilitu půdy ovlivňuje její schopnost absorpce. Pokud půda nedokáže pohltit množství dopadajících srážek (počet dešťových kapek dopadajících na povrch), dochází následně k narušování povrchu půdy a tím k vodní erozi, při které dochází k transportaci půdy. Naopak v případě nedostatku srážek půda vysychá a stává se tak náchylnou například k větrné erozi (Boardman a Poesen, 2006). Z tohoto důvodu je podstatné udržet stabilitu mezi půdou a vodou.

5.2 Členění eroze podle intenzity

Bennett (1939) rozlišuje dva základní typy eroze:

- **Normální** (přírozená či geologická),
- **zrychlená**, která je způsobena špatným hospodařením na zemědělských půdách.

Při **přírozené erozi** nedochází ke snížení mocnosti půdy, ale pouze ke změně složení svrchního patra půdy na hrubozrnné. Někdy je tento proces nazýván erozí sezónní, kdy je půda málo zakryta vegetačním pokryvem a je tím snížena její ochrana proti erozi (Holý, 1978).

Největší ohrožení a škody způsobené v zemědělství, lesnictví a vodním hospodářství mají příčinu ve **zrychlené erozi**. Hlavními činiteli, kteří podporují zrychlenou erozi, jsou právě délka, sklon a expozice svahu, klimatické, meteorologické, hydrologické, geologické, vegetační a půdní poměry, odlesnění a hospodaření s krajinou (Slavík, 2000). Přehlížení již existujících nevyhovujících podmínek, zavedení nevhodných postupů osetí, používání nevhodných plodin, mýcení lesů a pálení jsou největšími příčinami vzniku zrychlené eroze. Dochází k odstranění přírodního pokryvu a půda je pak náchylná k narušování. V případě vodní eroze dochází postupem času vyplavení organického materiálu a vytvoření rýh a výmolů (Cáblík a Jůva, 1963).

Vodní erozi, jak uvádí Zachar (1970), lze rozdělit podle výskytu na erozi povrchovou (plošná, výmolová a proudová) a podpovrchovou (vnitropůdní a tunelová).

5.3 Důsledky vodní eroze

Působením vody se snižuje odolnost půdních agregátů vůči rozpadu na agregáty menší velikosti (písek, prach, jíl) a uvolněný materiál se při náhlých srážkách usazuje v půdních makropórech, a tím se snižuje průchodnost pro infiltrující vodu a zvyšuje se objem vody odtékající po povrchu půdy. Půdní struktura tímto ovlivňuje erozi, tvorbu krust, koloběh živin, kořenovou prostupnost a následně výnos plodin (Madaras a kol., 2020).

Eroze ničí plodiny, snižuje fyzikální a chemickou kvalitu půdy a zbavuje půdu obsahu živin. Dochází ke kontaminaci vodních zdrojů půdními částicemi, zanášení nádrží a snižování průtoku vody v korytech (Janeček, 2007).

Hlavní důsledky vodní eroze:

- Ohrožení udržitelnosti úrodnosti,
- ovlivnění parametrů vodních zdrojů (zanášení koryt vodních toků a nádrží),
- ovlivnění kvality vodních zdrojů – znečištění
 - fyzikální – zákal vody
 - chemické – přenos chemických látek do hydrografické sítě,
- ohrožení zastavěných ploch intravilánu (škody, které jsou způsobené povrchovým odtokem a transportováním splavenin z extravilánu – zemědělských oblastí)

(Novotný a kol., 2017).

6 Metodika

Diplomová práce zkoumá význam meziplodin v rámci vláhového režimu na chmelnici v obci Solopysky na obrázku č. 6, kde se nachází pilotní území. Charakterizuje oseté plodiny v meziřadí chmelnice pro účely monitorování. Představuje metody měření sledované oblasti. Dále popisuje a vyhodnocuje jednotlivé meziplodiny z různých hledisek (průměrná výška, váha, zaplevelení a odolávání pojezdům zemědělské techniky v kolejových stopách). Současně se zaměřuje na vláhový režim půdy osetého meziřadí a na konvenční způsob zpracování půdy. Práce popisuje různé typy měření vlhkosti půdy, které jsou blíže představeny v kapitolách 6.3.1, 6.3.2 a 6.3.3. Jedná se o odebírání neporušených vzorků půdy pomocí Kopeckého válečků. Použití vlhkostních čidel (dataloggerů TSM-4) umístěných v pokusných plochách u technologie hořčice bílé a u konvenčního zpracování. Pro konvenční zpracování půdy je typické opakované kypření a obracení ornice radličným pluhem. Toto zpracování působí na potlačení růstu plevelů, zabraňuje slehnutí půdy a napomáhá k rozdrčení větších hrud půdy (Hůla, 1997). Simulátor deště byl použit v druhém až čtvrtém pěstebním období, jak uvádí Janeček (2012). Jedná se o období prvního a druhého měsíce po zasetí a období před sklizní. Ověřování účinnosti vybraných meziplodin na daném území a jejich sledování probíhalo v období od 9. dubna 2021 do 10. září 2021. V průběhu tohoto období byla v intervalu 30 dnů sledována pokryvnost, zaplevelení, známky vodní eroze a utužení půdy. Dále bylo měsíčně odebíráno 5 – 10 vzorků jednotlivých meziplodin včetně kořenového systému na měření výšky a vážení, výsledky byly pro účely této práce zprůměrovány. Meteorologická data v příloze č. 1 k účelům vyhodnocení protierozních účinků poskytla meteorologická stanice Ročov vzdálená 2 km od obce Solopysky, v které se nachází již zmíněné pilotní území.

6.1 Charakteristika území

Zvolené pilotní území na obrázku č. 7 v obci Solopysky katastrálně náleží k okresu Louny v Ústeckém kraji. Území obce je kromě zastavěných ploch tvořeno též ornou půdou, lesy a chmelnicemi. Již od 19. století sloužilo jako oblast chmelařská a postupem času se výměra chmelnic navyšovala. V současnosti se zde nachází 128 parcel chmelnic o celkové výměře 52,96 ha (ČÚZK, 2019). Sledované území je

v soukromém vlastnictví. Majitelem pozemku je Ing. Josef Helebrant, který poskytl pozemek ke studijním účelům.

Solopysky se nachází v údolí potoka Hasiny. Nejvyšším místem v okolí je vrch Pravda (484 m n. m.), naopak nejnižší místo v této oblasti se nachází v okolí nivy potoka Hasiny cca 300 m n. m. (Kincl a kol., 2018).

Pedologickým průzkumem bylo prokázáno, že již v minulosti zde byly hnědozemě, které vznikly na vrstvě spraše, a jinde v okolí se již nevyskytují. V důsledku dlouhodobého působení činností vody se zde vyvinul pás fluvizemí. Půda sledovaného území dle vyhlášky o stanovení tříd ochrany č. 48/2011 Sb. spadá do I. třídy ochrany zemědělského půdního fondu. Její bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ) je pětimístný číselný kód 4.11.10. Znamená to, že půda je zde hluboká v mírně teplém, suchém klimatickém regionu, se sklonitostí 3 – 7 ° a jedná se o hnědozem na mírném svahu se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půda je v tom případě ohrožena acidifikací a utužením (VÚMOP, 2019).



Obrázek č. 6: Obec Solopysky (Mapy.cz, 2021).



Obrázek č. 7: Pilotní území (Veřejný registr půdy – LPIS, 2021).

6.2 Meziplodiny

Velký význam při ochraně před půdní vodní erozí mají meziplodiny. Meziplodiny mohou plnit více funkcí a mnohdy se navzájem překrývají (v rámci konvenčního a ekologického zemědělství):

- Eliminaci degradačních procesů (např. omezení erozních procesů, infiltrace a retence vody atd.),
- snižování rizika zaplevelení porostů,
- omezení rozvoje chorob a škůdců v rámci pěstované plodiny,
- zvýšení využití slunečního záření,
- cílené ovlivnění vývoje všech částí hlavní plodiny a zajištění příznivého mikroklimatu přízemní vrstvy atmosféry a půdních podmínek,
- podpora druhové pestrosti a zvýšení potravní nabídky pro půdní organismy,
- využití vlivů mezi hlavní a pomocnou plodinou

(Brant, 2019).

V diplomové práci bylo sledováno 6 druhů meziplodin osetých vždy ve třech řadách mezi jednotlivými sloupy v délce 8 m (jedno sloupové pole). Osetí činilo 80 % výměry v meziřadí chmelnice a zbylých 20 % tvořilo okolí rostlin chmele. Druhy meziplodin byly zvoleny tak, aby splňovaly nejvyšší protierozní účinky, zejména z hlediska pokrývnosti, množství nárůstu biomasy a odolávání pojezdům zemědělské techniky v kolejových stopách:

- Světlice barvířská –30 kg/ha,
- žito svatojánské – 160 kg/ha,
- sléz krmný - 11 kg/ha,
- štírovník jednoletý – 13 kg/ha,
- tolíce dětelová – 12 kg/ha,
- lnička setá – 10 kg/ha
- směs oves setý – 80 kg/ha a vikev setá – 40 kg/ha
- hořčice bílá – 12 kg/ha.

Pro účely měření vlhkosti v prostoru osetém hořčicí bílou a stejně tak i v meziřadí s konvenčním zpracováním půdy byla zabudována čidla TSM-4. Zadešťování simulátorem deště bylo provedeno na plochách se zabudovanými čidly a v prostoru se směsí ovesa setého a vikve seté. Výsledky měření byly následně vyhodnoceny a porovnány z hlediska vláhového režimu. Na obrázku č. 8 je znázorněno schéma osetí pilotního území podplodinami v meziřadí chmelnice.

Pokusy k pozorování				Simulace deště			
Konvenční zpracování	Konvenční zpracování	Konvenční zpracování	sloupové pole 8 m	Oves setý + Vikev setá	Konvenční zpracování	Hořčice bílá	sloupové pole 8 m
Sléz krmný	Štírovník jednoletý	Tolice dětelová	sloupové pole 8 m				sloupové pole 8 m
Konvenční zpracování	Konvenční zpracování	Konvenční zpracování	sloupové pole 8 m				sloupové pole 8 m
Světlice barvířská	Žito svatojánské	Lnička setá	sloupové pole 8 m				sloupové pole 8 m

Obrázek č. 8: Schéma založení pokusů.

Lnička setá (*Camelina sativa*)

Lnička setá na obrázku č. 9 je jednoletá bylina z čeledi brukvovitých. Nejčastěji se pěstuje druh rodu *Camelina*. V České republice je registrována od roku 2013 odrůda Zuzana. Jedná se o nenáročnou rostlinu, která po počáteční potřebě závlahy dobře odolává suchu i nízkým teplotám (až do $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Je velmi odolná proti zaplevelení, chorobám a škůdcům především dřepčíkům. Jedná se o plodinu s vegetační dobou v průměru 3,5 měsíce. Má řídké hroznovité květenství na dlouhých stopkách a dorůstá do výše 60 – 120 cm (Brant, 2008; Stražil, 2008).



Obrázek č. 9: Lnička setá vlevo a detail květu vpravo.

Tolice dětelová (*Medicago lupulina* L.)

Tolice dětelová na obrázku č. 10 je jednoletá až dvouletá jetelovina (výjimečně i víceletá). Dosahuje výšky 30 – 60 cm a patří k málo výnosným jetelovinám, které jsou vhodné k vyplnění spodního patra. Dobře snáší spásání a sešlapávání. Využívá se jako zelené hnojení, protože v půdě zanechává velké množství organické hmoty, příznivě ovlivňuje úrodnost půdy a patří k medonosným plodinám. V případě sucha omezuje nebo zastavuje růst. Dobře roste i na chudších půdách s dostatečným množstvím vápníku (Brant, 2008; Knotová a kol., 2018).



Obrázek č. 10: Tolice dětelová vlevo a detail květu vpravo.

Žito svatojánské (*Secale cereale* L. var. *multicaule* Metzg. ex. Alef.)

Žito svatojánské na obrázku č. 11 je rostlina charakteristická bohatým olistěním, delší vegetační dobou, drobnějším zrnem a dorůstá až do 200 cm. Má vysokou protierozní funkci především na svazích. Jarní výsevy vytvářejí dobře zapojené porosty a účinně potlačují plevel. Do podzimu může žito opětovně dorůst až do výše 30 cm. Podzimní výsev je využíván jako nevymrzající mezplodina s následnou jarní zaorávkou. Takto zamezuje vodní erozi v období pozdního podzimu, zimního a časného jarního období (Brant, 2008; Procházka a kol., 2016).



Obrázek č. 11: Žito svatojánské vlevo a detail vpravo.

