

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



Diplomová práce

**Ochranné technologie pro pěstování kukuřice seté na silně
erozně ohrožené půdě**

Vedoucí práce: Ing. Jana Kalibová, Ph.D.

Diplomant: Bc. Gabriela Tolarová

© 2023 ČZU v Praze

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Ochranné technologie pro pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě 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 10.3.2023

Gabriela Tolarová

Poděkování:

V první řadě patří mé poděkování Ing. Janě Kalibové PhD., za odborné vedení této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat spolužákům, kteří se na experimentu podíleli a v neposlední řadě chci poděkovat rodině za podporu při psaní.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Gabriela Tolarová

Regionální environmentální správa

Název práce

Ochranné technologie pro pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě

Název anglicky

Water Erosion Reduction Using Different Soil Tillage Approaches for Maize

Cíle práce

Cílem práce je založit pokusné plochy pro testování ochranných technologií pěstování kukuřice, poskytnout podrobnou metodiku zakládání pokusných ploch a porovnat objem povrchového odtoku a množství smytého sedimentu z plochy s konvenčním způsobem pěstování kukuřice a z plochy, kde byl využit vybraný půdoochranný technologický postup.

Metodika

Rešeršní část práce představí problematiku erozního procesu, principy DZES (Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy) a půdoochranné technologie pěstování kukuřice, včetně vazby na aktuální legislativu.

Praktická část bude vycházet z polního experimentu, který je navázán na výzkumný projekt QK22020053 "Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně

ohrožené půdě", jenž má za cíl porovnat vybrané technologické postupy, které by umožnily pěstování kukuřice na silně erozně ohrožené půdě a byly by zároveň využitelné v rámci standardu DZES 5. Výsledné technologie musí zaručit dostatečnou protierozní účinnost a rovněž musí přispívat k zadržování vody v krajině v důsledku vyšší infiltrace srážkové vody do půdy.

Na vybrané lokalitě budou založeny pokusné plochy, na nichž bude pěstována kukuřice konvenčním způsobem (kontrolní plocha) a vybranou půdoochrannou technologií. Pokusné plochy budou vybaveny technologií pro záznam povrchového odtoku způsobeného dešťovou srážkou a pro záznam množství sedimentu.

Výsledkem bude jednak metodika zakládání pokusných ploch, jednak srovnání objemu povrchového odtoku a množství sedimentu z ploch s konvenční a půdoochrannou technologií pěstování kukuřice.

Doporučený rozsah práce

dle Nařízení děkana č. 2/2020 – Metodické pokyny pro zpracování diplomové práce na FŽP

Klíčová slova

SEO, DZES, kukuřice, eroze, povrchový odtok, sediment

Doporučené zdroje informací

BORRELLI, Pasquale, et al. Effect of good agricultural and environmental conditions on erosion and soil organic carbon balance: a national case study. *Land use policy*, 2016, 50: 408-421.

MENŠÍK, Ladislav, et al. Water erosion reduction using different soil tillage approaches for maize (*Zea mays* L.) in the Czech Republic. *Land*, 2020, 9.10: 358.

PANAGOS, Panos, et al. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental science & policy*, 2015, 54: 438-447.

SMUTNÝ, Vladimír, et al. Soil tillage systems in maize as a key factor in soil protection against erosion in the Czech Republic. In: 2nd International Scientific Conference, Soil and Crop Management: Adaptation and Mitigation of Climate Change, 26-28 September, 2013, Osijek, Croatia. Croatian Soil Tillage Research Organization (CROSTRO), 2013. p. 64-72.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jana Kalibová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 16. 9. 2022

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 10. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 02. 01. 2023

Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá problematikou pěstování kukuřice seté (*Zea mays*) na erozně ohrožených půdách. Rešeršní část pokrývá témata s vazbou na problematiku erozního procesu, principy DZES (Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy) a půdoochranné technologie pěstování kukuřice, včetně vazby na aktuální legislativu. V praktické části je poté zpracována metodika postupu založení pokusných ploch pro sledování vlivu ochranných technologií pěstování kukuřice seté na erozní proces. Práce dokumentuje výsledky pilotního měření výzkumného projektu QK22020053 „Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě“. Účinnost vybrané půdoochranné technologie byla testována na základě vyhodnocení objemu povrchového odtoku a smyvu sedimentu z pokusné plochy, na níž byla kukuřice pěstována vybranou půdoochrannou technologií. Výsledky byly porovnány s kontrolní plochou, na níž byla kukuřice pěstována konvenčním způsobem. Výstupy pilotního měření naznačují, že s využitím vhodně zvolených půdoochranných technologií by mohlo být pěstování kukuřice trvale udržitelné i na silně erozně ohrožených plochách.

Klíčová slova:

SEO, DZES, kukuřice, eroze, povrchový odtok, sediment

Abstract:

The diploma thesis deals with the issue of growing corn (*Zea mays*) on soils threatened by erosion. The research part covers topics related to the issue of the erosion process, the principles of DZES (Good Agricultural and Environmental Condition of the Soil) and soil protection technologies for growing maize, including the link to current legislation. In the practical part, the methodology for the establishment of experimental plots for monitoring the influence of protective technologies of growing maize sown on the erosion process is elaborated. The work documents the results of the pilot measurement of the research project QK22020053 "Conditions for growing maize sown on soil at high risk of erosion". The effectiveness of the selected soil protection technology was tested based on the evaluation of the volume of surface runoff and sediment wash-off from the experimental area on which corn was grown with the selected soil protection technology. The results were compared with a control plot where maize was grown in a conventional way. The results of the pilot measurement indicate that, with the use of appropriately selected soil protection technologies, the cultivation of trale maize could be sustainable on areas strongly at risk of erosion.

Keywords:

SEO, DZES , maize , erosion , surface runoff , sediment

Seznam použitých zkratek:

SEO – silné erozní ohrožení

DZES – dobrý zemědělský a environmentální stav

VÚMOP – výzkumný ústav meliorací a ochran půdy

BPEJ – bonitovaná půdně ekologická jednotka

GAEC - Good Agricultural and Environmental Conditions

SZIF - Státní zemědělský intervenční fond

ÚKZÚZ - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

DPB - Díly půdních bloků

TPEO - Technická protierozní opatření

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod..... | 11 |
| 2 | Cíle práce a metodika | 12 |
| 3 | Literární rešerše | 13 |
| 3.1 | Historie zemědělství v Evropě a na území ČR | 13 |
| 3.2 | Kukuřice setá v zemědělském systému | 14 |
| 3.3 | Voda v krajině..... | 15 |
| 3.3.1 | Obnova přirozených koryt vodních toků a meandrů | 16 |
| 3.4 | Regenerace zemědělské krajiny | 17 |
| 3.5 | Vodní eroze..... | 17 |
| 3.5.1 | Příčiny a důsledky vodní eroze půdy | 18 |
| 3.5.2 | Závažnost problému vodní eroze | 20 |
| 3.6 | Ochrana proti vodní erozi | 21 |
| 3.6.1 | Opatření organizačního charakteru | 21 |
| 3.6.2 | Opatření agrotechnického charakteru | 23 |
| 3.6.3 | Opatření technického charakteru | 25 |
| 3.6.4 | Určení ohroženosti zemědělské půdy vodní erozí | 28 |
| 3.6.5 | Faktor ochranného vlivu vegetace (C)..... | 29 |
| 3.7 | Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu | 29 |
| 3.7.1 | Historie DZES..... | 30 |
| 3.7.2 | Současná legislativa DZES | 32 |
| 3.8 | Význam kukuřice seté v České republice | 35 |
| 3.9 | Využití kukuřice pro produkci bioplynu..... | 35 |
| 3.10 | Význam pěstování kukuřice na zrno..... | 36 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.11 | Půdochranné technologie při pěstování kukuřice seté..... | 36 |
| 4 | Praktická část | 37 |
| 4.1 | Výzkumný projekt „Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě“ | 37 |
| 4.2 | Základní data projektu | 38 |
| 4.3 | Popis projektu | 39 |
| 5 | Charakteristika studijního území | 39 |
| 5.1 | Založení pokusných ploch | 41 |
| 5.1.1 | Popis použitých způsobů zpracování půdy | 42 |
| 5.2 | Práce na lokalitě..... | 44 |
| 5.3 | Testované scénáře – půdochranné technologie pěstování kukuřice | 49 |
| 5.4 | Sběr dat | 50 |
| 5.5 | Zpracování dat | 52 |
| 6 | Výsledky | 53 |
| 7 | Diskuze | 55 |
| 8 | Závěr a přínos práce..... | 56 |
| 9 | Přehled literatury..... | 58 |
| 10 | Seznam obrázků | 63 |
| 11 | Seznam tabulek a grafů..... | 65 |

1 Úvod

Půda představuje jeden z nejcennějších přírodních zdrojů každého státu a zároveň je neobnovitelným zdrojem. Podle Lal (2004) je třetí největší zásobárnou uhlíku na světě. Půda má širokou škálu funkcí a je základním produkčním faktorem v zemědělství a lesnictví. Avšak, půda je ohrožena řadou procesů, které vedou k omezení nebo dokonce k ztrátě její schopnosti plnit základní produkční a mimoprodukční funkce (Janeček a kol. 2008).

V klimatických podmínkách ČR a střední Evropy je půda ohrožena zejména vodní a větrnou erozí. Přestože mechanismus působení větrné eroze je mírně odlišný než u eroze vodní, důsledky jsou velmi podobné. Mezi další faktory, které ohrožují půdu patří, acidifikace, utužení, sesuvy, znečištění a úbytky organické hmoty. Nejrozšířenějším typem degradace půdy je vodní eroze (Janeček a kol. 2012). Těmto problematikám, se práce bude podrobněji věnovat v teoretické části.

Téma diplomové práce jsem si vybrala, jelikož jsem přesvědčena, že kukuřice hraje v oblasti zemědělství významnou roli. V první řadě je díky své vysoké energetické hodnotě nedílnou součástí krmiva skotu. V současnosti je však kukuřice využívána také jako základní složka zdroje energie v bioplynových stanicích. Kukuřice patří mezi jednu z nejpěstovanějších plodin v České republice i ve světě. Zároveň však její pěstování může negativně působit na půdní vlastnosti a v konečném důsledku i na půdní úrodnost. Je tedy nevhodnou plodinou pro pěstování na erozně ohrožených plochách. S postupou změnou klimatu je nutno při pěstování kukuřice seté řešit otázku vodoochranných technologií z hlediska produkčních a mimoprodukčních funkcí zemědělství. Zemědělské půdy je nedostatek a při použití vhodné technologie by tak bylo možné pěstovat kukuřici i na erozně oheožených půdách.

Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část práce objasňuje pojmy související s danou tematikou. Vychází z odborné literatury. Přibližuje termíny a obecné teorie. Podrobněji se věnuje tématu erozních procesů, principům DZES a půdoochranným technologiím pěstování kukuřice. Není opomenuta ani vazba na aktuální legislativu v oblasti zemědělství.

Praktická část diplomové práce vychází z účasti na experimentu v rámci výzkumného projektu (QK22020053 “Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě”). Experiment je zaměřen na zkoumání objemu odtoku a množství sedimentu na testovacích plochách. Shromážděná data jsou v práci analyzována, porovnávána a graficky znázorněna.