Štírovník jednoletý (*Lotus ornithopodioides*)

Štírovník jednoletý Mírek na obrázku č. 12, byl jako odrůda povolen v roce 2015. Jedná se o vícesečnou pícevinu nenáročnou na půdní i klimatické podmínky s možností ponechání porostu bez sečení a k podzimnímu zaorání. Nejlepších výsledků dosahuje ve vláhově příznivých podmínkách, i když suchu odolává dobře. V době kvetení lze sýci dle potřeby, v době zrání lusků pokračuje ve vegetaci (Knotová, 2010).



Obrázek č. 12: Štírovník jednoletý vlevo a detail květu vpravo.

Sléz krmný (*Malva verticillata* L.)

Sléz krmný na obrázku č. 13 je využíván jako strnisková plodina. Jedná se o jednoletou pícevinu, která vytváří velké množství okrouhlých listů. V počátcích růstu trpí sléz zaplevelením, ale po vytvoření listové pokrývy již dokáže dobře potlačit nízké plevele. Vyžaduje vhodné tepelné podmínky, dostatek vláhy a půdu s dostatečným množstvím vápna a živin. Při sklizni první seče může dosahovat až 100 cm. Po odkvětu a výdrolu semen obnovuje svůj růst (Brant, 2008; Vach, 2009).



Obrázek č. 13: Sléz krmný vlevo a detail květu vpravo.

Světlice barvířská (*Carthamus tinctorius* L.)

Světlice barvířská na obrázku č. 14 je nenáročná plodina, pěstuje se v suchých a vápenitých půdách. Odolává jarním mrazíkům (do -6 °C). Dozrává koncem srpna až začátkem září. Její výška se pohybuje od 50 až do 110 cm. Má vysoký obsah nektaru, a proto je to rostlina vhodná pro včelaře. V době kvetení lze sbírat z květů korunní plátky, které obsahují přírodní barvivo (nepravý šafrán). Je využitelná jako vhodná meziplodina pro svou odolnost vůči suchu s možností získání zelené píce nebo zeleného hnojení (Brant, 2008; Vach, 2009).



Obrázek č. 14: Světlice barvířská vlevo a detail květu vpravo.

Hořčice bílá (*Sinapis alba* L.)

Hořčice bílá na obrázku č. 15 je z čeledi brukvovitých. V našich podmínkách se hlavně uplatňuje jako meziplodina využívaná pro zelené hnojení nikoli pro krmné účely, a to z důvodu menší produkce zelené hmoty. Umožňuje zvýšení obsahu humusu v půdě, zlepšuje fyzikální vlastnosti půdy a zvyšuje její mikrobiologické aktivity. Důležitou vlastností je vysoká adaptabilita vůči půdním a klimatickým podmínkám, i když má nižší mrazuvzdornost a může být poškozena teplotami -5 až -7 °C. Lze ji vysévat jako směs s pohankou obecnou, svazenkou vratičolistou nebo luskovinami (Vach a kol., 2005; Spohn, 2010; Hrouda, 2013; Vejražka a kol., 2017).



Obrázek č. 15: Hořčice bílá vlevo a detail květu vpravo.

Oves setý (*Avena sativa*)

Oves setý na obrázku č. 16 je nejmladší kulturní plodinou. Pěstuje se v chladnějším a vlhčích oblastech. Je odolný vůči chorobám i poléhání a velmi vhodný k potravinářským účelům. Nejvíce se využívá ke krmení hospodářských zvířat a okrajové využití má i v kosmetickém průmyslu. Obsahuje bílkoviny důležité pro správné fungování lidského organismu, vlákninu, která pomáhá dobrému trávení, a další minerály a vitamíny. Při pokusu byla použita směs oves setý a vikev setá na obrázku č. 16 (Květena ČR, 2021).

Vikev setá (*Vicia sativa*)

Jednoletá bylina vysoká 30 – 60 cm na obrázku č. 16 se vyskytuje na polích, loukách a pastvinách. Roste i na úhorech a při okraji komunikací. Vyhovují jí těžší hlinité až jílovité půdy, slunná až polostinná sušší stanoviště. Často se pěstuje ve směsích

s obilovinami jako hodnotná pícnina. Obvykle se vyskytuje jako plevel na polích a zahradách. Jedná se o druh byliny, která zlepšuje kvalitu půdy (Květěna ČR, 2021).



Obrázek č. 16: Oves setý a vikev setá vlevo a detail květu vikve seté vpravo.

6.3 Způsoby měření

Monitoring podplodin – pokryvnost, míra zaplevelení, měření, vážení a sledování kolejový stop:

- Světlíce barvířská,
- žito svatojánské,
- lnička setá,
- tolice dětelová,
- štírovník jednoletý,
- sléz krmný.

Zadešťování simulátorem deště:

- Oves setý a vikev setá (směs),
- hořčice bílá,
- konvenčně obhospodařovaná půda.

Před zadeštěním byly vždy odebrány vzorky půdy pomocí Kopeckého válečků a další vzorky byly odebrány po zadeštění.

Měření za pomoci zabudovaných čidel:

- Hořčice bílá (4 vlhkostní čidla TMS-4),
- konvenčně obhospodařovaná půda (4 čidla TMS-4).

Dvě čidla umístěna v hloubce 20 cm a dvě čidla v hloubce 40 cm. Hodnoty z čidel byly snímány dálkově pomocí softwaru dodaného společně s čidly.

6.3.1 Kopecského válečky

Kopecského válečky na obrázku č. 17 jsou tenkostěnné nerezavějící ocelové válečky, vysoké 5 cm. Jsou charakteristické svým objemem – 100 cm³. Pro fyzikální analýzy je důležité odebrání neporušených půdních vzorků. Váleček je na spodní straně opatřen ostřím, které umožňuje jeho snazší pronikání do půdy. Při odebírání půdy se postupuje od povrchových horizontů směrem k horizontům substrátovým. Do půdního horizontu jsou válečky vtlačovány pozvolným tlakem s cílem zeminu horizontu nesmačkávat. Půda pro odběr by měla být ve svém přirozeném stavu. Po vtlačení a následném vyrýpnutí za pomoci polní lopatky je přesahující zemina ve válečku postupně a kuželovitě odříznuta nožem. Při odřezávání se postupuje od středu válečku ke kraji až do zarovnání k základně. Poté se váleček zavíčkuje po obou stranách, gumičkami zafixuje a uloží do připraveného igelitového sáčku. Pokud dojde k odloupení části zeminy, nebo je-li ve válečku kámen či otvor po edafonu, je nutné udělat odběr znovu. Takto odebrané vzorky musí být co nejrychleji dopraveny do laboratoře ke zpracování (Pokorný a kol., 2007; Zoubková, 2014).



Obrázek č. 17: Kopecského váleček.

6.3.2 Čidlo TMS-4

TMS-4 dataloggery (čidla) jsou přizpůsobené pro měření půdní i vzdušné vlhkosti. Mají tři teplotní a jeden půdní vlhkostní senzor. Umožňují dlouhodobé měření i v náročných podmínkách. Pro správné měření vlhkosti je nutné, aby zelené části čidel tzv. dataloggery na obrázku č. 19, byly celým svým povrchem v přímém kontaktu s půdou. Toho lze většinou dosáhnout tím, že se TMS-4 přímo zasune do země. Důsledkem nepřesnosti měření bývají vzduchové kapsy nebo bubliny, které se v půdě mohou nacházet. K problémům dochází například v půdách, které vysychají (hliněné půdy). Mohou nastat i situace, kdy kolem dataloggeru vznikají praskliny a dochází tak ke ztrátě kontaktu dataloggeru s okolní půdou, což způsobuje, že je naměřená půdní vlhkost nižší než skutečná. Pro instalaci čidla je tedy vhodné vyhloubení větší díry jako na obrázku č. 18 a následné zasypaní, čímž se ochrání před poškrábáním a zajistí se podmínky pro správné měření a získání přesnějších údajů. Použití dataloggerů TMS-4 se nedoporučuje používat pro měření půdní vlhkosti v případě zmrzlé půdy. Dataloggery se mohou používat opakovaně po dobu 10 let. Bez výměny baterie zvládnou zaznamenat až 524 288 událostí právě díky kvalitní lithiové baterii. Stažení dat lze provést pomocí adaptéru, který umožňuje připojení přes USB do PC. Po stažení je důležité provést tzv. kalibraci dat. Ta se provádí za pomoci získaných dat z půdních vzorků odebíraných současně s měřením a následně zpracovaných v laboratoři (TOMST, 2021).



Obrázek č. 18: Umístění čidel (VÚMOP, 2021).



Obrázek č. 19: Vyjmuté čidlo.

6.3.3 Simulátor deště

Polní simulátor deště VÚMOP v. v. i. na obrázku č. 20 je využíván pro měření ztráty půdy vodní erozí či zanášení vodních toků sedimenty a živinami. Umožňuje přesně a korektně modelovat umělý déšť s kontrolovatelnými charakteristikami (velikost kapek, intenzita deště nebo doba trvání) (Kincl a kol., 2018).

Simulátor je používán k ověřování půdoochranných technologií jako např. využití meziplodin. Umožňuje srovnávání reálných smyvů půdy z odlišně obhospodařovaných pozemků (např. konvenční agrotechnika, protierozní technologie). Toto testování umožňuje zařazování nových půdoochranných technologií. Prostřednictvím simulátoru deště byla umožněna simulace vysoké intenzity přivalového deště za pomoci trysek s tlakem 0,5 bar umístěných ve výšce 2 metry nad zadešťovaným terénem. Při použití zdvojeného rozvodu trysek na obrázku č. 21 a při různých vlhkostních stavech je možné stanovit infiltrační schopnost půdy i obsah nerozpuštěných látek v sedimentu. Makrolonové desky vymezují testovanou plochu (min. 21 m²) a zabraňují dopadání vody mimo určený prostor.

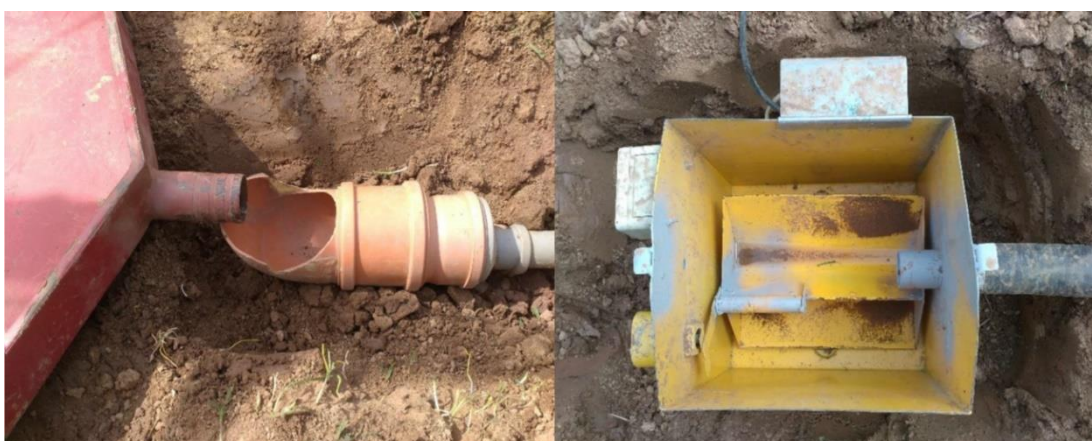
Cílem zadešťování bylo zvýšení vlhkosti půdy a sledování, jak se následně projeví na hodnotách naměřených na čidlech. Zadešťování simulátorem deště proběhlo vždy 2x po sobě, přičemž délka prvního zadeštění trvala 30 minut a po 15minutovém přerušení proběhlo druhé (opakované) zadeštění v délce 15 minut. Vzorky povrchového odtoku s erodovanými půdními částicemi byly odebírány v pravidelných intervalech z člunkového průtokoměru na obrázku č. 22 a množství splavenin bylo měřeno překlápečkou též na obrázku č. 22. Intenzita simulované srážky byla zvolena 1,2 mm/min.



Obrázek č. 20: Simulátor deště (VÚMOP, 2019).



Obrázek č. 21: Trysky simulátoru deště.



Obrázek č. 22: Člunkový průtokoměr vlevo a překlápečka vpravo (VÚMOP, 2018).

7 Výsledky

Pro pozorování a měření byly využity plochy založené dne 26. 4. 2021. Měření probíhalo za průběžné a odborné spolupráce s VÚMOP v. v. i. až do 10. 8. 2021, kdy došlo k poslední simulaci deště a následnému šetrnému vyjmutí čidel ze země.

Monitoring podplodin

Výsledky jednotlivých měření u sledovaných meziplodin světlice barvířská, žito svatojánské, lničky seté, tolíce dětelové, štirovníku jednoletého a slézu krmného jsou zaneseny v tabulkách č. 1 – 6.

Podrobně jsou zde uvedeny informace o jednotlivých fázích růstu plodin v období duben až září 2021. V tabulkách jsou také uvedeny informace o jednotlivých pěstebních obdobích (Janeček, 2012).