Diplomová práce je zakončena závěrem, který rekapituluje obsah práce, shrnuje výsledky experimentu. Výsledky experimentu jsou prezentovány pomocí grafů a tabulek. Tyto výsledky jsou stěžejní pro vyhodnocení té metody, která je v rámci pěstování kukuřice nejefektivnější protierozní ochranou půdy.

2 Cíle práce a metodika

Hlavním cílem práce je vypracovat a shrnout metodiku založení pokusných ploch a dále vyhodnocení a srovnání dat pilotního měření výzkumného projektu (QK22020053 “Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě”). Výsledkem výzkumného projektu bude porovnání a vyhodnocení efektivity konkrétní testované technologie pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě. K dosažení cíle diplomové práce, která je navázána na výzkumný projekt (QK22020053 Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě), bylo potřeba založit pokusné plochy pro testování ochranných technologií pěstování kukuřice. V neposlední řadě poskytnout podrobnou metodiku zakládání pokusných ploch a porovnat objem povrchového odtoku a množství smytého sedimentu z plochy s konvenčním způsobem pěstování kukuřice a z plochy, kde byl využit vybraný půdoochranný technologický postup. Výsledkem je jednak metodika zakládání pokusných ploch, tak srovnání objemu povrchového odtoku a množství sedimentu z ploch s konvenční a půdoochrannou technologií pěstování kukuřice.

3 Literární rešerše

3.1 Historie zemědělství v Evropě a na území ČR

Zemědělská výroba patřila s navazující potravinářskou výrobou již historicky mezi jedno z nejvýznamnějších odvětví národního hospodářství. Po druhé světové válce došlo k výraznému rozvoji zemědělství. Cílem poválečného hospodaření bylo co největší navýšení objemu produkce a tím i zajištění soběstačnosti státu. V této poválečné době se opouštělo od soukromého vlastnictví zemědělské půdy a postupně docházelo ke kolektivizaci zemědělství (Beranová a kol. 2010). Soukromí vlastníci zemědělské půdy byli postupně nabádáni, posléze až nuceni do zakládání zemědělských družstev. Cílem bylo zbavení svobodných, nejen vesnických rolníků vlastnictví půdy, učinit z nich státní zaměstnance a tím si zároveň zajistit levnou pracovní sílu. Tento režim se však postupem času ukázal nejen nezákonným (porušoval Ústavou zaručené a chráněné soukromé vlastnictví), ale také nevýnosným (Jakubec a kol. 2008). K tomuto období se váže také výrazný nárůst ploch kukuřice, který je spjat do s 2. Světovou válkou potravinovým programem Třetí říše a s případným jejím pěstováním ve vhodných oblastech obsazených zemí (Zscheischler a kol., 1990). Autoři Zscheischler a kol. také uvádějí, že v roce 1938 činily osevní plochy kukuřice na zrno ve Třetí říši 59 394 ha a zároveň došlo k nárůstu ploch kukuřice na produkci zelené biomasy.

Návrat k režimu tržního hospodářství, který se datuje po roce 1989 přinesl výrazné změny v zemědělské výrobě. Bylo zapotřebí přizpůsobit se novým ekonomickým podmínkám. Důraz se začal klást na extenzifikaci (prostorové rozmístění) která se projevila postupným útlumem zemědělské činnosti v oblastech s nevhodnými klimatickými podmínkami (Janeček a kol. 2012). K dalším změnám došlo co do struktury půdního fondu. Došlo k výraznému poklesu rozlohy orné půdy v podhorských a horských oblastech a také k založení většího množství pastvin. Docházelo k postupné obnově soukromého vlastnictví půdy, v restitucích byla vrácena půda původním majitelům nebo jejich potomkům. Aktuálně je podíl soukromého vlastnictví asi čtvrtina zemědělské půdy. Zemědělská družstva se měnila na obchodní společnosti, také se zaznamenal zvyšující se počet farem (Beranová a kol. 2010).

Objevila se nová odvětví moderního zemědělského hospodaření, například ekozemědělství a agroturistika a s tím související omezení používání chemie a průmyslových hnojiv v oblasti zemědělství. Co se týče poměru rostlinné a živočišné produkce, ta je v současnosti v ČR vyrovnaná. Změnilo se však rozložení rostlinné produkce. Poklesla produkce obilovin, brambor a cukrové řepy, zvýšila se produkce olejnin (nejvíce řepky olejné). V živočišné výrobě výrazně poklesly stavy hospodářských zvířat (skotu). To se projevilo sníženou produkcí masa a mléka (Šarafatka a kol. 2006).

V neposlední řadě se změnil systém dotací v zemědělském odvětví. Není kladen důraz na objem produkce, nýbrž na mimoprodukční činnosti. Výrazně podporovány jsou rovněž opatření související se zadržováním vody v krajině. Na tato efektivní opatření je vypsáno každoročně několik desítek dotací.

3.2 Kukuřice setá v zemědělském systému

Pěstování kukuřice seté v Evropě se zasazuje do období po objevení Ameriky. Její rozšíření sledujeme kolem 16. století v západní části Evropy v klimatických oblastech s průměrnou roční teplotou vyšší než 10°C. Kukuřice je v Evropě pěstována především jako zdroj produkce zrna a její výraznější nárůst lze v oblastech nacházejících se mezi západní a střední Evropou sledovat od konce 1. světové války (Zscheischler a kol., 1990). Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1 Historie zemědělství v Evropě a na území ČR, výrazný nárůst ploch kukuřice je spjat s 2. světovou válkou a potravinovým programem Třetí říše. Po roce 1945 dochází k útlumu produkce kukuřice a nárůst osevních ploch začíná stoupat kolem roku 1950. S nárůstem osevních ploch kukuřice seté, tak dochází i k jejímu výraznějšímu vlivu na zemědělské systémy. Odlišný vývoj pěstebních systémů je historicky spjat i s rozdělením Evropy do roku 1989, zejména z hlediska vývoje genetického materiálu, strojů pro zakládání porostů a techniky pro sklizeň. Obecně však vývoj šlechtění (hybridní šlechtění) a techniky od 60. let minulého století zajistil nejen, rozšíření kukuřice seté i do vyšších a chladnějších poloh, ale také zásadním způsobem eliminoval potřebu lidské práce při jejím pěstování a při sklizni. Opomenout nelze ani zásadní význam vývoje prostředků na ochranu rostlin, především prostředků pro regulaci plevelů v porostech kukuřice seté, zejména triazinových herbicidů. Od 60. let minulého století začíná však v části západní a ve střední Evropě převažovat dominantní zastoupení silážní kukuřice, které trvá do dnešní doby. Lütke Entrup a kol.(2013) poukazují

na skutečnost, že členské státy Evropské unie se vyznačují výrazným zastoupením ploch h silážní kukuřice ve srovnání se zbytkem světa a osevní plocha zde přesahuje 5 miliónů hektarů.

3.3 Voda v krajině

Ve druhé polovině 20. století prošla zemědělská krajina společně s koryty vodních toků kvůli zásahům člověka velkou změnou. Zemědělská krajina byla odvodněna melioračními potrubími, koryta vodních toků narovnána a zahloubena. Také díky klimatickým změnám podnebí a tím způsobeným výkyvům počasí takto změněná krajina nedokáže odolávat většímu přísunu srážek, které změnu klimatu provázejí. Krajina tak čelí dlouhodobým obdobím sucha, nebo naopak přívalovým dešťům, které mohou být příčinou povodní. Oba tyto jevy však můžeme ovlivnit a navrhopat efektivní řešení (obrázek 1). Cílem je přizpůsobit krajinu tak, aby byla schopna zadržet větší objemy vody (Hejátková, 2012).

Mezi hlavní zásady zadržování vody v krajině patří zejména obnova přirozených koryt vodních toků, obnova meandrů, přerušlení odvodňovacích potrubí, obnova mokřadů a regenerace zemědělské krajiny (Vopravil a kol. 2010).



Obr. č. 1 - Revitalizační projekt u Horního Benešova (foto Jiří Jiroušek, časopis "Věda kolem nás", Vydání 1., 2021).

3.3.1 Obnova přirozených koryt vodních toků a meandrů

Vyhláška č. 178/2012 Sb. stanoví seznam významných vodních toků a popisuje, jak provádět činnosti související se správou vodních toků. V minulosti byly provedeny technické úpravy přirozené trasy koryt vodních toků, což vedlo ke ztrátě jejich přirozeného charakteru. Tyto úpravy byly prováděny kvůli zemědělskému využití pozemků v údolní nivě a kvůli protipovodňové ochraně zastavěného území v intravilánu. Technické úpravy obvykle spočívaly v napřímění toku a jeho přemístění na okraj údolní nivy tak, aby co nejméně překážel při zemědělském využívání. Koryto bylo zkapacitněno a opatřeno těžkým opevněním, aby se zabránilo možné erozi. Tyto úpravy však cíleně zabránily samovolnému utváření a přetváření koryta. Navíc zkapacitnění mělo za cíl omezit možný rozliv velkých vod v údolní nivě. Výsledkem těchto zásahů byl vodní tok s geometrickými tvary, který neodpovídal přirozenému charakteru koryta. Tento problém se řeší obnovou

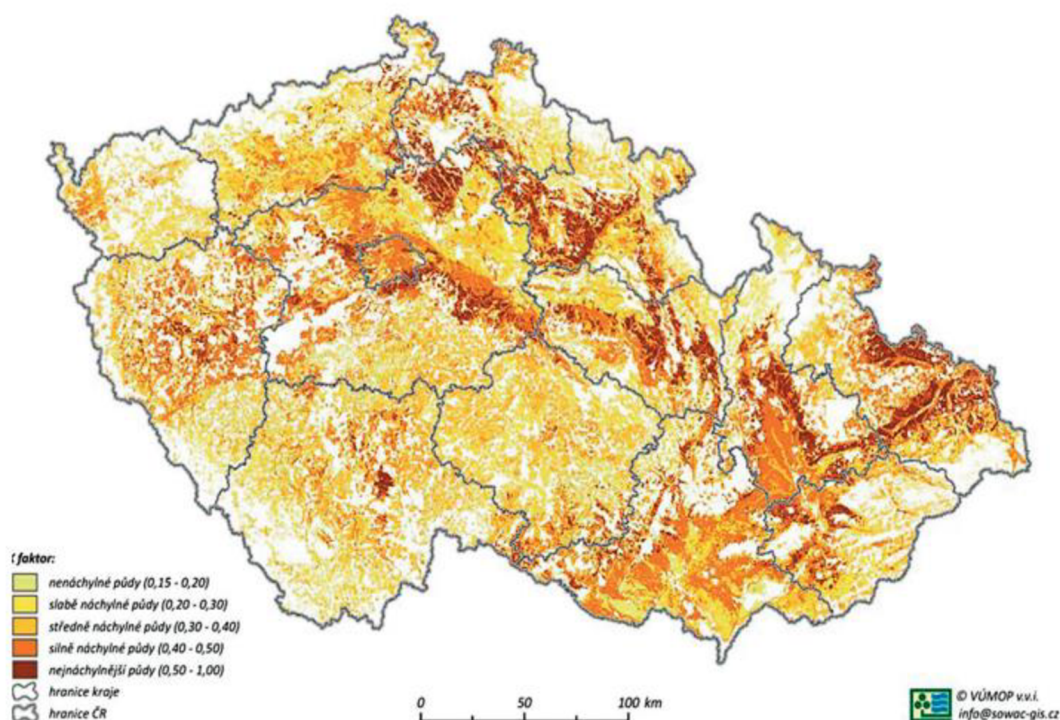
přirozených koryt vodních toků podle § 9 Vyhlášky č. 178/2012 Sb. a s cílem obnovit jejich přirozenou členitost (Ministerstvo zemědělství © 2009-2023).