U těchto variant je důležitý dostatek vody v době setí i krátce po zasetí. Nedostatek vláhy ovlivňuje jejich růst a zaplevelení. Tak jako při monitoringu v roce 2019 si nejlépe vedlo žito svatojánské. Naproti tomu největší eroze půdy byla pozorována u štirovníku jednoletého, který vykazoval nízkou pokrývnost a vysoké zaplevelení. U slézu krmného došlo k největšímu nárůstu biomasy. Přetrvávajícím problémem se opět ukázalo utužení půdy v prostoru kolejových stop.

Světlice barvířská						
datum	dle Janečka	pokrývnost	výška	váha	zaplevelení	poznámky
09.04.2021	1. období	osev, překrytí slabou vrstvou zeminy, utužení válcem				
11.05.2021	2. období	80 %	2,5 cm	-	žádné	počátek růstu
09.06.2021	3. období	80 %	15 - 30 cm	13 g	téměř žádné	růst i v kolejových stopách, ojedinělý vyšší vzrůst
11.07.2021	4. období	80 %	70 - 115 cm	18,8 g	téměř žádné	vysoká míra zapojení porostu, vyjeté kolejové stopy
10.08.2021		60 %	80 - 120 cm	10,3 g	malé, okrajové	odkvěté a zasychající rostliny, známky eroze v kolejových stopách
26.09.2021	5. období	20 %	80 - 120 cm	5,8 g	střední, okrajové	pozůstatky zaschlých rostlin

Tabulka č. 1: Světlice barvířská.

Lnička setá						
datum	dle Janečka	pokryvnost	výška	váha	zapevelení	poznámky
09.04.2021	1. období	osev, překrytí slabou vrstvou zeminy, utužení válcem				
11.05.2021	2. období	5 %	3 cm	-	žádné	počátek růstu
09.06.2021	3. období	80 %	20 - 35 cm	9 g	žádné	vyjeté kolejové stopy
11.07.2021		50 %	60 - 80 cm	1,8 g	malé, okrajové	odkvétá a usychá, tvoří semena
10.08.2021	4. období	35 %	60 - 80 cm	0,7 g	střední	téměř uschlá, tvoří semena
26.09.2021	5. období	5 %	5 cm	-	malé	pozůstatky zaschlých rostlin, nový vzrůst ze semen, vyjeté kolejové stopy

Tabulka č. 2: Lnička setá.

Sléz krmný						
datum	dle Janečka	pokryvnost	výška	váha	zapevelení	poznámky
09.04.2021	1. období	osev, překrytí slabou vrstvou zeminy, utužení válcem				
11.05.2021	2. období	10 %	3 cm	-	žádné	počátek růstu
09.06.2021	3. období	90 %	20 - 30 cm	10 g	téměř žádné	růst i v kolejových stopách, nálet lničky seté ze sousední pokusné plochy
11.07.2021		70 %	50 - 90 cm	29 g	malé	ojedinělý vzrůst 160 cm, počátky květu
10.08.2021	4. období	50 %	20 - 30 cm	12,6 g	střední	okus na listech, počátky nového vzrůstu
26.09.2021	5. období	70 %	20 - 45 cm	13,2 g	malé	velký okus listů, květ nového růstu, pozůstatky odkvetlých rostlin, vyjeté kolejové stopy

Tabulka č. 3: Sléz krmný.

Štírovník jednoletý						
datum	dle Janečka	pokryvnost	výška	váha	zapevelení	poznámky
09.04.2021	1. období	osev, překrytí slabou vrstvou zeminy, utužení válcem				
11.05.2021	2. období	0,5 %	0,5 cm	-	žádné	počátek růstu
09.06.2021	3. období	10 %	8 - 15 cm	0,8 g	vysoké	vyjeté kolejové stopy
11.07.2021		15 %	20 - 30 cm	1 g	vysoké	první známky květu, vyjeté kolejové stopy
10.08.2021	4. období	5 %	20 - 30 cm	1 g	velmi vysoké	ojedinělé rostliny, utlačení plevem
26.09.2021	5. období	3 %	6 - 10 cm	0,6 g	velmi vysoké	ojedinělé kvetoucí rostliny, vyjeté kolejové stopy

Tabulka č. 4: Štírovník jednoletý.

Tolice dětelová						
datum	dle Janečka	pokryvnost	výška	váha	zapevelení	poznámky
09.04.2021	1. období	osev, překrytí slabou vrstvou zeminy, utužení válcem				
11.05.2021	2. období	0,5 %	0,5 cm	-	žádné	počátek růstu
09.06.2021	3. období	30 %	3 - 10 cm	0,5 g	vysoké	utlačení plevem, vyjeté kolejové stopy
11.07.2021		30 %	15 - 30 cm	1,2 g	velmi vysoké	velké utlačení plevem, vyjeté kolejové stopy
10.08.2021	4. období	50 %	20 - 35 cm	1,3 g	střední	počátky květu a utlačování plevu
26.09.2021	5. období	80 %	20 cm	1,2 g	malé	vysoká míra zapojení porostu, vyjeté kolejové stopy

Tabulka č. 5: Tolice dětelová.

Žito svatojánské						
datum	dle Janečka	pokryvnost	výška	váha	zapevelení	poznámky
09.04.2021	1. období	osev, překrytí slabou vrstvou zeminy, utužení válcem				
11.05.2021	2. období	35 %	10 cm	-	žádné	počátek růstu
09.06.2021	3. období	90 %	65 - 90 cm	7 g	žádné	polehle v kolejových stopách
11.07.2021		95 %	90 - 145 cm	8,2 g	žádné	kolejových stopách ojedínělé a polehlé
10.08.2021	4. období	90 %	100 - 140 cm	6,8 g	žádné	zaschlé a v kolejových stopách polehlé
26.09.2021	5. období	60 %	25 cm	4,2 g		nový růst, vyjeté kolejové stopy se známkou eroze vodou

Tabulka č. 6: Žito svatojánské.

Zadešťování simulátorem deště:

Pro zadešťování simulátorem deště byly určeny tři technologie: směs oves setý a vikev setá, hořčice bílá a plocha konvenčně obhospodařovaná. Simulátor deště je zařízení, které slouží k ověření vodní eroze a simuluje srážky. Kromě erozního účinku srážky lze určit začátek i konec povrchového odtoku včetně infiltrační schopnosti půdy. Infiltrace vody zvyšuje půdní vlhkost. Výsledky jsou zaznamenávány elektronicky.

První termín zadeštění (období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí) proběhl dne 11. 5. 2021. Již po první simulaci (30 minut) deště se zvýšila

vlhkost půdy konvenčně zpracované o 30 %, u technologie s hořčicí bílou o 48 % a u směsi oves setým a vikev setá o 49 %. Po druhé simulaci (15 minut) se projevila vlhkost půdy u všech technologií přibližně o 10 % vyšší než po prvním zadeštění. Celková infiltrace do půdy po první a druhé simulaci, jak je uvedeno v tabulce č. 7, byla naměřena u hořčice bílé o 8 % a u technologie oves setý a vikev setá o 13 % vyšší než u půdy konvenčně zpracované. V období 1. dekády měsíce května vystoupala průměrná teplota k téměř 29 °C, srážky činily 29,80 mm a bylo 6 tzv. suchých dnů (dny bez srážek).

pořadí zadeštění	varianta	vlhkost půdy % obj.		začátek povrchového odtoku	infiltrace	velikost povrchového odtoku	ztráta půdy
		před zadeštěním	po zadeštění	[s]	[l]	[l]	[t/ha]
první zadeštění 30 minut	konvenčně	22.2	28.79	343	384	396	9.87
	hořčice bílá	18.95	28.1	343	409	371	7.03
	oves+vikev	19.09	28.4	328	431	349	6.84
první zadeštění 15 minut	konvenčně	28.79	29.62	22	88	292	6.1
	hořčice bílá	28.1	30.56	26	99	291	4.92
	oves+vikev	28.4	30.5	30	102	278	5.75

Tabulka č. 7: Výsledky prvního období zadeštění (VÚMOP, 2021).

Druhý termín zadeštění (období přibližně dva měsíce od setí) proběhl 8. 6. 2021. Meziplodiny byly již plně vzrostlé s nízkým zaplevelením. Po první simulaci na přirozeně suchou půdu si lépe vedla technologie oves setý a vikev setá. Vlhkost půdy se zvýšila o 130 % a u hořčice bílé o 107 % oproti konvenčnímu zpracování, kde byla naměřena vlhkost vyšší o 77 %. Po druhém zadeštění na již nasycenou půdu se zvýšení vlhkosti pohybovalo přibližně do 6 %, jak je vidět v tabulce č. 8. Po celkovém zadeštění hodnoty ukázaly zvýšení infiltrace vody oproti konvenční technologii u hořčice bílé o 75 % a u ovsa setého a vikve seté až o 95 %. V období 1. dekády měsíce června byla maximální teplota téměř 28 °C, srážky pouze 11,4 mm a bylo 5 dnů bez srážek.

pořadí zadeštění	varianta	vlhkost půdy % obj.		začátek povrchového odtoku	infiltrace	velikost povrchového odtoku	ztráta půdy
		před zadeštěním	po zadeštění	[s]	[l]	[l]	[t/ha]
první zadeštění 30 minut	konvenčně	18	31.83	182	292	488	7.55
	hořčice bílá	14.48	30.04	210	483	297	4.8
	oves+vikev	14.52	33.52	149	602	178	3.82
první zadeštění 15 minut	konvenčně	31.83	31.84	24	87	303	5.7
	hořčice bílá	30.09	31.84	25	179	211	3.02
	oves+vikev	33.52	34.17	24	135	255	2.88

Tabulka č. 8: Výsledky druhého období zadeštění (VÚMOP, 2021).

Třetí termín (období od konce druhého měsíce do sklizně). Zadeštění se uskutečnilo 10. 8. 2021. U ploch s mezplodinami byly v kolejových stopách zaznamenány polehlé rostliny. V tomto období (srpen 1. dekáda) bylo poměrně větší množství srážek 49,60 mm, průměrné teploty se pohybovaly kolem 26 °C a před simulací nebyl ani jeden den bez srážek. Vlhkost po první simulaci vykazovala u konvenční technologie zvýšení o 64 %, u hořčice bílé o 26 % a u ovesa setého a vikve seté pouze o 15 %. Po druhém zadeštění byly hodnoty vyšší o 14 % (konvenční zpracování), o 7 % (hořčice bílá) a o 35 % byla zvýšena vlhkost u technologie oves setý a vikve setá. Vyšší infiltraci vodou oproti konvenčnímu zpracování vykazovala hořčice bílá o 57 % a oves setý a vikve setá o 48 %, jak je uvedeno v tabulce č. 9.

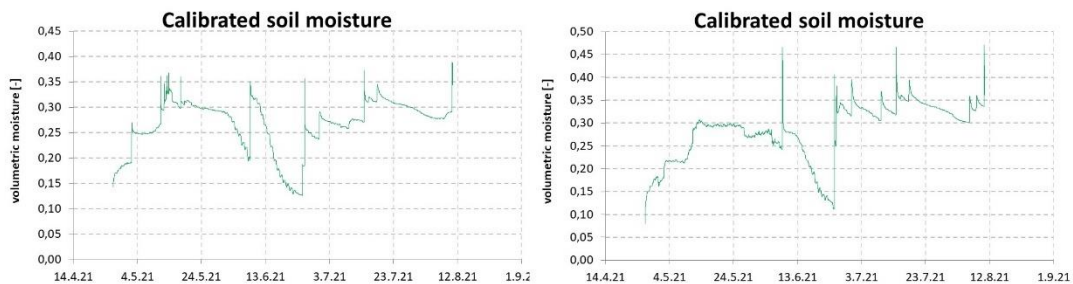
Potvrdilo se, že nejhorší variantou z hlediska infiltrace vody do půdy je konvenční zpracování. Oproti tomu technologie s mezplodinami dokážou lépe zachytit srážky, ať už přirozené, nebo aplikované prostřednictvím simulátoru deště. Zvýšení infiltrace znamená snížení vodní eroze. Zadržení vody v půdě je prospěšné mezplodinám, ale i plodině hlavní. V tomto případě se jedná o chmel otáčivý.

pořadí zadeštění	varianta	vlhkost půdy % obj.		začátek povrchového odtoku	infiltrace	velikost povrchového odtoku	ztráta půdy
		před zadeštěním	po zadeštění	[s]	[l]	[l]	[t.ha ⁻¹]
první zadeštění 30 minut	konvenční zpracování	18,36	30,14	58	345	435	2,4
	hořčice bílá	20,31	25,64	75	553	227	0,27
	oves setý + víkev setá	25,49	29,27	68	533	247	0,29
první zadeštění 15 minut	konvenční zpracování	30,14	34,22	19	150	240	1,31
	hořčice bílá	25,64	27,4	53	225	165	0,11
	oves setý + víkev setá	29,27	39,56	23	200	190	0,13

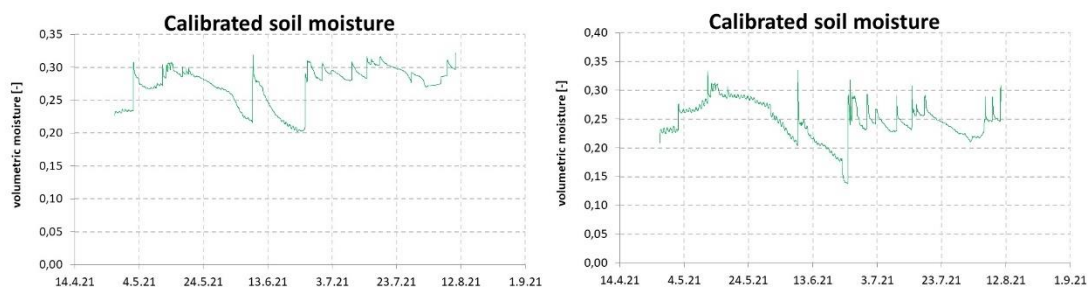
Tabulka č. 9: Výsledky třetího období zadeštění (VÚMOP, 2021).