3.4 Regenerace zemědělské krajiny

K efektivnímu zadržování vody v krajině je potřeba, aby se voda zadržovala nejen v okolí vodních toků, ale na celé ploše krajiny. To se dá docílit pomocí drobných opatření, která vedou k regeneraci zemědělské krajiny. Je nutné využít všechny možnosti k zabránění rychlému odtoku vody při extrémních srážkách, a to jak v lesích, tak na zemědělské půdě, ale i v intravilánu. Je důležité zachytit vodu v horních nebo středních částech subpovodí pomocí záchytných retenčních a vsakovacích liniových technických prvků, jako jsou například záchytné příkopy, záchytné průlehy a suché nádrže, které jsou obklopeny pásy trvalých travních porostů. Tyto retenční prvky by měly mít prioritu na zvýšení infiltrace vody do půdy, což vede ke zvýšení hladiny podzemní vody (Neružil a kol. 2015).

3.5 Vodní eroze

Vodní eroze půdy je přírodní proces, při kterém dochází k narušování povrchu půdy působením vody, odnos půdních částic a jejich následnému usazování. Eroze půdy a degradace půdy jsou aktuálně velmi významné hrozby pro většinu zemědělských pozemků (obrázek 2) (Bai et al., 2008). Obecně lze rozlišovat dva základní druhy eroze – geologickou a zrychlenou (působením člověka). Geologická eroze má přirozený průběh, přeměňuje profil území a neovlivňuje půdotvorný proces. Následkem zrychlené eroze je naopak smytí půdních částic v takovém rozsahu, že je již půdotvorný proces nedokáže nahradit (Morgan, 2009). Vodní erozi nelze zcela eliminovat, lze ji však výrazně omezit a umožnit tak trvalé využívání půd k pěstování zemědělských plodin. V našich podmínkách je protierozní ochrana zvláště nutná na svazích s mělce uloženým skalním podložím a s vysokým obsahem štěrku (Klement 2014).



Obr. č. 2 Potenciální ohroženost půdy vodní erozí v ČR, (zdroj: VÚMOP, 2023).

3.5.1 Příčiny a důsledky vodní eroze půdy

Hlavní příčinou vodní eroze půdy v ČR je historická intenzivní zemědělské výroba, která měla za následek scelování pozemků. Tím došlo k vyrušení množství krajinných prvků, které by mohly vodní erozi zmírnit (Sklenička 2003). Jedná se například o rozorání mezí, zatravněných údolnic, likvidace rozptýlené zeleně. Absence těchto ochranných krajinných prvků má za následek zrychlenou erozní činnost (Holý 1978). Je důležité vědět, že vodní erozi nelze zcela vyloučit, ale dá se ji významně omezit a umožnit tak trvalé využívání půdy pro zemědělské účely. Proto by se tato fakta měla uplatňovat zejména při plánování osevních postupů na svahovitých pozemcích a při pěstování plodin, které jsou náchylné k erozi. Období od června do srpna je zvláště rizikové, jelikož v tomto období dochází k 80 % všech erozně nebezpečných srážek. Nejvýraznější faktory ovlivňující vodní erozi jsou sklon a délka pozemku po spádnici, druh vegetačního pokryvu, vlastnosti půdy a její náchylnost k erozi, přítomnost protierozních opatření a frekvence výskytu přivalových srážek (Neružil, 2018).

Hlavním dopadem vodní eroze je ochuzení zemědělské půdy o její nejúrodnější část, kterou nazýváme ornice. Vodní eroze má také vliv na chemické vlastnosti půdy, protože snižuje obsah organické hmoty, humusu a minerálních živin (obrázek 3). Eroze snižuje produkční schopnost půdy a urychluje její degradaci, což má za následek změny půdních vlastností, ztrátu organické hmoty a živin, snížení výnosů a potřebu zvýšeného chemického ošetření a hnojení. Vodní eroze ovlivňuje také fyzikální vlastnosti půdy. Kromě toho dochází k přímému poškozování pěstovaných rostlin (Laryšová, 2018). Půdní částice, které jsou unášeny vodou, spolu s navázanými látkami, jako jsou zbytky hnojiv, pesticidů a podobně, se ukládají do vodních toků a nádrží. To způsobuje snížení kapacity toků, zakalení povrchových vod, horší podmínky pro vodní organismy a nárůst nákladů na úpravu a čištění vodních nádrží. V extrémních případech může docházet k vážným škodám na stavbách a majetku v okolí pozemku postiženého erozí (Laryšová, 2018).

Silně erodované půdy mohou vykazovat snížení výnosů až o 75 %. Navíc, cena pozemků poškozených erozí se výrazně snižuje a v některých případech až o 10 Kč/m². V průměru na celém katastrálním území se pak může jednat o snížení ceny půdy až o 50 %. Škoda na ztrátách půdy se nedá jednoznačně vyčíslit, jelikož její ztráta zasahuje do mnoha oblastí běžného života a její obnova je velmi časově náročná, v odborných knihách se uvádí, že 2-3 cm vrstvy půdy vzniká za příznivých podmínek průměrně 100 až 1000 let, v závislosti na místních klimatických podmínkách (Nerušil, 2018).



Obr. č. 3 – Ukázka stopy vodní eroze na pokusné ploše v Petrovicích, konvenční způsob pěstování kukuřice, (zdroj: vlastní foto, 8/2022, Petrovice).

3.5.2 Závažnost problému vodní eroze

V klimatických podmínkách naší země se vodní eroze řadí mezi nejzávažnější ohrožení zemědělské půdy (Borrelli et al. 2014). Problémem vodní eroze jsou finanční ztráty a vysoké náklady při pěstování plodin. Z ekonomického hlediska lze hodnotit nízké hektarové výnosy, náklady na vyčištění vodních toků zanesených splachem z půdy a v neposlední řadě pokles ceny půdy, kvůli zařazení do jiné kategorie BPEJ (Brant 2020).

Neméně důležitým faktorem a v dnešní době stále více diskutovaným tématem, jsou škody v oblasti životního prostředí a ekologická újma. Vodní erozí poškozená a zničená půda nemá schopnost rychle se regenerovat, což způsobuje značné škody, jako jsou změny v transformaci živin, filtrace vody a produkce biomasy. Kromě produkce plodin má půda mnoho dalších funkcí a její přítomnost je základní podmínkou pro možný život na Zemi (Klement, 2014).

3.6 Ochrana proti vodní erozi

Opatření, vedoucí ke zmírnění nebo úplné ochraně proti vodní erozi můžeme rozčlenit na opatření následujících typů:

- Opatření organizačního charakteru
- Opatření agrotechnického charakteru
- Opatření technického charakteru

3.6.1 Opatření organizačního charakteru

Základním rysem organizačních protierozních opatření je tvar a velikost pozemku, dílu půdního bloku (DPB) či erozní parcel a jejich poloha, která by měla být delší stranou ve směru vrstevnic, což zároveň směřuje k obdělávání po vrstevnici a současně zkracuje délku po spádnici. Vhodné je, aby tato délka pozemku, DPB či erozní parcely ve směru odtoku (odtokových linií) nepřekračovala maximální přípustnou délku. Tato délka je stanovena výpočtem např. dle Univerzální rovnice ztráty půdy – USLE), která je znázorněna v jedné z předchozích kapitol. V praxi je možno tento typ opatření implementovat nejčastěji v souvislosti s realizací komplexních pozemkových úprav (Ministersvo zemědělství, Příručka ochrany proti erozi, 2017).

Dalším bodem je vhodně umístit pěstované plodiny, včetně ochranných zatravnovacích porostů. Navrhnutí vhodného umístění pěstovaných plodin spočívá především v myšlence nepěstovat erozně nebezpečné plodiny na SEO plochách. Naopak

na těchto plochách (např. pásech podél břehů vodních toků a nádrží, dráhách soustředěného povrchového odtoku, profilech průlehů, mělkých půdách apod.) by měl být brán zřetel na zatravnění a pravidelné sečení. Šířka ochranného travního pásu podél vodního toku by měla být navrhována v násobku šířky pracovního stroje a pokud má tento travní pás plnit funkci ochrany kvality vody před erozí a zachycovat smytou zeminu, neměla by být jeho šířka menší než 6 m na každém břehu. Ochranné travní porosty tak zvyšují drsnost povrchu, přispívají k zachycení smyté zeminy a zpomalení rychlosti povrchového odtoku, také mohou mít funkci sedimentačních a zasakovacích pásů umístěných přímo na půdních blocích nebo jejich dílech (Ministersvo zemědělství, Příručka ochrany proti erozi, 2017).

Při pásovém pěstování se střídají různě široké pásy plodin erozně nebezpečných (kukuřice, brambory, slunečnice a další širokořádkové plodiny) a plodin s vyšším protierozním účinkem (obilniny, pícniny, případně i travní porost). Pásy by měly být vedeny ve směru vrstevnic s max. odklonem do 30° (Ministersvo zemědělství, Příručka ochrany proti erozi, 2017).

Mezi opatření organizačního charakteru se řadí i opatření zasakovací pásy (obrázek 4), osetí souvaratí (obrázek 5) a přerušovací pásy, které je možné použít pro splnění standardu DZES 5.



Obr. č. 4 – Zasakovací pás Hodonínsko, (zdroj: VÚMOP v. v.i).



Obr. č. 5 – Osetí souvratí - Velká Rovná (zdroj: foto Lucie Brázdová).

3.6.2 Opatření agrotechnického charakteru

Protierozní agrotechnická opatření mají za úkol zvýšit schopnost půdy vsakování vody, snížení její erodovatelnosti a ochránit povrch půdy v období, kdy je největší pravděpodobnost výskytu přívalových srážek (červen - srpen). V tomto období jsou erozně nedokáží erozně ohrožené plodiny svým vzrůstem a zapojením krýt půdu.

Setí po vrstevnici lze provádět orbou po vrstevnicích nebo s malým odklonem (do 30°) od vrstevnic otočnými pluhy, kdy dochází k překlápění půdy ve směru proti svahu (obrázek 6). Tímto způsobem je možné významně přispět k ochraně půdy před erozí. Výhodou je i výrazné omezení tzv. “eroze orbou”, která je v České republice značně podceňována (Ministersvo zemědělství, Příručka ochrany proti erozi, 2017).



Obr. č. 6 – Vrstevníkové obdělávání, (Zdroj:foto zveřejněné VÚMOP, v.v.i.).

Ochranné obdělávání je dalším agrotechnickým opatřením. Tato technologie je typická v uchování co největšího množství zbytků po předplodinách na povrchu půdy po sklizni. Také je kladen důraz na vytváření pokryvu mulčem a nenarušování půdního profilu, aby se tento mohl vyvíjet přirozeným způsobem a nadměrným provzdušňováním nedocházelo k přílišnému hromadění mineralizace živin a tím ochuzování o humus, což má ve svém důsledku dopad na zhoršování fyzikálních vlastností půd. Ochranný vliv závisí na stupni pokrytí půdy mulčem, výšce a rovnoměrnosti mulče a na způsobu zpracování půdy. Příkladem ochranného obdělávání je přímé setí do mulče z rostlinných zbytků předplodin (obrázek 7), přímé setí do přezimující a vymrzající meziplodiny, setí do mulče meziplodin, výsev ochranné podplodiny v pásech a meziřadích (setí s podplodinou).



Obr. č. 7 – Mulč z posklizňových zbytků kukuřice, (Zdroj:foto zveřejněné VÚMOP, v.v.i.).

Z dalších agrotechnických opatření můžeme zmínit pásové zpracování půdy, hrázkování, důlkování, setí kukuřice do úzkého řádku, plečkování, dlátování, podrývání.

3.6.3 Opatření technického charakteru

Technická protierozní opatření (TPEO) se obvykle navrhují až ve chvíli, kdy jsou již vyčerpány možnosti řešení protierozní ochrany organizačními a agrotechnickými opatřeními. Ve většině případů se tato opatření používají v rámci jejich doplnění. Pokud je potřeba aplikovat protierozní opatření, která se týká většího rozsahu zemědělských pozemků v jednom katastrálním území, je vhodné řešit ochranu půdy v rámci komplexních pozemkových úprav (obrázek 8 a 9). Jednotlivá opatření je možno navrhovat a realizovat v rámci podpůrných a dotačních programů na protierozní ochranu, protipovodňovou ochranu nebo rozvoj venkova. Toto zajišťuje Ministerstvo životního prostředí ČR a Ministerstvo zemědělství.

V případě zemědělského podnikatele je nejvyšší doporučenou (či vymahatelnou) formou protierozního opatření trvalé zatravnění pozemku. Proto jsou technická protierozní opatření brána spíše jako podpůrná. TPEO jsou nejčastěji navrhovaná k ochraně

intravilánu, liniových staveb (infrastruktura) nebo sousedních pozemků před nežádoucím povrchovým odtokem a smytou zeminou. Efektivní přístup představuje kombinovat TPEO s prvky ekologického jádra krajiny, čehož lze nejlépe dosáhnout v rámci komplexních pozemkových úprav.

Základním principem technických protierozních opatření je:

- přerušení délky pozemku po spádnici a bezpečné odvedení soustředěného povrchového odtoku (příkopy, průlehy, údolnice)
- zachycení smyté zeminy a povrchového odtoku, jeho zdržení a neškodné odvedení (hrázky, sedimentační, retenční a suché nádrže)
- změna sklonu pozemku (terénní urovnávky, terasování, historické meze).

Zásadním rozdílem proti ostatním typům protierozních opatření je jejich technický charakter, který se promítá do způsobu navrhování a realizace. TPEO jsou opatření investičního charakteru, které podléhají stavebnímu zákonu.

Příklady technických protierozních opatření jsou:

- příkopy
- průlehy
- zatravněné údolnice se stabilizovanou dráhou soustředěného odtoku
- polní cesty s protierozní funkcí
- ochranné hrázky
- ochranné nádrže
- terénní urovnávky
- terasy
- protierozní meze, asanace erozních výmolů a strží



Obr. č. 8 - Zatravněná dráha soustředěného odtoku (Nenkovice, foto, Zdroj: VÚMOP, v.v.i.).



Obr. č. 9 - Protierozní mez s příkopem (Heroltice u Tišnova, foto VÚMOP, v.v.i.).

3.6.4 Určení ohroženosti zemědělské půdy vodní erozí

K určení míry ohrožení zemědělské půdy vodní erozí a také k vyhodnocení účinnosti protierozních opatření se v naší zemi používá tzv. "Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí - USLE" dle Wischmeiera a Smithe z roku 1978. Tento matematický model vychází z definované odtokové plochy s délkou 22,13 m a sklonem 9%, na základě níž se určuje přípustná ztráta půdy na jednotkovém pozemku. Hodnota přípustné ztráty půdy slouží k vyhodnocení splnění standardů pro Dobrý zemědělský a environmentální stav (Renard et al., 1997).

Rovnice USLE (Rovnice 1) se jako matematický model zapisuje takto:

$$\underline{G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P} \quad (1)$$

Pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí se využívá matematický model nazývaný "Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE", který byl vytvořen Wischmeierem a Smithem v roce 1978. Tento model zahrnuje následující faktory:

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

R – faktor erozní účinnosti deště, který závisí na kinetické energii a intenzitě deště, který způsobuje erozi ($MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1} \cdot rok^{-1}$)

K – faktor erodovatelnosti půdy, který závisí na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu ($t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$)

L – faktor délky svahu, který zahrnuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí (bezrozměrný - poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku délky 22,13 m)

S – faktor sklonu svahu, který zahrnuje vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku se sklonem 9 %)

C – faktor ochranného vlivu vegetace, který závisí na vývoji vegetace a použité agrotechnice (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku s trvalým úhorem) (tabulka 1).

P – faktor účinnosti protierozních opatření (bezrozměrný - poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku obdělávaném ve směru sklonu pozemku.

| Hodnota C_p | Kategorie erozní ohroženosti | Vhodná rámcová organizační nebo agrotechnická opatření |
|---------------|------------------------------|---|
| do 0,005 | nejohroženější | doporučení převést příslušné půdní bloky nebo jejich části mezi trvalé travní porosty |
| 0,005–0,02 | silně ohrožené | doporučení pěstování víceletých pícnin např. jetele a vojtěšky |
| 0,02–0,2 | ohrožené | doporučení vyloučení pěstování erozně nebezpečných plodin, úzkořádkové plodiny lze pěstovat pouze s využitím půdoochranných technologií |
| 0,2–0,6 | mírně ohrožené | doporučení pěstování úzkořádkových plodin bez omezení, erozně nebezpečné plodiny pouze s využitím půdoochranných technologií |
| 0,6 a více | bez ohrožení | bez omezení |

Tabulka č. 1 – Erozní ohroženost dle faktoru C (Zdroj: Hůla a kol. 2003).

3.6.5 Faktor ochranného vlivu vegetace (C)

Pro účely této diplomové práce se blíže zaměříme v rovnici USLE na faktor C, což je faktor ochranného vlivu vegetace. Na smyvu půdy se přímo a významně podílí druh vegetačního pokryvu, který chrání půdu proti poškození při dopadu dešťových kapek, zpomaluje rychlost odtoku a v neposledí řadě ovlivňuje půdní vlastnosti, jako jsou pórovitost a propustnost. Ochranný vliv vegetace je měřitelný s ohledem na pokryvnost a hustotu porostu v období duben – září, kdy se vyskytuje nejvíce přívalových dešťů (Janeček a kol. 2012).

Nejvhodnější protierozní ochranou se tudíž jeví porosty trav a jetelovin, naopak mezi nevhodné plodiny řadíme tzv. širokořádkové plodiny, jakými jsou kukuřice, okopaniny nebo plochy vinice a sadů. K pěstování těchto plodin na SEO půdách je tedy nutno zvolit vhodný ochranný technologický postup. Kukuřice tedy dle tabulky 1 spadá do kategorie s erozní ohrožeností faktoru C.

3.7 Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu

Standardy DZES, což znamená "Dobrý zemědělský a environmentální stav", se hodnotí pomocí standardů, které zajistí soulad hospodaření s ochranou životního prostředí. Tyto standardy jsou součástí tzv. kontroly podmíněnosti (Cross Compliance). Hospodaření v souladu se standardy DZES je jednou z podmínek pro poskytnutí plné výše

podpor nebo dotací z fondů. Dodržování standardů DZES kontroluje Státní zemědělský intervenční fond (SZIF). Pro kontrolu DZES 1 (ochranné pásy podél vod) a DZES 3 (ochrana podzemních vod) je zodpovědný Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ).

Během kontroly se ověřuje aktuální stav v terénu na veškeré zemědělské půdě, kterou žadatel obhospodařuje. Žadatel je povinen evidovat tuto půdu v registru půdy, tzv. LPIS (Land Parcel Identification System), který vznikl na základě zákona č. 252/1997 Sb. o zemědělství na přelomu let 2003 a 2004. Tento systém byl spuštěn dne 21. března 2004 (zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství).

3.7.1 Historie DZES

V období mezi lety 2005 a 2009 bylo v České republice v platnosti pět standardů DZES (GAEC). Každý z těchto standardů řešil následující oblasti:

- Zákaz rušení nebo narušování krajinných prvků (meze, terasy, skupiny dřevin, stromořadí a travnaté údolnice).
- Zákaz pěstování kukuřice, brambor, řepy, bobu setého, sóji ani slunečnice na půdních blocích nebo jejich dílech s průměrnou sklonitostí nad 12°.
- Zapravování kejdy či močůvky na půdních blocích nebo jejich dílech s ornou půdou o průměrné sklonitosti nad 3° do 24 hodin či použití hadicových aplikátorů k jejich aplikaci.
- Zákaz změny kultury travní porost na kulturu orná půda.
- Zákaz pálení rostlinných (bylinných) zbytků na půdních blocích či jejich dílech.

Od roku 2009 do roku 2014 byly standardy DZES (GAEC) v jednotlivých zemích Evropské unie individuálně stanoveny na základě rámcového rámce přílohy III nařízení Rady (ES) č. 73/2009. Tento rámec zahrnoval pět tematických oblastí, jako je eroze půdy, organická složka půdy, struktura půdy, minimální úroveň péče, ochrana vody a hospodaření s ní (Ministerstvo zemědělství 2011, 2015).

V České republice bylo od 1. ledna 2010 uplatňováno 10 standardů DZES (GAEC), které pokrývaly všechny tematické okruhy.

Od 1. ledna 2012 byl zaveden další standard DZES (GAEC) č. 11, který byl definován nařízením vlády č. 479/2009 Sb. (Příloha 3) a pokrýval všechny výše zmíněné tematické oblasti. V roce 2014 byly požadavky na ochranu podzemních vod před znečištěním nebezpečnými látkami převedeny z požadavků SMR 2 do standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu a byl zaveden nový standard DZES (GAEC) č. 12 s podobným rozsahem požadavků (tabulka 2).

V souvislosti s novým obdobím programování Společné zemědělské politiky 2014-2020, které začalo v roce 2015, došlo k mnoha změnám v podmínkách standardů kvůli novým legislativním předpisům. V Kontrole podmíněnosti už neplatí požadavky na minimální péči o travní porosty (dříve GAEC 9) a zákaz přeměny kultury travního porostu na ornou půdu tzv. rozorání (dříve GAEC 8). Pravidla pro ochranu trvalých travních porostů jsou nyní řešena v rámci plnění podmínek pro poskytování přímých plateb (greening). Některé standardy, které byly dříve samostatně uváděny, jsou nyní sloučeny do jednoho standardu DZES, což snižuje počet definovaných standardů na celkový počet sedm. Avšak, jeden verze standardu DZES může obsahovat více samostatných požadavků. V důsledku toho byla přehodnocena samostatná kritéria standardů a byla provedena jejich změna v označení a číslování.

Standardy pro udržení dobrého stavu zemědělské půdy a životního prostředí jsou rozděleny do sedmi kritérií, která se týkají následujících oblastí:

- ochranných pásů podél vodních toků
- zavlažovacích soustav

- ochrany podzemních vod před znečištěním
- minimálního pokryvu půdy
- minimální úrovně obhospodařování půdy k omezování eroze
- zachování úrovně organických složek půdy, včetně zákazu vypalování strnišť
- zachování krajinných prvků a opatření proti invazním druhům rostlin.