Údaje z měření čidel

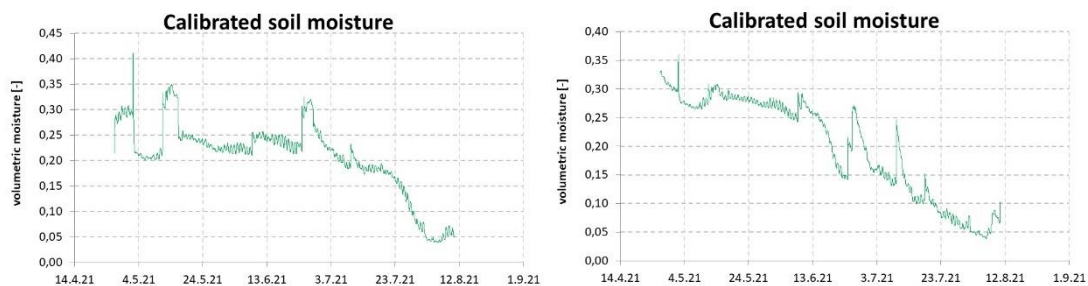
Vlhkost půdy byla zaznamenávána čidly TMS-4. V měřeném období května až července 2021 proběhlo 3x zadeštění simulátorem a vyskytlo se několik přívalových srážek, nejvíce právě v květnu a červnu. Oproti třicetiletému průměru z Hydrometeorologického ústavu byl počet srážek až dvojnásobný v období května (111,4 mm) a června (110 mm), v červenci byl nárůst oproti průměru pouze o cca 15 % (81,8 mm) a v srpnu byl počet srážek v rámci dlouhodobého průměru obdobný (76 mm). Průměrné teploty v jednotlivých měsících dosahovaly hodnot: v květnu 10,7 °C, v červnu 19,8 °C, v červenci 18,7 °C. Z měření vyplývá, že půda s hořčicí bílou dokáže vodu lépe infiltrovat a zadržovat. Díky tomu má tato varianta vyšší vlhkost půdy, viz obrázky č. 23 – 26. Tímto se potvrzuje, že zlepšené vlhkostní podmínky v půdě nastávají díky meziplodinám v meziřadí a mohou tak i pozitivně působit na růst chmele. Vyhodnocení bylo provedeno pomocí kalibračního klíče firmy TOMST s pomocí korekce křivek na základě odebraných vzorků půdy během simulace deště.



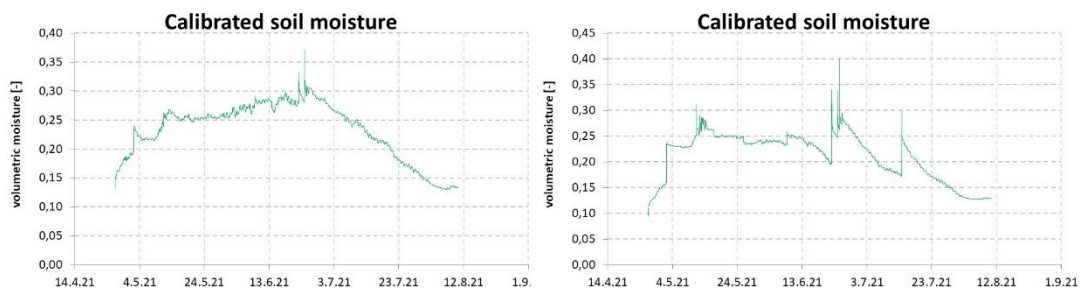
Obrázek č. 23: Výsledky z vlhkostních čidel u hořčice - hloubka 20 cm (VÚMOP, 2021).



Obrázek č. 24: Výsledky z vlhkostních čidel u hořčice - hloubka 40 cm (VÚMOP, 2021).



Obrázek č. 25: Výsledky z vlhkostních čidel - hloubka 20 cm (VÚMOP, 2021).



Obrázek č. 26: Výsledky z vlhkostních čidel - hloubka 40 cm (VÚMOP, 2021).

8 Diskuse

Systém pěstování chmele v tradiční konstrukci je pracovně a finančně náročný. Pro zlepšení stavu a dosažení optimální produkce chmele, produktivity práce, zvýšení výnosů a udržení stabilní produkce je nutné uplatňování nových a racionálnějších postupů pěstování a opatření (Krofta a kol., 2012).

Ke stanovení množství infiltrace vody do půdy slouží polní simulátor deště. Simulace deště probíhaly ve druhém, třetím a čtvrtém pěstebním období, a to vždy ve dvou etapách. Výsledky měření potvrdily, že podplodiny v meziřádcích chmelnice chrání povrch půdy, lépe zadržují vodu a zvyšují tak vlhkost půdy již měsíc po zasetí, což je základem pro udržitelné zemědělské hospodaření na svažitéch chmelnicích (Kabelka a kol., 2021).

Pro uchování půdní vlhkosti je důležité i množství organické hmoty. Studie na vinicích prokázaly, že organické látky v půdě ovlivňují její infiltraci vody, snížení utužení z důvodů pojezdů techniky mezi řádky a snížení vodní eroze. Jako náhražka organické hmoty bylo použito zpracované odpadní dřevo z révy (tzv. štěpky). Cílem bylo udržení optimální vlhkosti a zvýšení zásob živin v půdě (Burg a Zemánek, 2010). Tato metoda prokázala zlepšení struktury půdy, udržení vlhkosti půdy a tím i optimální zásobování hlavní plodiny živinami. V tomto případě trvalé kultury jako je vinná réva (Badalíková a Červinka, 2012). Na vinicích se uplatňuje i přirozený nebo trvalý travní porost v meziřádcích. Toto opatření je doporučováno pro jakýkoliv sklon svahu i množství srážek. Ve srovnání s holou půdou byla zaznamenána vyšší infiltrace vody, zvýšená ochrana půdy i nárůst organické hmoty. Trvalý travní porost také lépe odolával v kolejových stopách, kde dochází utužením půdy ke snížení možnosti infiltrace vody. Právě nedostatek vláhy ve vegetačním období může způsobit snížení růstu travního porostu, proto se v případě vinohradů doporučuje mulčování slámou. Doporučuje se i posklizňový výsev vickovitých rostlin společně s travní směsí. Využijí se tak lépe srážky v období snížené potřeby vláhy ovocnými dřevinami. (Litschmann a Oukropec, 2006; Prosdociami, 2016).

Toto se potvrzuje i v případě chmelnice, kde byly testovány technologie s meziplodinami. Tyto technologie zvyšují podíl organické hmoty. Bylo prokázáno, že právě v meziřadí oseté podplodiny lépe zadržovaly vodu v půdě, snižovaly erozi a působily proti utužení půdy v kolejových stopách. Tak jako v případě vinic, tak i na

chmelnicích si nejhůře vede konvenčně obdělávaná půda. Z důvodu neustálé změny klimatu je proto důležité se této problematice stále věnovat a získávat údaje z měření pro lepší nastavení ochrany půdy ať pro udržitelné zemědělství, tak také pro zadržování vody v krajině.

Při porovnávání půdoochranných technologií v terénu dochází k ověřování, zda jsou použité technologie skutečně účinné. Důkazy o vlivu půdoochranných technologií se získávají dlouhodobým měřením a monitorováním zemědělsky využívaných ploch. I při simulaci deště se nelze vyvarovat veškerým chybám.

Pro matematické modely je nezbytná kalibrace, neboť ve skutečnosti mohou být ovlivněny různými činiteli a nemusí být tedy platné. Kalibrace je opět možná pouze ověřením v praxi (Rožnovský, 2013). V tomto případě byl použit kalibrační klíč od firmy TOMST a zároveň musely být křivky korigovány dle výsledků z odebraných vzorků půdy.

Pro zvýšení infiltrace vody do půdy je nutné podporovat půdoochranné technologie a tím i snížení odnosu půdy při přívalových deštích. Současně je žádoucí udržovat úrodnost půdy a zabránit jejímu znehodnocení. Propojovat nejnovější poznatky pěstování plodin a propojovat konvenční a ekologické systémy hospodaření s moderními technologiemi tzv. uplatnění precizních principů hospodaření (Brant a kol., 2020).

Vláhový režim půdy má tedy významnou roli. Jak vyplývá z pozorování růstu mezíplodin, nárůst organické biomasy přispívá k zadržování vody a snižuje smyv půdy.

9 Závěr

Hlavním cílem projektu bylo srovnání vlhkostních podmínek půdy meziřadí chmelnice osetého hořčicí bílou a půdy konvenčně zpracovávané. Jak již bylo zmíněno výše, v měřeném období proběhlo několik přívalových srážek včetně tří zadeštění polním simulátorem.

Výsledky pozorování potvrdily, že na základě zhodnocených faktorů (pokryvnost, úroveň zaplevelení, odolnost vůči klimatickým změnám a odolnost vůči mechanickému poškození) si nejlépe vedlo žito svatojánské. Naopak velká ztráta půdy vodní erozí oproti ostatním sledovaným meziplodinám byla stále prokazatelně zřetelná při nárůstu přívalových srážek u štírovníku jednoletého.

Porovnání výsledků po zadeštění u konvenčního zpracování a půdy oseté meziplodinou se ukazuje, že míra vlhkosti zadržené v půdě je u oseté plochy vyšší a zároveň je o třetinu snížen odnos půdy vodní erozí. Jak napovídají výsledky měření, půda prokořeněná s hořčicí bílou vodu lépe infiltruje a déle zadržuje.

V závislosti na teplotě, srážkách a vlhkostních podmínkách je vidět, že ne každá meziplodina ob stojí, ale i samotná přítomnost meziplodin je významná. Zvolení vhodné plodiny závisí samozřejmě na daném objektu. Avšak by měl být brán ohled na potřebu dostatku vody v půdě v době setí a krátce po zasetí. Při stoupajícím množství srážek, kdy je půda již nasycena, klesá při nedostatečném pokryvu odolnost půdy vůči smyvu. Především při nedostatečném vzrůstu porostu pro nedostatek vody v půdě hrozí také zaplevelení.

Největší problém stále spočívá ve vyjetých kolejových stopách, kde půda není chráněna porostem a je více utužena. V těchto místech pak nemá voda dostatečný prostor do půdy infiltrovat a dochází k povrchovému odtoku.

Meziplodiny vykazují pozitivní účinky na omezení ztráty půdy vodní erozí či omezení povrchového odtoku, zlepšení půdní struktury, ochranu půdy před klimatickými změnami a pojezdy techniky. Ovlivňují náklady, udržení výnosu a kvality produkce. Pozitivní vliv mají i na biodiverzitu.

Zlepšené vlhkostní podmínky s využitím technologie meziplodin pozitivně působí na následný růst hlavní plodiny, v tomto případě chmele.

10 Seznam literatury a použitých zdrojů

BADALÍKOVÁ B., ČERVINKA J., 2012: Vláhové poměry v meziřádcích vinic při různém využití štěpky z vinné révy. In: ROŽNOVSKÝ J., (ed.): Vláhové poměry krajiny: sborník recenzovaných příspěvků z mezinárodní konference: Mikulov 4.-5. dubna 2012. Praha: Česká bioklimatologická společnost v nakl. Český hydrometeorologický ústav, 2012. ISBN 978-80-86690-78-0.

BENNETT H. H., 1939: Soil conservation. McGraw-Hill Book Company inc., New York.

BOARDMAN J., POESEN J., 2006: Soil erosion in Europe. John Wiley a Sons Inc., Hoboken. ISBN 9780470859100.

BRANT V., 2008: Meziplodiny. Kurent, České Budějovice. ISBN 978-80-87111-10-9.