3.7.2 Současná legislativa DZES

Příloha III nařízení EU č. 2021/2115 stanoví rámec pro standardy pro environmentální a klimatické podmíněnosti v novém období SZP. Každý členský stát EU musí tyto standardy přizpůsobit svým specifickým podmínkám, jako jsou půdní a klimatické podmínky, stávající situace v zemědělství, používané zemědělské postupy, velikost a struktura zemědělských podniků a využití půdy v daném členském státě.

Tyto standardy DZES jsou základní úrovně postupů v rámci posílené Zelené architektury, které podporují ochranu klimatu a přírodních zdrojů, jako je půda, voda a ovzduší, a zlepšují vliv zemědělského hospodaření na životní prostředí a krajinu. Tyto standardy doplňují některé nové postupy a rozšiřují podmínky v rámci ekologizace přímých plateb tzv. greeningu.

Do podmínek standardů DZES se připojují dobrovolně volitelné jednoleté postupy režimů pro klima a životní prostředí, označované jako Ekoschématata. Tyto postupy jsou navrženy pro celofaremní ekoplatbu a precizní zemědělství a slouží jako další krok v ochraně a zlepšování životního prostředí, krajiny a jejich vlastností. Další postupy jsou reprezentovány intervencemi programu rozvoje venkova s víceletými závazky.

Některé podmínky standardů DZES zůstávají stejné nebo jsou přeneseny z podmínek postupů, které jsou příznivé pro klima a životní prostředí v rámci přímých plateb tzv. greeningu.

Tyto podmínky jsou:

DZES 1: Zachování trvalých travních porostů v poměru ke zemědělské ploše (přechod z greeningu a zajištění nesnížení poměru travních porostů o více než 5 % oproti poměru v roce 2018)

DZES 3: Zákaz vypalování strnišť na orné půdě, s výjimkou odůvodnění zdravím rostlin (přechod ze současného standardu DZES 6)

DZES 4: Zřízení ochranných pásů podél vodních toků (přechod ze současného standardu DZES 1)

DZES 5: Obhospodařování půdy způsobem, který snižuje riziko degradace půdy a eroze, včetně sklonu svahu (přechod ze současného standardu DZES 5).

Zákaz přeměny nebo orby trvalých travních porostů, které jsou označeny jako citlivé na životní prostředí a nacházejí se v lokalitách sítě Natura 2000, je stanoven v podmínkách standardu DZES 9. Tento zákaz přechází z podmínek greeningu.

Pro stanovení podmínek standardu DZES 2 týkajících se ochrany mokřadů a rašelinišť jsou připravovány mapové podklady. Účinnost podmínek zaměřených na ochranu půd bohatých na uhlík je odložena na rok 2024.

Podmínky standardů DZES 6, DZES 7 a DZES 8 jsou podrobně popsány v příloženém souboru. Standard DZES 6 se týká minimální pokryvnosti půdy, aby se zabránilo vzniku holé půdy v nejcitlivějších obdobích. Podmínky standardu DZES 7 se týkají střídání plodin na orné půdě a omezení plochy jedné plodiny. Standard DZES 8 stanovuje minimální podíl výměry zemědělské plochy, který musí být vyhrazen pro neprodukční plochy, zachování krajinných prvků a zakazuje ořez keřů a stromů v období hnízdění a odchovu mláďat. Tyto podmínky navazují na podmínky z greeningu a současný standard DZES 7.

Klasifikaci opatření znázorňuje následující tabulka:

| Opatření GAEC | | |
|----------------------|---|---------------------------------|
| GAEC 1 | Minimální pokryv půdy | Eroze půdy |
| GAEC 2 | Minimální úroveň obhospodařování půdy odrážející specifické místní podmínky | |
| GAEC 3 | Obdělávání orné půdy se strništěm | Organické složky půdy |
| GAEC 4 | | |
| GAEC 5 | Používání vhodných strojů | Struktura půdy |
| GAEC 6 | Zachování krajinných prvků včetně mezí, příkopů, stromořadí, ve skupině nebo zvlášť a hranic polí | Minimální úroveň péče |
| GAEC 7 | Zabránění šíření nežádoucí vegetace na zemědělskou půdu | |
| GAEC 8 | Ochrana stálých pastvin | |
| GAEC 9 | | |
| GAEC 10 | Schválení postupů pro využívání vody k zavlažování | Ochrana vody a hospodaření s ní |
| GAEC 11 | Zřízení ochranných pásem podél vodních toků | |
| GAEC 12 | Ochrana podzemních vod před znečištěním nebezpečnými látkami | Ochrana podzemních vod |

Tabula č. 2: Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu GAEC^v v ČR, (VOPRAVILA KOL., 2010).

3.8 Význam kukuřice seté v České republice

Celosvětově patří kukuřice společně s pšenicí a rýží mezi tři nejvýznamnější plodiny (FAOSTAT, 2020). Bez ohledu na široké možnosti uplatnění této plodiny, jsou evidovány dva základní způsoby využití: na zrno a na siláž. Z globálního pohledu převažuje pěstování kukuřice na zrno, v České republice vzhledem ke klimatickým podmínkám jsou větší plochy věnovány kukuřici na siláž. Kukuřice setá v České republice dlouhodobě zaujímá relativně stabilní podíl 9 – 13 % z celkové osevní plochy. Z podrobnější analýzy statistických dat (ČSÚ, 2020) je však patrné, že v posledních několika desetiletích došlo k výrazným změnám jak ve výměře osevních ploch, tak i v účelu pěstování kukuřice. Výměra silážní kukuřice se postupně od roku 1990, kdy činila 382 000 ha, snižovala až do roku 2009 na 180 000 ha v důsledku snižování stavu skotu z 3,5 mil. kusů až na 1,4 mil. kusů (ČSÚ, 2020). Jak je z těchto čísel patrné, nebyl pokles výměry silážní kukuřice tak výrazný jako pokles stavu zvířat, a to především z důvodu omezení používání méně kvalitních krmiv, která byla nahrazena silážní kukuřicí. Současně s poklesem počtu krav (z 1,24 mil. na 0,56 mil. kusů) se v tomto období zvýšila dojivost o 74 % (z 3 950 na 6 870 l za rok). Následně se výměra silážní kukuřice postupně navyšovala a v posledních deseti letech se pohybuje v průměru okolo 220 000 ha (182 000 – 242 000 ha). Vzhledem k tomu, že ve stavech skotu (rok 2019: 1,4 mil. ks skotu, z toho 0,59 mil. krav) nedochází k výraznějším změnám, lze tento nárůst výměry dedikovat uplatnění silážní kukuřice v bioplynových stanicích. Přesnější statistiky, jaké množství silážní kukuřice se využívá ke krmným účelům a jaké pro produkci bioplynu, nejsou k dispozici (ČSÚ, 2020).

3.9 Využití kukuřice pro produkci bioplynu

Silážní kukuřice je v současné době v Evropě i v ČR nejvýznamnější cíleně pěstovanou plodinou pro produkci bioplynu. Její předností je značný výnosový potenciál, vysoká výtěžnost bioplynu z jednoho kilogramu sušiny a snadná konzervovatelnost umožňující kontinuální využití hmoty v bioplynových stanicích (Fuksa, 2018).

Celková produkce bioplynu z jednotky plochy (m³/ha) závisí jednak na substrátové produkci bioplynu, která udává, kolik litrů bioplynu lze získat z 1 kg biomasy, a dale

na celkovém výnosu hmoty (t/ha). Z 1 tuny kukuřičné siláže lze vyrobit okolo 200 m³ bioplynu (Pastorek a kol., 2004) s obsahem metanu 50 – 62 % (Amon a kol., 2007; Rath a kol., 2015). Celková produkce bioplynu se v závislosti na substrátové produkci a výnosu biomasy kukuřice pohybuje okolo 9 000 m³/ha, tj. 5 000 m³ metanu z 1 hektaru (Pastorek a kol., 2004).

3.10 Význam pěstování kukuřice na zrno

O důležitosti zrnové kukuřice svědčí její rozsah pěstování ve světě, kde plocha věnovaná kukuřici na zrno zaujímá po pšenici druhé místo a z hlediska celkové produkce zrna je na místě prvním (FAOSTAT, 2020). Důvodem pro její pěstování je jednak vysoký výnosový potenciál a také široké možnosti uplatnění zrna, které vyplývají z jeho složení. Základní složkou zrna je škrob, jehož obsah se obvykle pohybuje v rozpětí 65 – 75 % (Liu a kol., 2016), což je zpravidla více než u jiných plodin; např. 60 – 70 % u pšenice (Štěrbová a kol., 2016), 54 – 67 % u ječmene (Anele a kol., 2015), či okolo 16 % u brambor (Narwojsz a kol., 2020). Kukuřičné zrno nalézá uplatnění v mnoha průmyslových odvětvích. Je významnou součástí krmných směsí pro hospodářská i ostatní zvířata. Výroba krmných směsí pro zvířata určená k výrobě potravin (skot, prasata, drůbež, ovce, králíci a ryby) byla v ČR na počátku nového tisíciletí na úrovni 2,8 – 3,2 mil. tun ročně a od roku 2010 až do současnosti se pohybuje okolo 2,4 mil. tun. Potřeba kukuřičného zrna pro krmné směsi je dlouhodobě v rozmezí 250 – 300 tis. t za rok (Třináctý a kol., 2013; Josrová, 2019), ale v roce 2019 byl zaznamenán výrazný nárůst potřeby na více než 350 000 t (Sikora a Havrda, 2020).

3.11 Půdochranné technologie při pěstování kukuřice seté

Jednotlivé systémy zpracování půdy, včetně jednotlivých pracovních operací od základního zpracování půdy, přes způsob založení porostů až po kultivaci během vegetace, rozhodují o vývoji kořenového systému v půdním prostředí, včetně jeho architektury. Tyto skutečnosti následně určují nejen schopnost příjmu vody a živin z půdního prostředí, ale také ovlivňují infiltraci vody do půdy, včetně procesů vodní a větrné eroze. Výška stébel společně s počtem listů a v kombinaci s jejich postavením

na rostlině a prostorovým rozmístěním v prostoru (vertikální a horizontální rozložení) zásadním způsobem ovlivňují fotosyntetické a transpirační procesy rostlin a porostů, rozhodují o evaporačních procesech půdy a definují podmínky pro průběhy procesů, jako jsou porostní srážka, kapková eroze, mikroklima porostu apod. Dále jsou morfologické parametry rostlin a jejich fyziologické procesy modifikovány strukturou porostů, která mnohdy vychází i z principů a možností dané technologie. Opomenout nelze ani skutečnost, že součástí technologií eliminujících rizika vodního stresu a degradace půdy je i práce s optimalizací doby růstu a tím i vývoje porostů na stanovišti. Na základě výše uvedených skutečností je nutné v rámci jednotlivých pěstebních technologií pracovat s morfologickými vlastnostmi rostlin a s metodami jejich cílené modifikace za účelem naplnění pěstebních cílů a omezení degradace životního prostředí (Menšík a kol., 2018).

4 Praktická část

4.1 Výzkumný projekt „Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě“

Praktická část této diplomové práce se věnuje spolupráci a popisu činností souvisejících s podílením se na projektu „Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě“. Cílem tohoto projektu je vyvinout a ověřit takové technologické postupy, které by umožnily pěstování kukuřice na silně erozně ohrožené půdě a byly zároveň využitelné v rámci standardu DZES 5. U výsledných technologií musí být zaručena dostatečná protierozní účinnost a rovněž musí přispívat k zadržování vody v krajině v důsledku vyšší infiltrace srážkové vody do půdy. Dále bude řešena výnosová stabilita a kvalita produkce s využitím jako krmiva pro hospodářská zvířata nebo tvorbu bioplynu. Pro komplexní posouzení budou vyhodnoceny provozní náklady technologií, které mají prověřit racionalitu použití zvolených postupů. Projekt si klade za cíl nabídnout hospodařícím subjektům bezpečnou a stabilní možnost pěstování kukuřice na výrazně sklonitých pozemcích. Interní metodika má za cíl podrobně popsat postupy řešení projektu z hlediska protierozní ochrany, výnosů a kvality produkce a ekonomiky pěstování kukuřice

na SEO plochách. Záměrem je synchronizovat činnosti takovým způsobem, aby mohlo být dosaženo cílů projektu (Ministerstvo zemědělství, 2021).

Výstupy této praktické části diplomové práce budou především:

- **Měření vodní eroze na zemědělské půdě** – práce čtenáře uvede do problematiky řešení projektu a představí možnosti měření vodní eroze.
- **Protierozně účinný způsob pěstování kukuřice seté na výrazně sklonitých pozemcích** - v rámci dokumentace ověřené technologie bude popsán efektivní a trvale udržitelný způsob pěstování kukuřice seté na erozně ohrožené půdě. Dále budou pro technologii ověřeny i výnosové a kvalitativní parametry produkce a stanovena ekonomika provozu.
- **Půdoochranné technologie jako nástroj pro omezování vodní eroze na zemědělské půdě** – práce je zaměřena na půdoochranné technologie ověřované v projektu určené primárně pro kukuřici setou. Porovnán bude konvenční způsob hospodaření a vybrané půdoochranné technologie z hlediska omezení vodní eroze (Ministerstvo zemědělství, 2021).

4.2 Základní data projektu

Číslo projektu: QK22020053

Název projektu: Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě

Poskytovatel: Ministerstvo zemědělství (NAZV)

Program: ZEMĚ

Hlavní příjemce: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Řešitel: Ing. David Kincl

Partneři: Česká zemědělská univerzita v Praze – Fakulta životního prostředí;

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Řešitel za FŽP: Ing. Jan Petřů

Kontaktní osoba a administrace projektu: Ing. Kateřina Mikešová

Doba řešení: 1.1.2022 – 31.12.2024

4.3 Popis projektu

Projekt byl vypsán prostřednictvím veřejné soutěže ve výzkumu, vývoji a inovacích v rámci Programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017-2025, ZEMĚ. Hlavním příjemcem dotace je Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i., dalšími příjemci pak Česká zemědělská univerzita v Praze a Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Náklady projektu jsou rozděleny mezi hlavní příjemce a další účastníky.

Projekt je legislativně ošetřen Smlouvou o poskytnutí podpory na řešení projektu výzkumu a vývoje Programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017-2025, ZEM, kde jako poskytovatel vystupuje Česká republika – Ministerstvo zemědělství a jako hlavní příjemce Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. Předmětem smlouvy je podpora projektu, jehož cíle jsou ve smlouvě podrobně popsány a stanoveny v příloze závazných parametrů řešení projektu, které jsou schváleným návrhem projektu ve smyslu § 9 odst. 2 zákona o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací.

5 Charakteristika studijního území

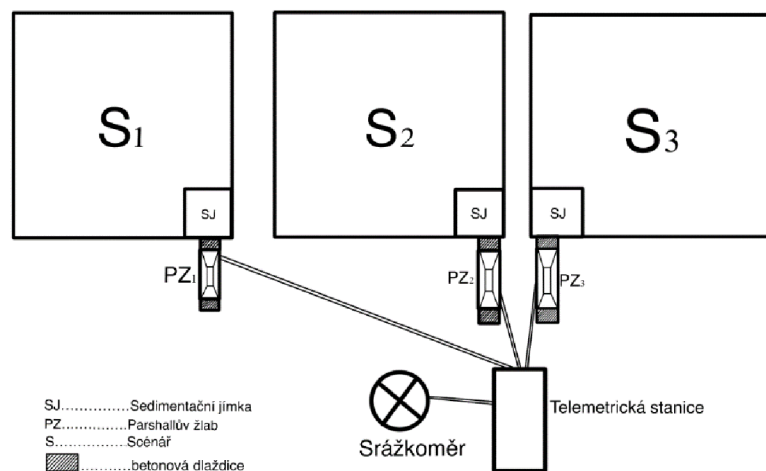
V rámci experimentu ve spolupráci na projektu byly založeny pokusné plochy na vybraném erozně ohroženém pozemku, který se nachází na území obce Petrovice, katastrální území Skoupý (772241), okres Příbram (49.5765108N, 14.3537778E). Lokalita byla vybrána z důvodu vhodných pomínek, které odpovídají požadavkům pro založení pokusných parcel pro zmíněný výzkum (obrázek 10). Jedná se o přímá svah, kde lze vymezit odpovídající stejně velké plochy, které budou orientované zhruba 1° spádu k vrstevnicím, a je zde umožněn svod povrchového odtoku do nejnižšího bodu parcel. Zde se nachází sedimentační jímka a Parshallův žlab.



Obr.č. 10 – Zájmová lokalita (článek Kalibová at al. 2022).

Metodický postup na erozně ohrožených parcelách probíhal v následujících krocích:

1. Založení pokusných ploch a instalace sběrných a měřicích zařízení (obrázek 11)
2. Testované scénáře - Půdochranné technologie pěstování kukuřice
3. Sběr dat
4. Zpracování dat
5. Výsledky
6. Diskuze



Obr. Č. 11 – Schéma technologického vybavení pokusné lokality. S1 – konvenční způsob pěstování kukuřice, S2 – půdoochranná technologie – žito a jetel inkarnát, S3 – půdoochranná technologie – meziplodina jilek. (Kalibová at al.2022).

5.1 Založení pokusných ploch

Experiment probíhal na celkem třech plochách o stejné výměře. Rozloha každé plochy byla 70 x 80 m. Pokusné parcely byly umístěny vedle sebe dle výše zmíněného spádu vůči vrstevnicím. (Podrobný popis založení pokusných parcel je popsán v kapitole 6.2 Práce na lokalitě níže). Setí kukuřice proběhlo za pomoci zemědělců ze zemědělského družstva dne 14.5. 2022. Jednalo se o odrůdu CAMPINOS FAO 200, množství výsevku 90 000 j/ha. Hloubka setí 5 cm, secí stroj Vaderstad Tempo V6.

První kontrolní plocha byla dle plánu oseta kukuřicí konvenčním způsobem. U druhé a třetí plochy byly využity půdoochranné technologie, v tomto případě setí kukuřice s meziplochinami. Setí bylo provedeno po spádnici a na první parcele (kontrolní parcela, scénář S1) byl použit konvenční postup, tedy orba a kompaktor. Na pokusných parcelách byla použita metoda strip-till pomocí orebního stroje SLY Stripcat II. Pokusné parcely byly osety meziplochinami, kdy na jedné byly žito a jetel inkarnát (scénář S2), na další pokusné parcelce byl meziplochinou pouze jilek mnohokvětý (scénář S3). Jako předpločina, byl na pokusných plochách S2 a S3 ječmen ozimý. Chemicky byly plodiny chráněny

pomocí Maister power (1.5 l/ha) a Kelvin duo + Slalom (90 g/ha + 0.3 l/ha) a hnojeny močovinou (200 kg/ha) a Explorer (100 kg/ha).

5.1.1 Popis použitých způsobů zpracování půdy

1) Konvence: orba + kompaktor:

Konvenční zpracování půdy pro následnou plodinu se skládá z několika kroků, které jsou závislé na účelu a hloubce zpracování. Prvním krokem je podmítnutí, což zahrnuje zpracování strniště po sklizni předchozí plodiny. Cílem podmítnutí je podpořit klíčení semen předchozí plodiny a plevelů, narušit kapilární zdvih a rovnoměrně rozprostřít posklizňové zbytky předplodiny. Dalším krokem je orba, což je základní zpracování půdy. Orba připravuje půdu pro nerušený růst kořenů následující plodiny a pro příjem živin z půdního profilu. Posledním krokem je předseťová příprava, která zajišťuje srovnání půdního povrchu a vytvoření seťového lůžka pro následnou setbu (obrázek 12).



Obr. č.12 – Předseťový kompaktor (zdroj: www.bednar.com).

2) Kombinace: strip – till:

Strip-till, neboli pásové zpracování půdy, je novou technologií, jež reaguje na změny klimatu a s tím spojené nové problémy. V dnešní době trápí zemědělce především nedostatek vody, špatná struktura půdy, kvůli které půda není schopná zadržet vlhkost a eroze. Principem je zpracování půdy a připravení set'ového lůžka v pásech, mezi kterými jsou ponechány posklizňové zbytky nebo vzrostlé meziplodiny a nezpracovaná půda. Stripcat II zpracovává půdu v pásech o šířce cca 20-30 cm a do hloubky 5–30 cm (obrázek 13).



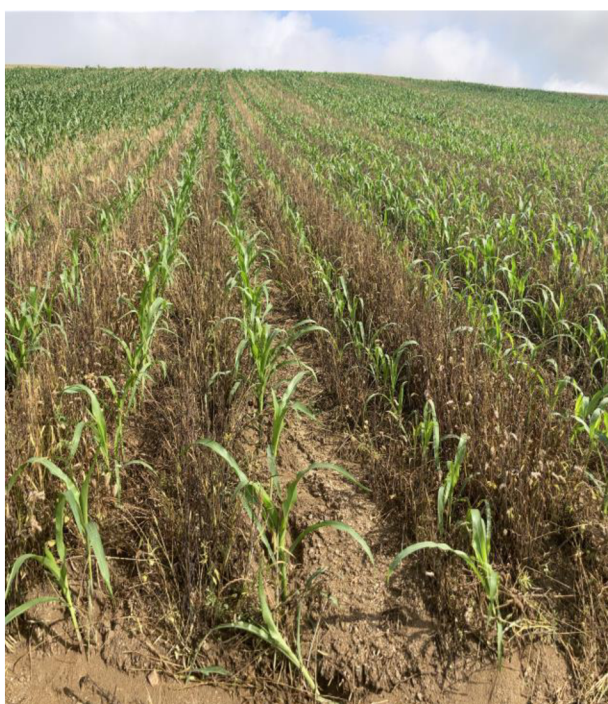
Obrázek č.13 - Pásové zpracování půdy (zdroj: www.pal.cz/zemedelska-technika).

Meziplodinou byla zvolena kombinace žito a jetel inkarnát, druhá varianta pouze jílku mnohokvětého. Předplodinou byl ječmen ozimý.

Jílek mnohokvětý (*Lolium multiflorum*) je druh trávy z rodu jílků *Lolium* (obrázek 14). Tento druh trávy pochází z evropských zemí mírného podnebného pásu. Jílek

mnohokvětý může být jednoletou, dvouletou nebo vytrvalou rostlinou. Je často pěstován jako meziplodina a také jako složka siláže. Vzhledem k jejímu vzhledu se jílek mnohokvětý také pěstuje jako okrasná tráva. Nicméně v zemědělských oblastech je tato tráva často považována za škodlivý plevel (Cosgrove, 1999).