BRANT V., 2019: Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. Agrární komora České republiky, Praha ISBN 978-80-88351-03-0.

BRANT V., KROUHLÍK M., KRČEK V., KRÁSA J., KAPIČKA J., HAMOUZ P., LUKÁŠ J., ZÁBRANSKÝ P., ŠKEŘÍKOVÁ M., ŠKEŘÍK J., JOB Z., LANG J., PETRUS D., 2020: Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby. Kurent, České Budějovice. ISBN 978-80-87111-81-9.

BURG P., ZEMÁNEK P., 2009: The influence of compost on optimization of F hydrophysical characteristics of soils. In: CD Proceedings: International scientific conference New trends in Design and Utilisation of Machines in Agriculture, Landscape Maintenance and Environment Protection, Praha, s. 50–54. ISBN 978-80-213-1897-7

CÁBLÍK J., JŮVA K., 1963: Protierozní ochrana půdy: celostátní vysokoškolská učebnice: určeno studentům vysokých škol zemědělských a technických. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

HOLÝ M., 1978: Protierozní ochrana. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.

HOLÝ M., 1994: Eroze a životní prostředí. České vysoké učení technické, Praha. ISBN 80-01-01078-3.

HORA P., KOHUT M., 2012: Variability vlhkosti půdy v Hodoníně-Pánově v letech 2009 až 2011. In: ROŽNOVSKÝ J., (ed.): Vláhové poměry krajiny: sborník recenzovaných příspěvků z mezinárodní konference: Mikulov 4.-5. dubna 2012. Praha: Česká bioklimatologická společnost v nakl. Český hydrometeorologický ústav, 2012. ISBN 978-80-86690-78-0.

HROUDA L., 2013: Rostliny luk a pastvin. Academia, Praha. ISBN: 978-80-200-2259-2.

HUISLOVÁ P., HOLUBÍK O., HRABALÍKOVÁ M., HŮLA J., JUŘICOVÁ A., KOBZOVÁ D., KŘEMEN T., KUMHALOVÁ J., NOVÁK P., MARADA P., URBAN R., ŠTRONER M., ŽÍŽALA D., 2018: Metodické postupy měření a hodnocení eroze zpracováním půdy: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-87361-92-4.

HŮLA J., ABRHAM Z., BAUER F., 1997: Zpracování půdy. Praha: Nakladatelství Brázda. ISBN 80-209-0265-1

JANEČEK M., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 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. Powerprint, Praha. ISBN 978-80-87415-42-9.

JELOUDAR F. T., SEPANLOU M. G., EMADI M., 2018: Impact of land use change on soil erodibility. Global Journal of Environmental Science and Management [online]. Volume 4, Issue 1. P. 59-70. Dostupné z: doi.10.22034/gjesm.2018.04.01.006.

KABELKA D., KINCL D., VOPRAVIL J., VRÁBLÍK P., 2021: Impact of cover crops in inter-rows of hop gardens on reducing soil loss due to water erosion. Plant Soil Environ., 67: 230–235.

KHEL T., ŘEHÁČEK J., PAPAJ V., VOPRAVIL J., VACEK S., VACEK Z., HAVELKOVÁ L., 2017: Metodika hodnocení účinnosti a realizace větrolamů v krajině jako nástroj pro ochranu půdy ohrožené větrnou erozí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha. ISBN 978-80-87361-70-2.

KINCL D., KABELKA D., SRBEK J., ČÁP P., PETRŮ A., PETERA M., KROFTA K., POKORNÝ J., 2018: Půdoochranné technologie pro pěstování chmelu. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha. ISBN 978-80-87361-90-0.

KNOTOVÁ D., SKLÁDANKA J., PELIKÁN J., KNOT P., 2018: Metodika pěstování tolíce dětelové (*Medicago lupulina* L.) na semeno: uplatněná certifikovaná metodika. Zemědělský výzkum, spol., Troubsko. ISBN 978-80-88000-20-4.

KNOTOVÁ D., 2010: Metodika hodnocení rodu štírovník (*Lotus* sp.). Troubsko: Výzkumný ústav pícninářský, ISBN 978-80-86908-19-9.

KOZLÍK V., MALIŠ O., ALENA F., 1961: Ochrana pôdy pred vodnou eróziou. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava.

KROFTA K., JEŽEK J., KLAPAL I., KŘIVÁNEK J., POKORNÝ J., PULKRÁBEK J., VOSTŘEL J., 2012: Integrovaný systém pěstování chmelu: Metodika pro praxi 02/2012. Petr Svoboda, Žatec: ISBN 978-80-86836-82-9.

LAL R., 2015: Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. Sustainability [online]. Volume 7. P. 5875-5895. ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su7055875.

LIU Q. J., WELLS R. R., DABNEY S. M., HE J. J., 2017: Effect of Water Potential and Void Ratio on Erodibility for Agricultural Soils. Soil Science Society of America Journal [online]. Volume 81, Issue 3. P. 622-632. Dostupné z: doi.10.2136/sssaj2016.11.0369.

LITSCHMANN T., OUKROPEC I., 2006: Způsob obdělání mezířadí v závlahových a bezzávlahových podmínkách. *Zahradnictví*, č 4: 16-18.

MADARAS M., CZAKO A., MAYEROVÁ M., STEHLÍK M., 2020: Stanovení kvality půdní struktury pomocí mobilních zařízení. Praha – Ruzyně: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. ISBN 978-80-7427-338-4.

MACHAR I. a DROBILOVÁ L., 2012: Ochrana přírody a krajiny v České republice: vybrané aktuální problémy a možnosti jejich řešení. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. S. 613 - 614. ISBN 978-80-244-3041-6

MORGAN R. P. C., 2005: Soil erosion and conservation. Blackwell Publishing company, USA. ISBN 1-4051-1781-8.

NCIIZAH A. D., WAKINDIKI I. C., 2015: Physical indicators of soil erosion, aggregate stability and erodibility. Archives of Agronomy and Soil Science [online]. Volume 61, Issue 6. P. 827-842. Dostupné z: doi.org/10.1080/03650340.2014.956660.

NĚMEČEK J., MACKŮ J., VOKOUN J., VAVŘÍČEK D., NOVÁK P., 2001: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 80-238-8061-6.

NOVOTNÝ I., PAPAJ V., PODHRÁZKOVÁ 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. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v. v. i., Praha. ISBN 978-80-87361-67-2.

PANAGOS P., MEUSBURGER K., BALLABIO C., BORRELLI P., ALEWELL CH., 2014: Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. Science of The Total Environment [online]. Volume 479-480. P. 189-200. Dostupné z: [doi.10.1016/j.scitotenv.2014.02.010](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.010).

POKORNÝ E., ŠARAPATKA B., HEJÁTKOVÁ K., 2007: Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku: metodická pomůcka.: ZERA –Zemědělská a ekologická regionální agentura, Náměšť nad Oslavou. ISBN 80–903548–5–8.

PROCHÁZKA J., PELIKÁN J., KNOTOVÁ D., 2016: Metodika pěstování žita trsnatého na zrno: uplatněná certifikovaná metodika. Zemědělský výzkum, spol. s r.o., Troubsko. ISBN 978-80-88000-16-7.

PROSDOCIMI M., CEDRA A., TAROLLI P., 2016: Soil water erosion on Mediterranean vineyards: A review. Catena 141: 1–21 [online]. Dostupné z <https://www.ctpz.cz/vyzkum/vodni-eroze-na-stredomorskych-vinicich-review-474>.

ROŽNOVSKÝ J., (ed.) 2013: Voda, půda a rostliny: sborník abstraktů a CD s příspěvky z mezinárodní konference: Křtiny 29.6.-30.6.2013. Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu Praha.

SÁŇKA M. a MATERNA J., 2004: Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. Ministerstvo životního prostředí, 84 s.

SINGH M. J., KHERA K. L., SANTRA P., 2012: Selection of soil physical quality indicators in relation to soil erodibility. Archives of Agronomy and Soil Science[online]. Volume 58, Issue 6, P. 657-672. Dostupné z: doi/abs/10.1080/03650340.2010.537324.

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

SLAVÍK L., 2000: Biotechnické úpravy v krajině. UJEP, Ústí nad Labem. ISBN 80-70-44-310-3.

SPOHN M., GOLTE-BECHTLE M., 2010: Co tu kvete? květena střední Evropy: více než 1000 planých rostlin. Knižní klub, Praha. ISBN 978-80-242-2479-4.

STRAŠIL Z., 2008: Základy pěstování a možnosti využití lničky seté. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN 978-80-87011-75-1.

ŠANTRŮČKOVÁ H., KAŠTOVSKÁ E., BÁRTA J., MIKO L., TAJOVSKÝ K., 2018: Ekologie půdy.: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. ISBN 978-80-7394-695-1.

ŠARAPATKA B., 2021: Půda – přehlížené bohatství: publikace pro střední školy i další zájemce o danou problematiku. Univerzita Palackého v Olomouci ve spolupráci s: Českou pedologickou společností z. s. a Radou vědeckých společností ČR z. s. ISBN 978-80-244-6022-2.

ŠIMEK M., 2003: Základy nauky o půdě 3. Biologické procesy a cykly prvků. BF JU, České Budějovice, 151 s.

VACH M., 2009: Pěstování strniskových meziplodin, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN 978-80-7427-009-3.

VACH M., HABERLE J., JAVŮREK M., PROCHÁZKA J., PROCHÁZKOVÁ B., SUŠKEVIČ M., NEUDERT L., 2005: Pěstování meziplodin v různých půdně-klimatických podmínkách České republiky. Metodika ÚZPI Praha, 36 s.

VÁCHA R., 2019: Půda – naše bohatství. Profi Press s.r.o. ISBN 978-80-88306-00-9.

VEJRAŽKA K., HOLÝ K., KŘIVÁNEK J., VAVERA R., PROCHÁZKA P., KUDRNA T., 2017: Pěstování podplodin v meziřadí chmelnic Troubsko. Zemědělský výzkum, spol. s r.o., 2017. Metodika. ISBN 978-80-88000-21-1.

VOPRAVIL J., 2006: Příspěvek ke stanovení erodovatelnosti půdy v podmínkách České republiky. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí. Praha. 112 s. (disertační práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

VOPRAVIL J., KHEL T., VRABCOVÁ T., NOVÁK P., NOVOTNÝ I., HLADÍK J., VAŠKŮ Z., JACKO K., ROŽNOSVKÝ J., JANEČEK M., VÁCHA R., PIVOVÁ J., KVÍTEK T., NOVÁK P., FUČÍK P., ČERMÁK P., JANKŮ J., PÍRKOVÁ I., PAPAJ V., BANÝROVÁ J., 2010a: Půda a její hodnocení v ČR I. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha. ISBN 978-80-87361-05-4.

VOPRAVIL J., VRABCOVÁ T., KHEL T., NOVOTNÝ I., BANÝROVÁ J., 2010b: Vývoj a degradace půd v podmínkách očekávaných změn klimatu. In: **ROŽNOVSKÝ J., LITSCHMANN T (eds.):** Voda v krajině. Český hydrometeorologický ústav, Lednice. S. 23–30. ISBN 978-80-86690-79-7.

VOPRAVIL J., NOVOTNÝ I., KHEL T., HLADÍK J., JACKO K., PAPAJ V., VAŠKŮ Z., VRABCOVÁ T., PÍRKOVÁ I., ROŽNOSVKÝ J., HAVELKOVÁ L., NOVÁK P., VOLTR V., STŘEDA T., KOHOUTOVÁ L., PORUBA M., CZELIS R., HUML J., SEKANINA A., JANKŮ J., PENÍŽEK V., 2011: Půda a její hodnocení v ČR II. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha ISBN 978-80-87361-08-5.

VOPRAVIL J., KHEL T., HAVELKOVÁ L., BATYSTA M., 2013: Studie zabývající se základní problematikou eroze půdy a jejím současným stavem v Ústeckém a Jihomoravském kraji České republiky. SOWAC, s.r.o. Praha.

VÚMOP, 2014: Metodika ověřování účinnosti protierozních technologií pomocí simulátoru deště, Interní metodika, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha. 38 s.

VÚMOP, 2018: Komplexní půdoochranné technologie pro pěstování chmele otáčivého: Závěrečná zpráva projektu QJ610418, Doba řešení: duben 2016–prosinec 2018, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha. 60 s.

VÚMOP, 2021: Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2021, Projekt NAZV QK1910170 (3. rok řešení), Doba řešení: 2019–2023, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha. 84 s.

WU X., WEI Y., WANG J., CAI Ch., DENG Y., XIA Y., 2018: RUSLE erodibility of heavy-textured soils as affected by soil type, erosional degradation, and rainfall intensity: A field simulation. *Land Degradation and Development* [online]. Volume 29, Issue 3. P. 408-421. Dostupné z: doi/abs/10.1002/ldr.2864.

YAO X., YU J., JIANG H., SUN W, LI Z., 2016: Roles of soil erodibility, rainfall erosivity and land use in affecting soil erosion at the basin scale. *Agricultural Water Management* [online]. Volume 174. P. 82-92. ISSN 03783774. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.001.

ZACHAR D., 1970: Erózia pôdy. Slovenská akadémia vied, Cizí zdroje, Bratislava.

ZÁDOROVÁ T., PENÍŽEK V., 2020: Základy půdní klasifikace. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-3051-1.

ZHANG L., ONEILL A. L., LACEY S., 1996: Modelling approaches to the prediction of soil erosion in catchments. *Environmental Software* [online]. Volume 11. P. 123-133. Dostupné z: doi.org/10.1016/S0266-9838(96)00023-8.

ZHANG CH., GUOBIN L., SONG Z., QU D., FANG L., DENG L., 2017: Natural succession on abandoned cropland effectively decreases the soil erodibility and improves the fungal diversity. *ECOLOGICAL APPLICATIONS* [online]. Volume 27, Issue 7. P. 2152-2154. Dostupné z: doi.org/10.1002/eap.1598.

ZOUBKOVÁ L., 2014: Návody k laboratorním cvičením z pedologie. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí.

Internetové zdroje

ČÚZK, ©2022 (online) [cit. 2019.09.26], dostupné z https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SESTAVA:MDR002_XSLT:WEBCUZK_ID:752436.

Květena ČR, ©2003-2021: Vikev setá (online) [cit. 2021.09.26], dostupné z <http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=451>.

Mapy.cz, ©2021 (online) [cit. 2021.01.13], dostupné z <https://mapy.cz/zakladni?x=13.7453610&y=50.2506124&z=13&q=Solopysky&source=ward&id=10169>.

TOMST, ©1995-2021: (online) [cit. 2021.09.07], dostupné z <https://tomst.com/web/cz/systemy/tms/tms-4/>.

Veřejný registr půdy – LPIS, ©2021 (online) [cit. 2021.12.08], dostupné z <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>.

VÚMOP, ©2021: katalog BPEJ (online) [cit. 2021.09.13], dostupné z <https://bpej.vumop.cz/41110>.

Legislativní zdroje

Vyhláška č. 48/2011 Sb., o stanovení tříd ochrany, v platném znění.

11 Seznam obrázků

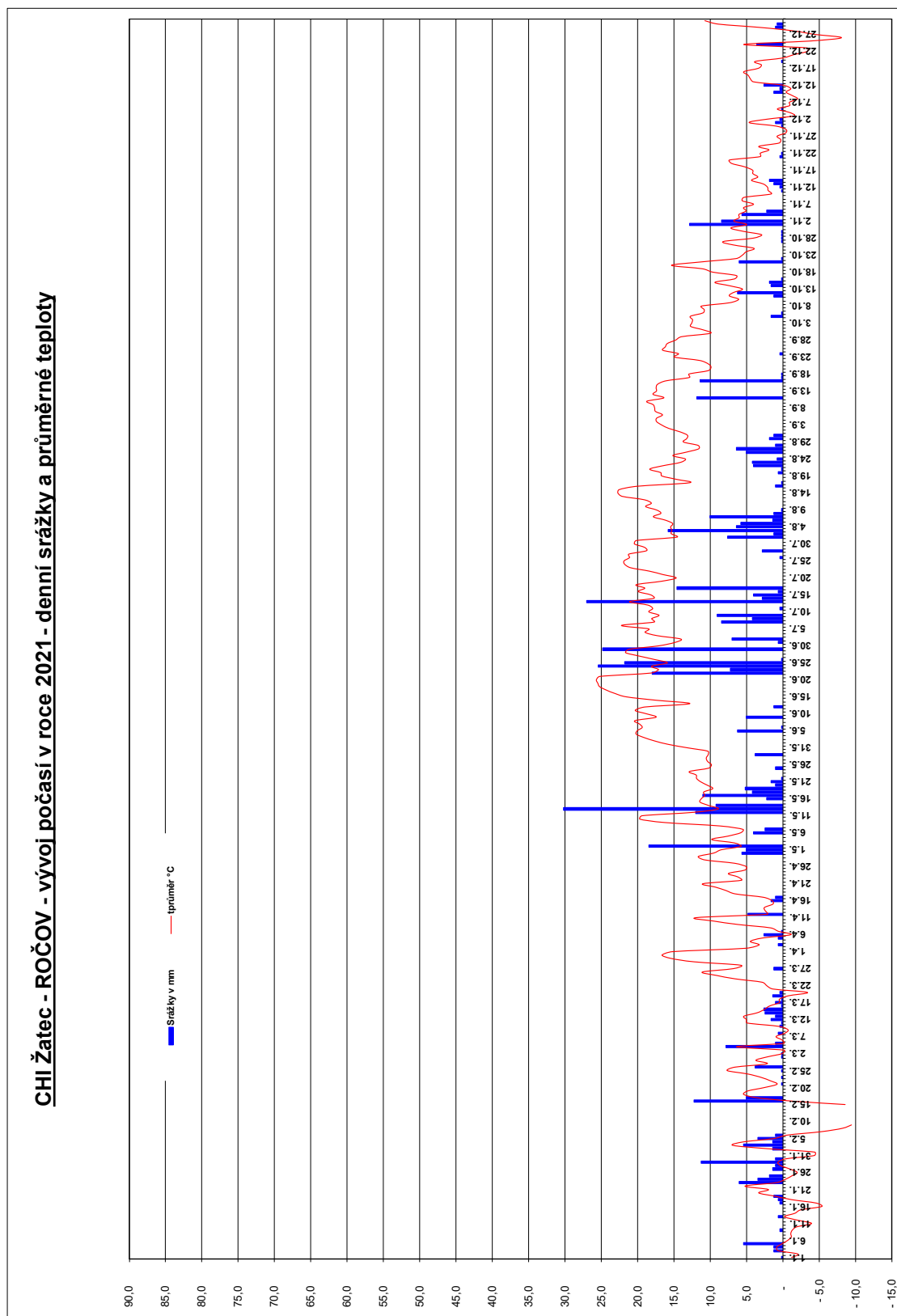
Obrázek č. 1: Složení půdy (Šarapatka, 2021).....	13
Obrázek č. 2: Mapa skupin půdních typů (Vopravil a kol., 2010a).....	16
Obrázek č. 3: Novákova stupnice (Vopravil a kol., 2010a).....	17
Obrázek č. 4: Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (Němeček a kol., 2001).....	17
Obrázek č. 5: Hlavní faktory podmiňující erozi půdy (Zhang a kol., 1996).....	25
Obrázek č. 6: Obec Solopysky (Mapy.cz, 2021).	29
Obrázek č. 7: Pilotní území (Veřejný registr půdy – LPIS, 2021).....	30
Obrázek č. 8: Schéma založení pokusů.....	32
Obrázek č. 9: Lnička setá vlevo a detail květu vpravo.	33
Obrázek č. 10: Tolice dětelová vlevo a detail květu vpravo.	33
Obrázek č. 11: Žito svatojánské vlevo a detail vpravo.	34
Obrázek č. 12: Štírovník jednoletý vlevo a detail květu vpravo.	34
Obrázek č. 13: Sléz krmný vlevo a detail květu vpravo.	35
Obrázek č. 14: Světlíce barvířská vlevo a detail květu vpravo.	35
Obrázek č. 15: Hořčice bílá vlevo a detail květu vpravo.	36
Obrázek č. 16: Oves setý a vikev setá vlevo a detail květu vikve seté vpravo.	37
Obrázek č. 17: Kopeckého váleček.	38
Obrázek č. 18: Umístění čidel (VÚMOP, 2021).....	39
Obrázek č. 19: Vyjmuté čidlo.	40
Obrázek č. 20: Simulátor deště (VÚMOP, 2019).	41
Obrázek č. 21: Trysky simulátoru deště.....	41
Obrázek č. 22: Člunkový průtokoměr vlevo a překlápěčka vpravo (VÚMOP, 2018).	41
Obrázek č. 23: Výsledky z vlhkostních čidel u hořčice - hloubka 20 cm (VÚMOP, 2021).	48
Obrázek č. 24: Výsledky z vlhkostních čidel u hořčice - hloubka 40 cm (VÚMOP, 2021).	48
Obrázek č. 25: Výsledky z vlhkostních čidel - hloubka 20 cm (VÚMOP, 2021).....	48
Obrázek č. 26: Výsledky z vlhkostních čidel - hloubka 40 cm (VÚMOP, 2021).....	48
Obrázek č. 27: Vývoj počasí v roce 2021.	63
Obrázek č. 28: Měsíční průběh počasí – duben 2021.	65
Obrázek č. 29: Měsíční průběh počasí – květen 2021.	66

Obrázek č. 30: Měsíční průběh počasí – červen 2021.	67
Obrázek č. 31: Měsíční průběh počasí – červenec 2021.....	68
Obrázek č. 32: Měsíční průběh počasí – srpen 2021.	69
Obrázek č. 33: Měsíční průběh počasí – září 2021.	70

12 Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Světlice barvířská.	42
Tabulka č. 2: Lnička setá.	43
Tabulka č. 3: Sléz krmný.	43
Tabulka č. 4: Štírovník jednoletý.	43
Tabulka č. 5: Tolice dětelová.	44
Tabulka č. 6: Žito svatojánské.	44
Tabulka č. 7: Výsledky prvního období zadeštění (VÚMOP, 2021).	45
Tabulka č. 8: Výsledky druhého období zadeštění (VÚMOP, 2021).	46
Tabulka č. 9: Výsledky třetího období zadeštění (VÚMOP, 2021).	47
Tabulka č. 10: Průměrná teplota za rok 2021.	64
Tabulka č. 11: Přehled průměrných teplot – duben 2021.	65
Tabulka č. 12: Přehled průměrných teplot – květen 2021.	66
Tabulka č. 13: Přehled průměrných teplot – červen 2021.	67
Tabulka č. 14: Přehled průměrných teplot – červenec 2021.	68
Tabulka č. 15: Přehled průměrných teplot – srpen 2021.	69
Tabulka č. 16: Přehled průměrných teplot – září 2021.	70

Příloha č. 1 – vývoj počasí v roce 2021 na území Ročov



Obrázek č. 27: Vývoj počasí v roce 2021.

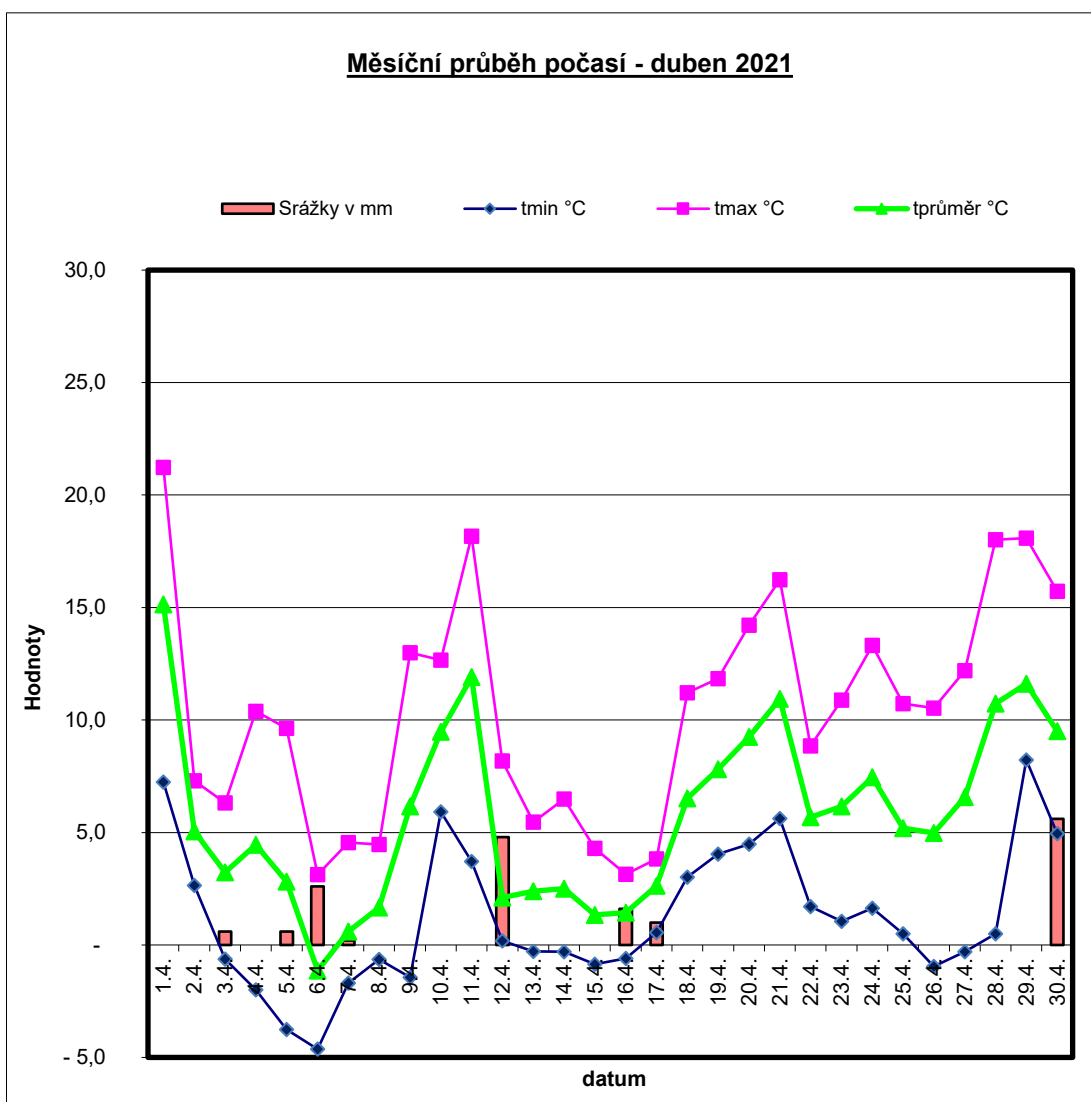
Chmelařský institut s. r. o. - ROČOV - průměr 2021				
Měsíc	Teploty		Srážky	
	[°C]	Δteplot od normálu	[mm]	Δsrážek od normálu
Leden	-0,8	-0,4	37,0	15,5
Únor	1,0	0,4	34,2	14,2
Březen	3,8	-0,9	22,4	-3,5
Duben	5,8	-3,7	17,0	-13,7
Květen	10,7	-4,0	111,4	59,3
Červen	19,8	2,3	110,0	50,5
Červenec	18,7	-0,8	81,8	12,4
Srpen	16,2	-2,5	76,0	5,2
Září	15,2	1,1	24,0	-14,2
Říjen	8,4	-0,5	19,8	-6,2
Listopad	3,5	-0,5	33,4	2,4
Prosinec	0,9	0,3	11,4	-16,9