Jetel inkarnát (*Trifolium incarnatum*) se pěstuje jako čistá kultura nebo ve směskách (obrázek 15). Lze ho využít jako předplodinu, meziplodinu, jarní pícninu nebo i na zelené krmení (Moseley, 1988).



Obrázek č.14 Meziplodina Jílek mnohokvětý (vlastní foto 6/2022).



Obrázek č.15 Kombinace Jetel inkarnát a žito (vlastní foto 6/2022)

5.2 Práce na lokalitě

Na lokalitu jsme poprvé s týmem ve složení studentů a vedoucích vyrazili 28.6.2022. Jelikož je výzkumý projekt teprve na začátku, naším hlavním úkolem byla především

instalace sběrných a měřicích zařízení. Na místě byl postaven provizorní stan, který sloužil jako základna. K práci bylo využíváno nářadí, zapůjčeno Českou zemědělskou univerzitou.

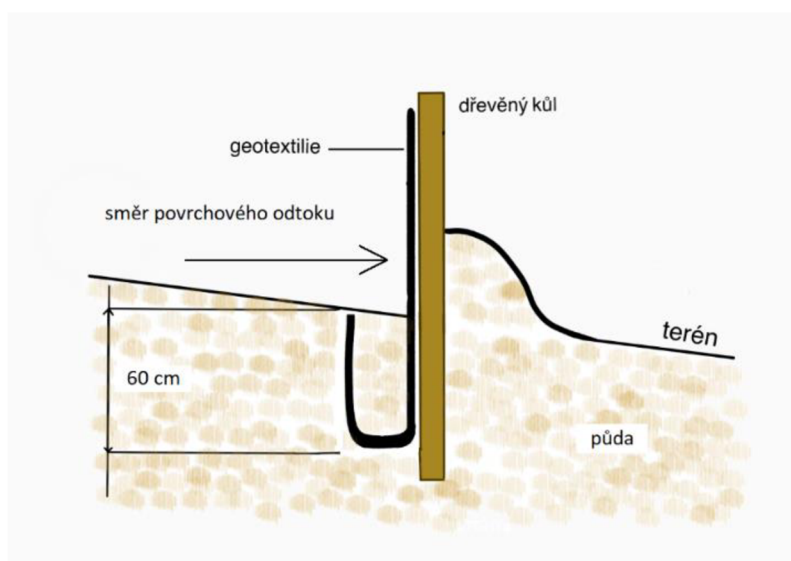
V první fázi bylo potřeba zaměřit sklon terénu, aby jej následně bylo možno zohlednit pro určení trasy rýhy pro odvod srážkového odtoku. Toto měření bylo uskutečněno za pomoci nivelačního přístroje. Rýha byla trasována pomocí kúlů a následně byla vyhloubena pomocí rýhovače Vermeer RTX200 (obrázek 17).



Obr. č.16 - Provizorní stan jako základna na pokusné ploše (vlastní foto 6/2022).

Rýha pro odvod srážkového odtoku byla následně vyložena geotextilií, přičemž bylo ponecháno na dně rýhy přesah geotextílie o cca 30 cm a následně zatíženo zeminou, pro lepší uchycení a stabilitu geotextílie. Tímto způsobem se zajistilo, že srážkový odtok bude směřován do nejnižšího bodu parcely (obrázek 20). Následovalo zavedení odtokové

trubice do další vyhloubené rýhy na úrovni nejnižšího bodu parcely, k čemuž byl taktéž využit rýhovač Vermeer RTX200 (obrázek 19).



Obr.č. 17 – Vymezení spodní části parcel geotextilií metodou „silt-fence“ (Kalibová a kol 2022).

Dalším krokem bylo vyhloubení 3 sběrných bazénů (obrázek 18), jeden pro každou pokusnou plochu (S1, S2, S3) (obrázek 18). Každý bazén měl výměru 9 m² a hloubku cca 30 cm. Každý bazén byl zpevněn a zajištěn obedněním a překryt geotextilií. Do těchto bazénů byl sveden veškerý srážkový odtok včetně smytého sedimentu. Posledním krokem byla instalace Parshallova žlabu (průtokoměr), a to ke každému bazénu a umístění srážkoměru.



Obr. č. 18 – Práce na vyhloubení sběrných bazénu (vlastní foto, 6/2022).

První den po instalaci některých sběrných a měřicích zařízení a v průběhu dokončovacích došlo k bleskové srážce, sběrné bazény byly zaplaveny a poničeny, práce na dokončení se zkomplikovaly, již vyhloubené rýhy byly zaplaveny a zaneseny sedimentem a bylo nutno je znovu vyhloubit (obrázek 21). Tím se posunul termín dokončení prací na lokalitě.



Obr. č. 19 - Rýhovač Vermeer RTX200 (foto vlastní 6/2022).



Obr. č. 20 - Geotextílie v podélném sklonu cca 1° svede povrchový odtok do nejnižšího místa odtokové parcelky, kde se nachází sedimentační jímka a Parshallův žlab (Kalibová a kol 2022).



Obr. č. 21 - Poničení instalovaných prvků při dokončovacích pracích (vlastní foto 6/2022).

5.3 Testované scénáře – půdoochranné technologie pěstování kukuřice

Parcela S1, která byla oseta kukuřicí konvenčním způsobem, sloužila jako parcela kontrolní. Konvenční způsob je podrobněji popsán výše. K osetí na parcele S2 a S3, byly využity dvě půdoochranné technologie, a sice setí kukuřice s meziplojinami. Setba proběhla 14.5.2022 secím strojem Vaderstad Tempo V6, odrůdou CAMPINOS FAO 200 s výsevkem 90 000 j/ha a hloubkou setí 5 cm. Setí bylo provedeno po spádnici a na první parcele (scénář S1) byl použit konvenční postup, tedy orba a kompaktor. Na pokusných parcelách byla použita metoda strip-till pomocí orebního stroje SLY Stripcat II. Pokusné parcely byly osety meziplojinami, kdy na jedné byly žito a jetel inkarnát (scénář S2), na další pokusné parcele byl meziplojinou pouze jílek mnohokvětý (scénář S3). Jako předplodina, byl na pokusných parcelách S2 a S3 ječmen ozimý. Chemicky byly plodiny chráněny pomocí Maister power (1.5 l/ha) a Kelvin duo + Slalom (90 g/ha + 0.3 l/ha) a hnojeny močovinou (200 kg/ha) a Explorer (100 kg/ha).

5.4 Sběr dat

Srážko-odtokové události a objem povrchového odtoku byl měřen a monitorován s využitím zařízení jako jsou sedimentační jímka, Parshallův žlab, srážkoměr a telemetrická stanice. Záznam o srážce a povrchovém odtoku je online přenášen na server stanice.fiedler-magr.cz (obrázek 22), kde tato data byla následně dostupná ke stažení.

Měřicí stanice: Krásná Hora n.V.
Q2_62100190
 UPOZORNĚNÍ: Veškerá uváděná data jsou bez právní záruky.
 Poslední přenos: Čt 22.12 18:01:08
 Poslední data: Čt 22.12 18:03:00

Měřicí kanály:

| | Jmenovka | Posl. změřená hodnota | 21.12.22 | | | Suma | Suma od instalace |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------|----------|--------|--------|-------|-------------------|
| | | | Minima | Maxima | Průměr | | |
| <input type="checkbox"/> | K1: Výška hladiny 1 [mm] | 4 | 60 | 104 | 87 | - | - |
| <input checked="" type="checkbox"/> | K2: Průtok 1 [l/s] | 0,00 | 2,23 | 5,32 | 4,02 | - | - |
| <input type="checkbox"/> | K2: Průtok 1 [m3] | 0,0 (82,3) | 0,0 | 0,4 | 0,2 | 347,5 | - |
| <input type="checkbox"/> | K2: Průtok 1 [m3] | 6065,6 | 5636,1 | 5983,3 | 5827,8 | - | - |
| <input type="checkbox"/> | K3: Výška hladiny 2 [mm] | 22 | 71 | 100 | 88 | - | - |
| <input checked="" type="checkbox"/> | K4: Průtok 2 [l/s] | 0,00 | 2,90 | 5,00 | 4,11 | - | - |
| <input type="checkbox"/> | K4: Průtok 2 [m3] | 0,0 (113,0) | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 355,3 | - |
| <input type="checkbox"/> | K4: Průtok 2 [m3] | 5883,7 | 5415,7 | 5770,7 | 5606,5 | - | - |
| <input type="checkbox"/> | K5: Výška hladiny 3 [mm] | 12 | 30 | 87 | 76 | - | - |
| <input checked="" type="checkbox"/> | K6: Průtok 3 [l/s] | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 3,28 | - | - |
| <input type="checkbox"/> | K6: Průtok 3 [m3] | 0,0 (88,4) | 0,0 | 0,3 | 0,2 | 283,0 | - |
| <input type="checkbox"/> | K6: Průtok 3 [m3] | 7884,4 | 7513,2 | 7796,0 | 7662,2 | - | - |
| <input checked="" type="checkbox"/> | K7: Doba poruchy sondy 1 [h] | 0,0 (0,0) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - |
| <input type="checkbox"/> | K7: Doba poruchy sondy 1 [h] | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | - | - |
| <input checked="" type="checkbox"/> | K8: Doba poruchy sondy 2 [h] | 0,0 (0,0) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - |
| <input type="checkbox"/> | K8: Doba poruchy sondy 2 [h] | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | - | - |
| <input checked="" type="checkbox"/> | K9: Doba poruchy sondy 3 [h] | 0,0 (0,0) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - |
| <input type="checkbox"/> | K9: Doba poruchy sondy 3 [h] | 169,7 | 169,7 | 169,7 | 169,7 | - | - |
| <input type="checkbox"/> | K10: Srážky 1min [mm] | 0,0 (2,9) | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,7 | - |
| <input checked="" type="checkbox"/> | K10: Srážky 1min [mm] | 258,7 | 255,1 | 255,8 | 255,2 | - | - |

Obr.č. 22 – Ukázka online záznamu dat (Článek Kaliová a kol 2022).

Množství sedimentu je nutno obstarat osobně přímo na lokalitě. Voda, která je zachycena ve sběrné jímce se buď odčerpá čerpadlem nebo se nechá samovolně odpařit. Následně je z jímky odebrán veškerý sediment z dané přívalové srážky. Jeho hmotnost je možné zjistit metodou objemovou nebo hmotnostní.

K odběru a zvážení sedimentu je použita odběrná nádoba a váha. Sediment je z jímky postupně odebírán pomocí odběrné nádoby (kýble). Při hmotnostní metodě je vážen každý kýbl a postupně zaznamenána celková hmotnost sedimentu (včetně určitého objemu vody). Současně je do menší odběrné nádoby odebrán jeden menší vzorek (cca 0,5 kg) který je v laboratoři vysušen. Z poměru hmotnosti vzorku před a po vysušení (sušeno 24 hod při 105 °C) lze stanovit podíl vody ve vzorku sedimentu. Z hmotnosti

sedimentu odebraného z jímky je pak odečtena hmotnost vody a lze stanovit celkovou hmotnost zeminy smyté povrchovým odtokem z dané přívalové srážky.

Při objemové metodě se postupuje podobně. Odběrná nádoba se však v tomto případě neváží. Odebírá se konstantní množství sedimentu (vždy plná nádoba o známém objemu) a zapisuje se počet odebraných nádob. Současně je z jímky odebrán menší vzorek o známém objemu (např. Kopeckého váleček). V laboratoři je vzorek opět zvážen před a po vysušení a stanovena procentuální objemová vlhkost. Po odečtení vlhkosti z celkového objemu odebraného sedimentu lze stanovit celkové množství zeminy smyté povrchovým odtokem z dané přívalové srážky.