Tabulka č. 10: Průměrná teplota za rok 2021.

PŘEHLED O HODNOTÁCH NAMĚŘENÝCH NA AUTOMATICKÉ METEOSTANICI CHMELAŘSKÉHO INSTITUTU s. r. o. ZA MĚSÍC DUBEN 2021 - ROČOV

4/2021	max tepl.	min. tepl.	prům. tepl.	celkem srážky	suché dny	celkem suché dny
1.dekáda	21,2	-4,6	4,7	4,0	6	22
2.dekáda	18,2	-0,8	4,8	7,4	7	
3.dekáda	18,1	-0,9	7,9	5,6	9	

Tabulka č. 11: Přehled průměrných teplot – duben 2021.

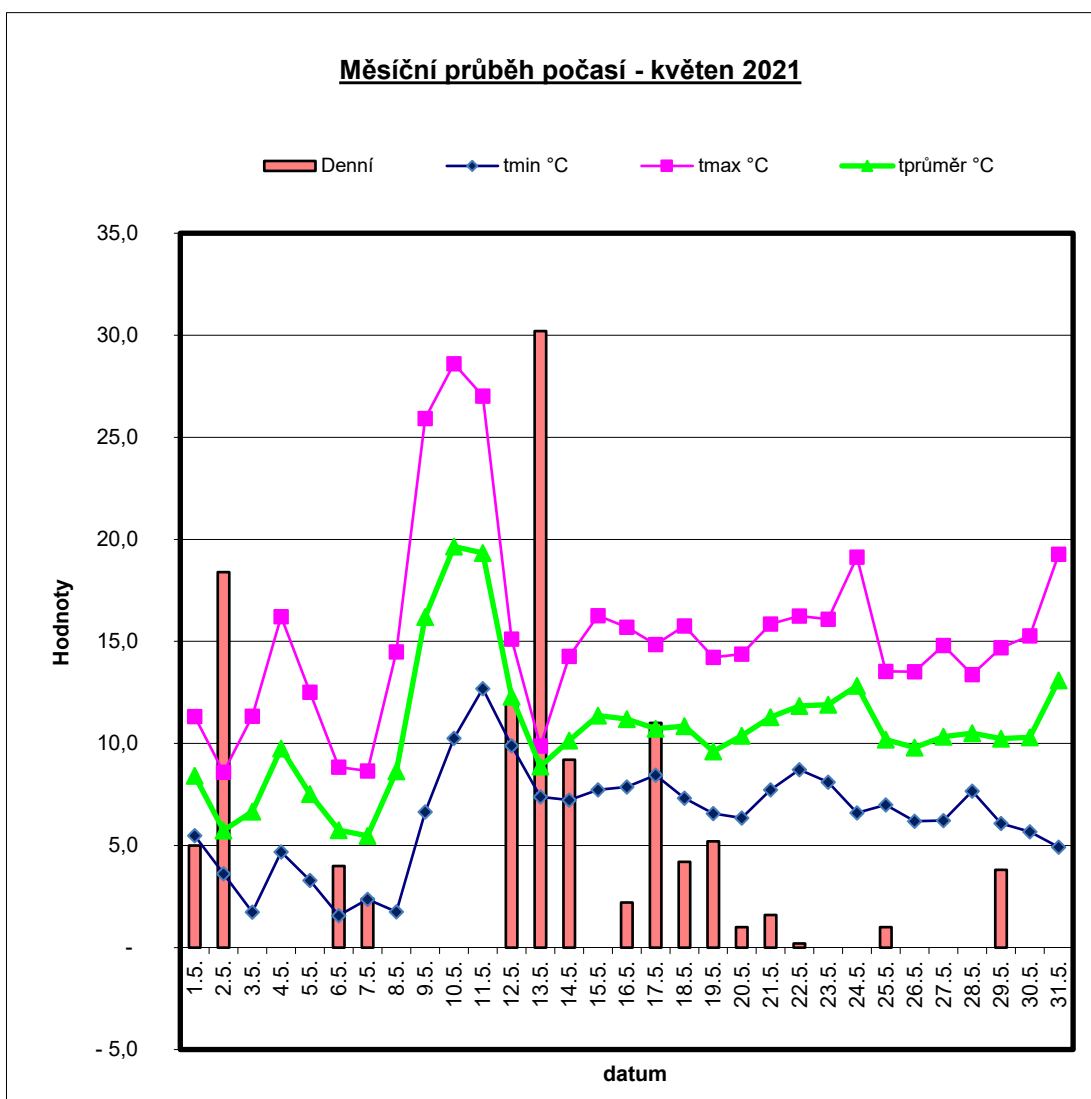


Obrázek č. 28: Měsíční průběh počasí – duben 2021.

PŘEHLED O HODNOTÁCH NAMĚŘENÝCH NA AUTOMATICKÉ METEOSTANICI CHMELAŘSKÉHO INSTITUTU s. r. o. ZA MĚSÍC KVĚTEN 2021 - ROČOV

5/2021	max tepl.	min. tepl.	prům. tepl.	celkem srážky	suché dny	celkem suché dny
1.dekáda	28,6	1,6	9,4	29,8	6	
2.dekáda	27,0	6,3	11,5	75,0	2	
3.dekáda	19,3	4,9	11,1	6,6	7	

Tabulka č. 12: Přehled průměrných teplot – květen 2021.

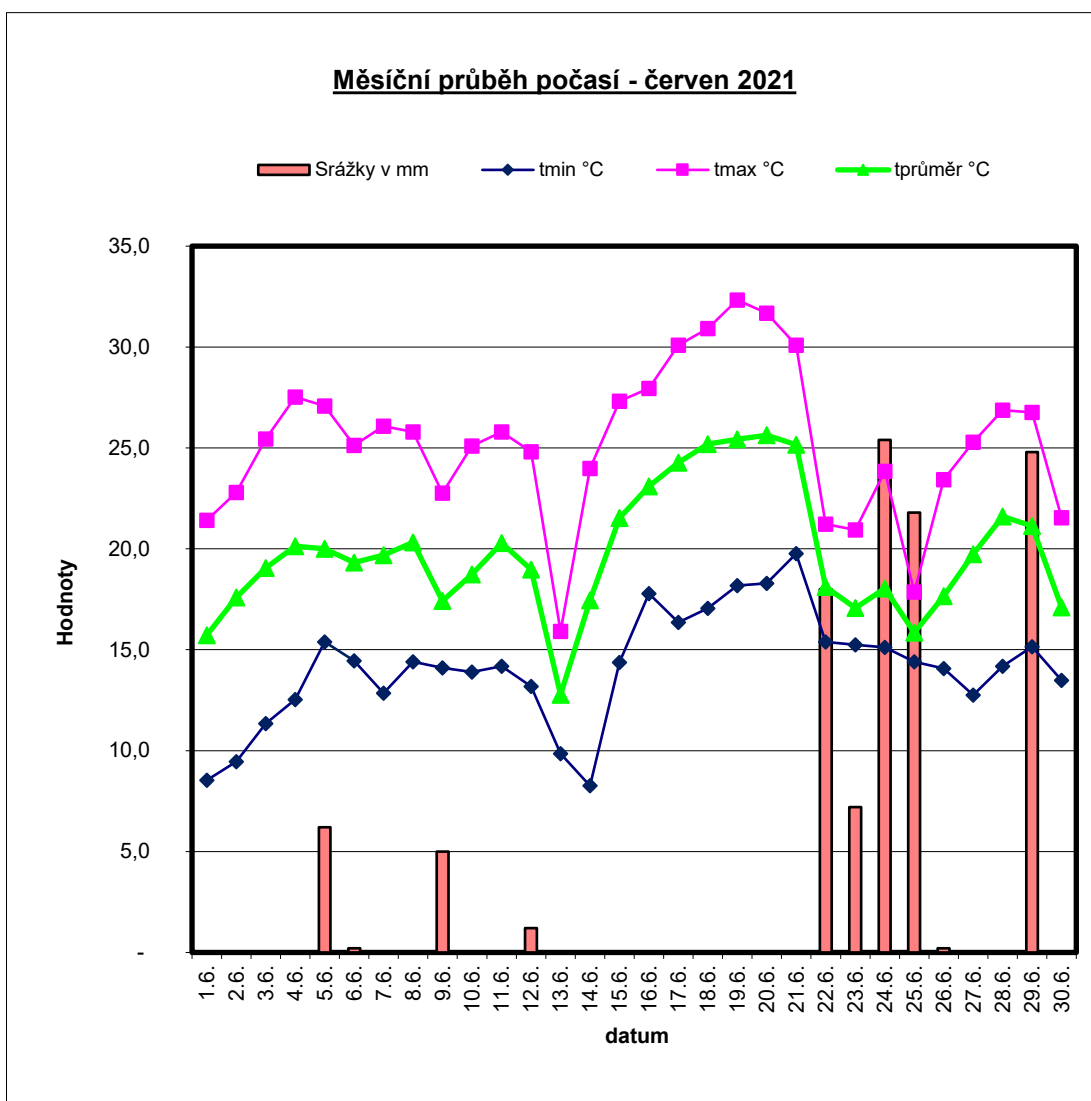


Obrázek č. 29: Měsíční průběh počasí – květen 2021.

PŘEHLED O HODNOTÁCH NAMĚŘENÝCH NA AUTOMATICKÉ METEOSTANICI CHMELAŘSKÉHO INSTITUTU s. r. o. ZA MĚSÍC ČERVEN 2021 - ROČOV

6/2021	max tepl.	min. tepl.	prům. tepl.	celkem srážky	suché dny	celkem suché dny
1.dekáda	27,5	8,5	18,8	11,4	7	
2.dekáda	32,3	8,3	21,5	1,2	9	
3.dekáda	30,1	12,7	19,1	97,4	4	

Tabulka č. 13: Přehled průměrných teplot – červen 2021.

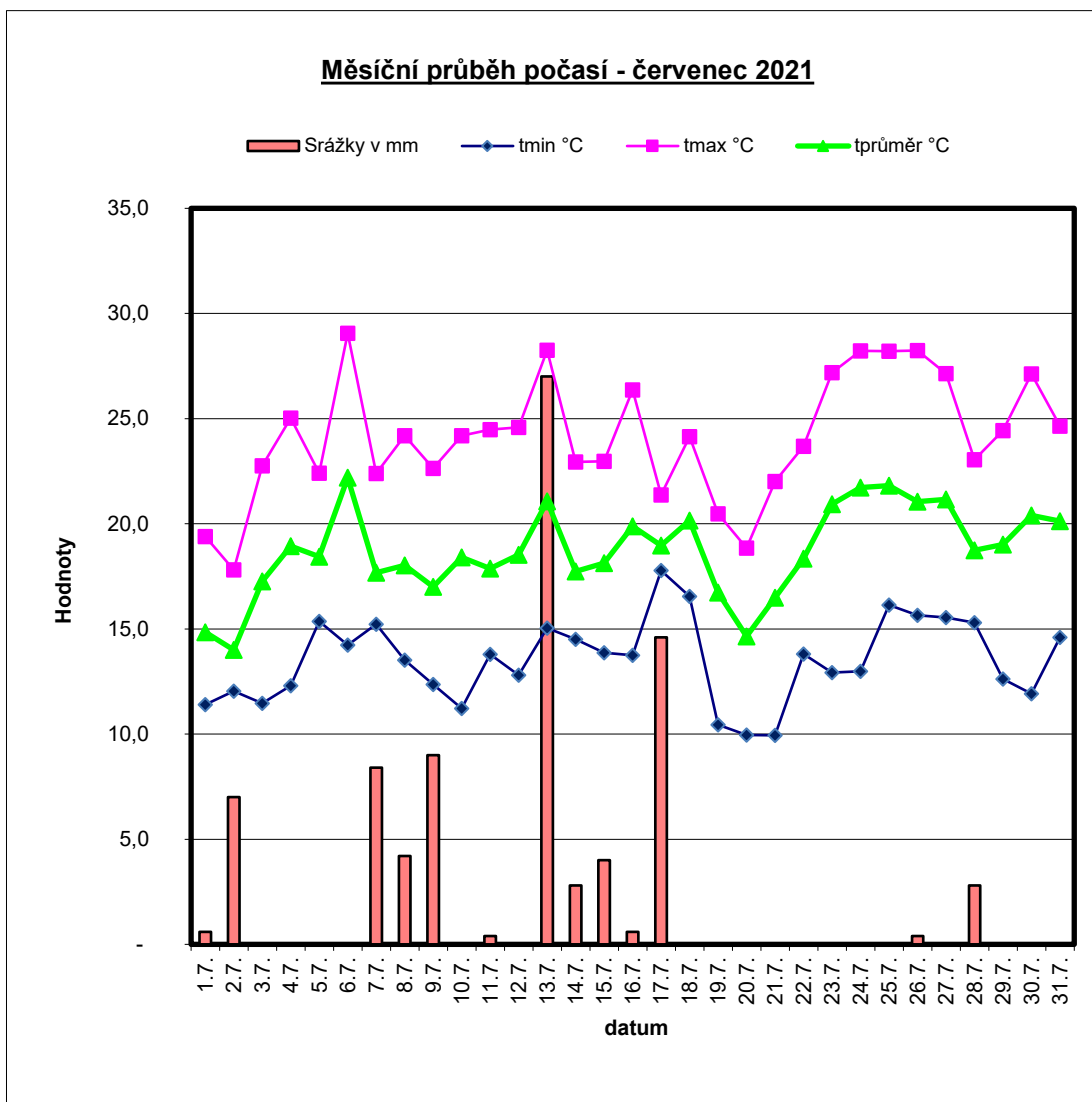


Obrázek č. 30: Měsíční průběh počasí – červen 2021.

PŘEHLED O HODNOTÁCH NAMĚŘENÝCH NA AUTOMATICKÉ METEOSTANICI CHMELAŘSKÉHO INSTITUTU s. r. o. ZA MĚSÍC ČERVENEC 2021 - ROČOV

7/2021	max tepl.	min. tepl.	prům. tepl.	celkem srážky	suché dny	celkem suché dny
1.dekáda	29,1	11,2	17,7	29,2	5	dny
2.dekáda	28,3	9,9	18,4	49,4	4	
3.dekáda	28,2	9,9	20,0	3,2	9	

Tabulka č. 14: Přehled průměrných teplot – červenec 2021.

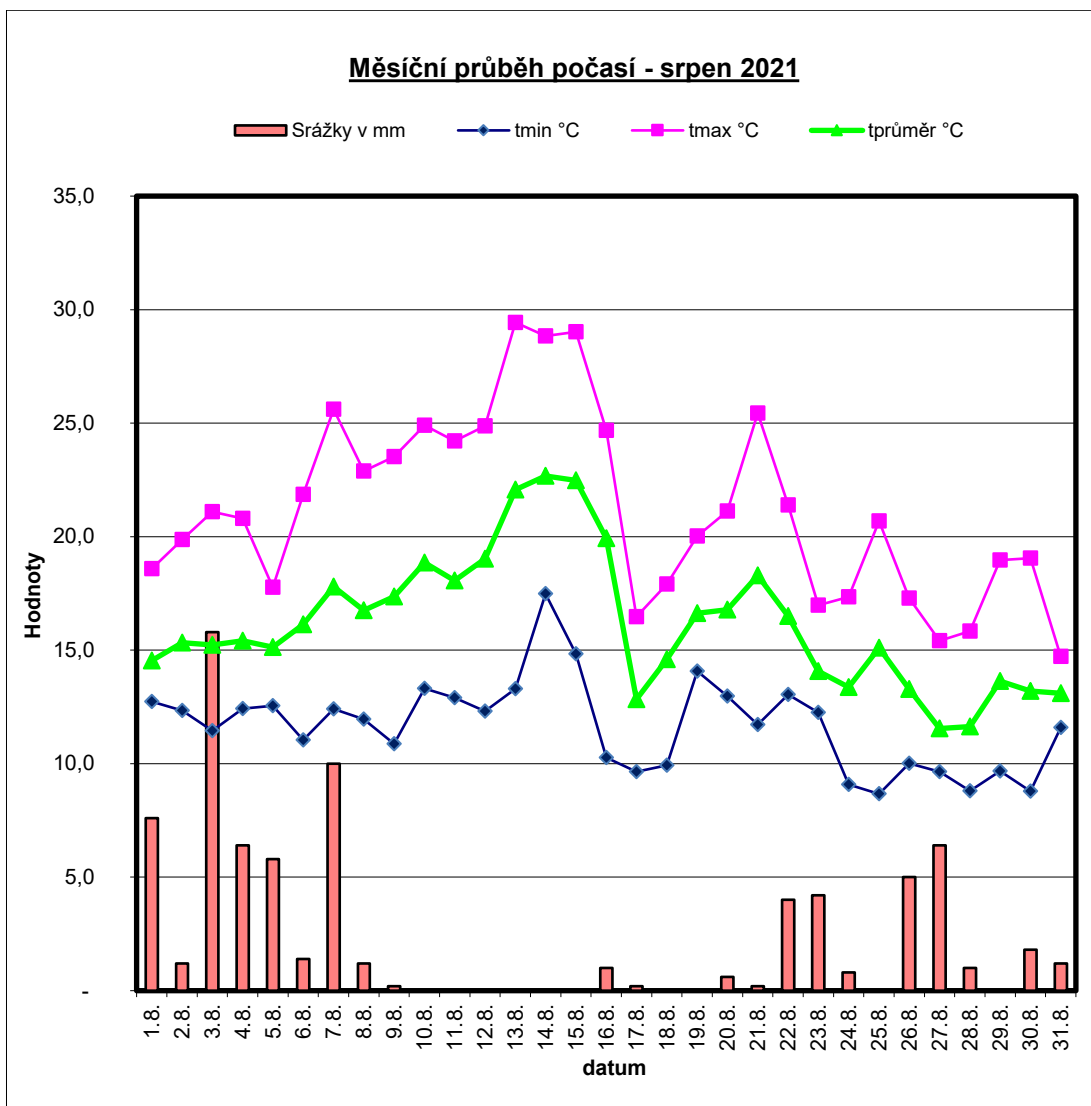


Obrázek č. 31: Měsíční průběh počasí – červenec 2021.

PŘEHLED O HODNOTÁCH NAMĚŘENÝCH NA AUTOMATICKÉ METEOSTANICI CHMELAŘSKÉHO INSTITUTU s. r. o. ZA MĚSÍC SRPEN 2021 – ROČOV

8/2021	max tepl.	min. tepl.	prům. tepl.	celkem srážky	suché dny	celkem suché dny
1.dekáda	25,6	10,9	16,3	49,6	1	10
2.dekáda	29,4	9,6	18,5	1,8	7	
3.dekáda	25,4	8,7	14,0	24,6	2	

Tabulka č. 15: Přehled průměrných teplot – srpen 2021.

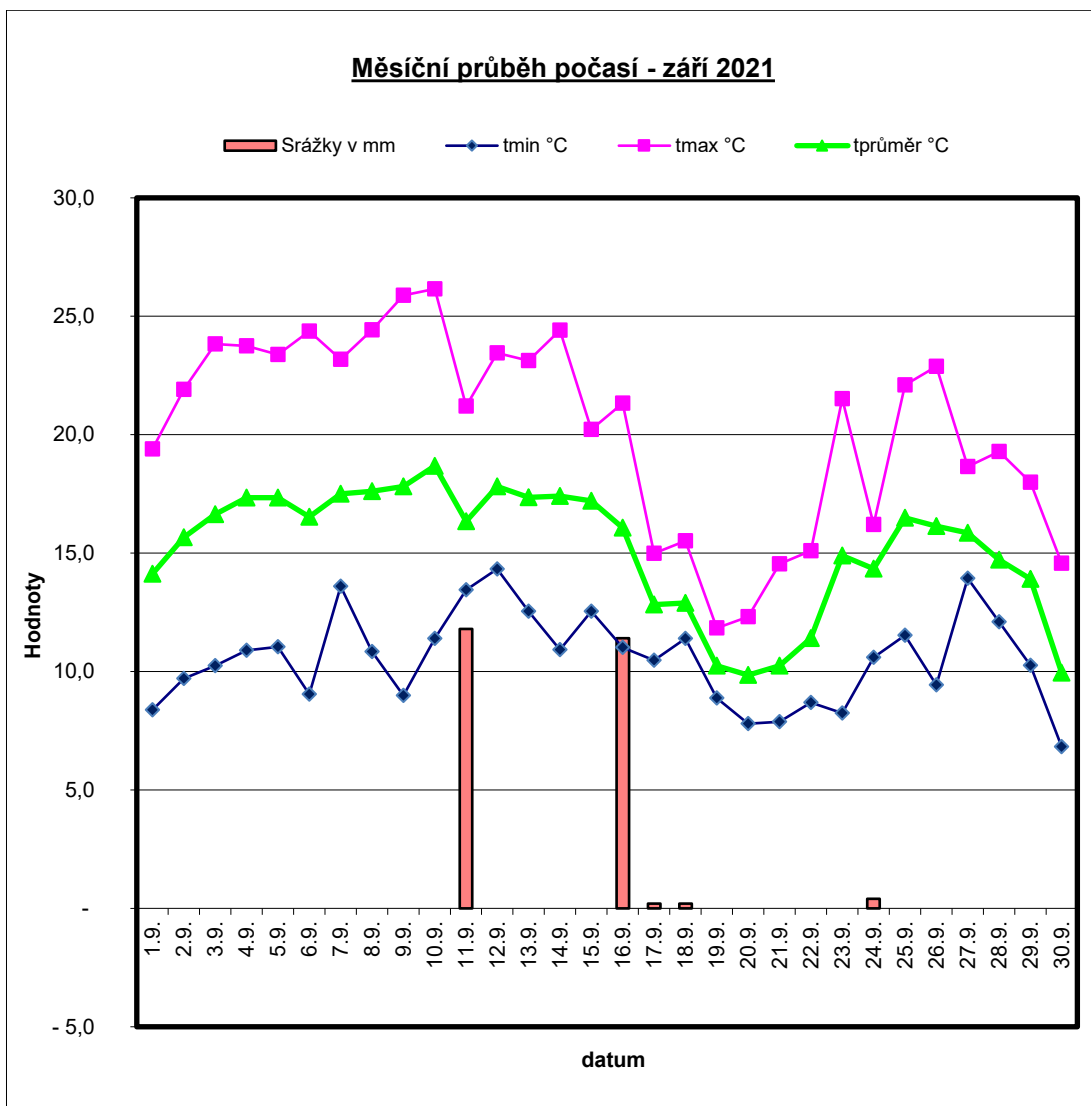


Obrázek č. 32: Měsíční průběh počasí – srpen 2021.

PŘEHLED O HODNOTÁCH NAMĚŘENÝCH NA AUTOMATICKÉ METEOSTANICI CHMELAŘSKÉHO INSTITUTU s. r. o. ZA MĚSÍC ZÁŘÍ 2021 – ROČOV

9/2021	max tepl.	min. tepl.	prům. tepl.	celkem srážky	suché dny	celkem suché dny
1.dekáda	26,2	8,4	16,9	0,0	10	25
2.dekáda	24,4	7,8	14,8	23,6	6	
3.dekáda	22,9	6,8	13,8	0,4	9	

Tabulka č. 16: Přehled průměrných teplot – září 2021.



Obrázek č. 33: Měsíční průběh počasí – září 2021.