Sediment je z jímky vybírán po každé srážce, při níž byl Parshallovými žlaby (obrázek 23) zaznamenán povrchový odtok o minimální výšce 5 mm a době trvání 15 min. Nižší hodnoty mohou být způsobeny např. hmyzem či větrem navátými rostlinnými zbytky (Kalibová a kol 2022).

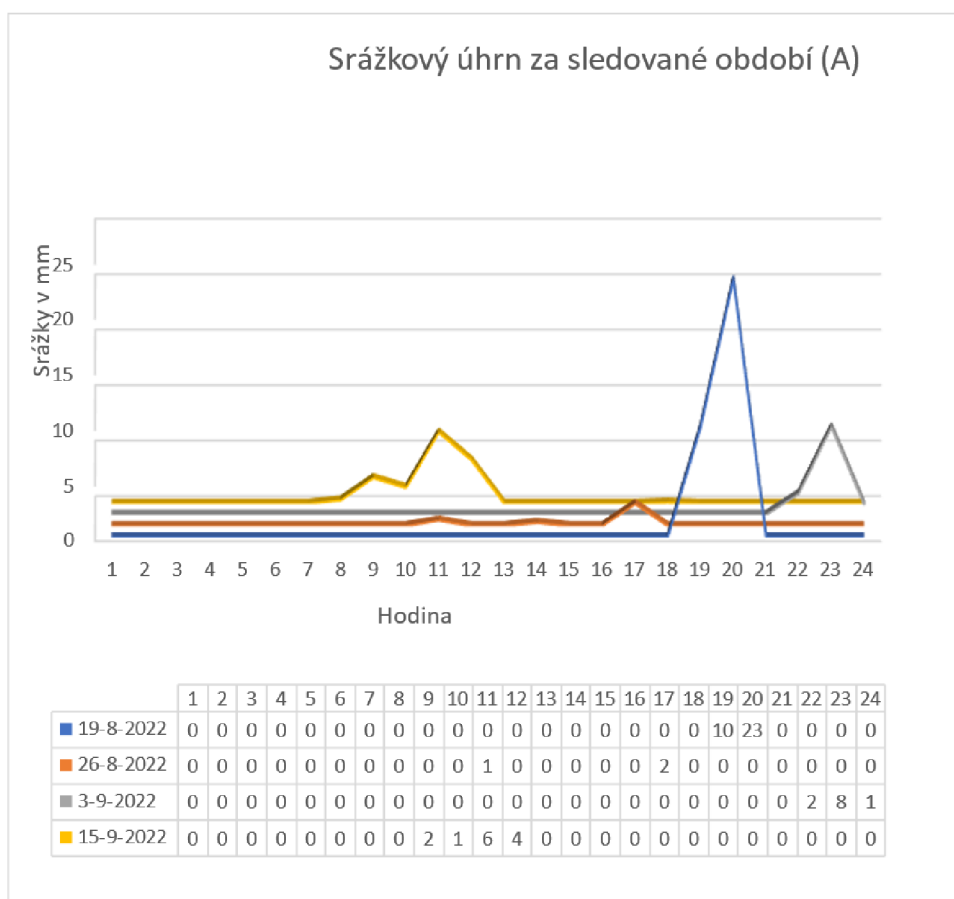


Obr. č. 23 – Parshallův žlab (vlastní foto, 6/2022).

5.5 Zpracování dat

Záznam průběhu povrchového odtoku je telemetrickou stanicí zapisován formou výšky vodního sloupce (v mm) a průtoku (l/s). V prostředí MS Excel je pak na hlavní osy X a Y vynesena závislost průtoku na čase, na vedlejší osy X a Y je vynesena průběh intenzity dešťové srážky v čase. Vyhodnocení množství sedimentu bylo popsáno v předešlé kapitole (Kalibová a kol. 2022).

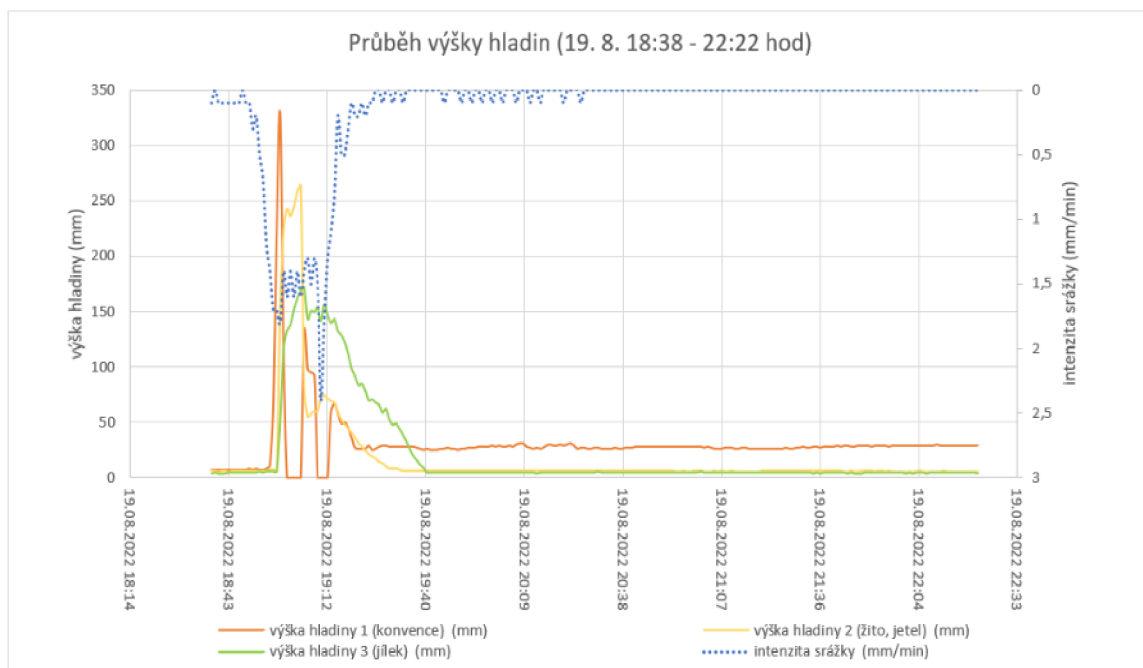
V průběhu prvního roku měření (2022), a než se nainstalovala a vybudovala veškerá monitorovací a sběrná zařízení, byly na území pokusné lokality zaznamenány pouze čtyři srážky (graf 1). Dvě srážky (3. a 15.9.2022) probíhaly již po sklizni a srážka z 26.8.2022 byla tak nepatrná, že se pro data experimentu nedala použít. Data a výsledky jsou tedy čerpány z jediné výraznější srážky, a to 19.8.2022.



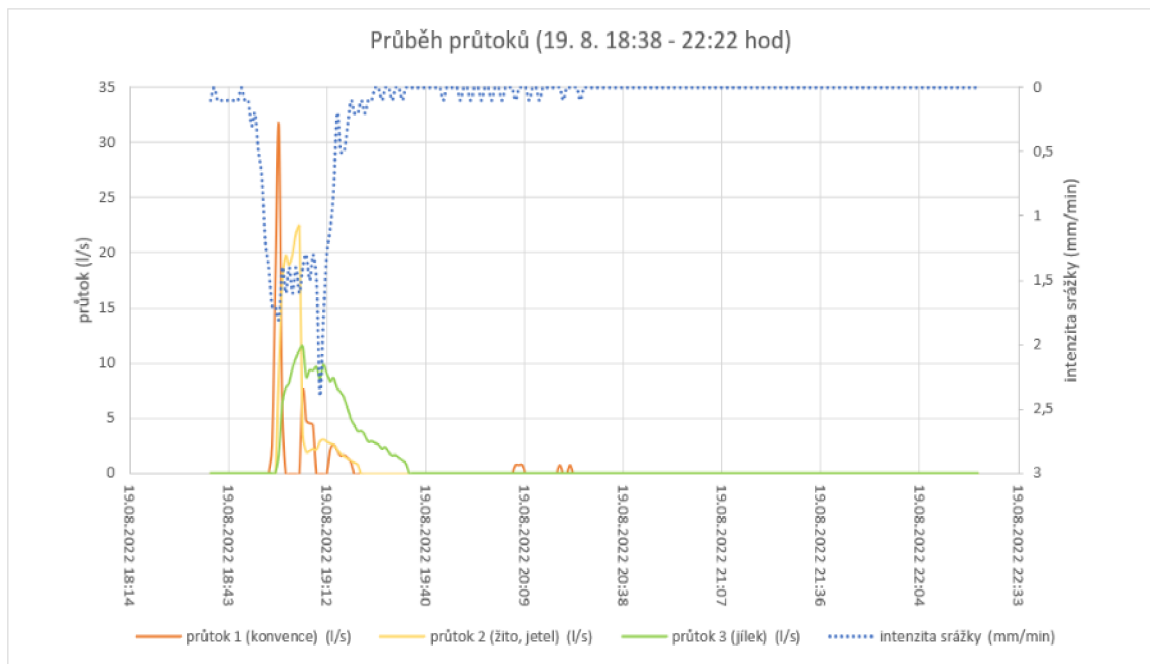
Graf č. 1 – Záznam srážkových úhrnů v době měření

6 Výsledky

V rámci experimentu ve spolupráci na projektu byly založeny pokusné plochy na vybraném erozně ohroženém pozemku, který se nachází na území obce Petrovice, katastrální území Skoupý (772241), okres Příbram (49.5765108N, 14.3537778E). Lokalita byla vybrána z důvodu vhodných pomínek, které odpovídají požadavkům pro založení pokusných parcel. Jedná se o přímá svah, kde lze vymezit odpovídající stejně velké plochy, které budou orientované zhruba 1° spádu k vrstevnicím, a je zde umožněn svod povrchového odtoku do nejnižšího bodu parcel. Na projektu jsme se podíleli týmovou spoluprací s dalšími studenty a vedoucími. Dle kapitoly 6.4 Sběr dat byla ze serveru, na který byla pravidelně z telemetrické stanice zasílána aktuální data, tato data stažena. Bylo nutné data roztrždit a zpracovat dle potřeby experimentu. Sledována a porovnávána byla tedy data, která vypovídala o výšce hladiny a průtoku povrchového odtoku pro tři testované technologické postupy pěstování kukuřice, výsledky znázorňují následující grafy (obrázek 24 a 25).



Obr.č.24 - Záznam odtokové odezvy pokusných ploch na dešťovou srážku – výška hladiny povrchového odtoku (Kalibová at al. 2022).



Obr.č. 25 - Záznam odtokové odezvy pokusných ploch na dešťovou srážku – průtok povrchového odtoku (Kalibová at al. 2022).

Obrázky č. 22 a 23 ukazují záznam průběhu dešťové srážky (modrá linie) a následnou odezvu jednotlivých pokusných ploch v podobě průtoku povrchového odtoku.

Veškerá naměřená data byla kromě této diplomové práce uveřejněna také ve článku Kalibová at al. 2022). Dle výše vyhodnocených dat byla při konvenčním způsobu pěstování kukuřice na pokusné ploše (S1) zaznamenána kulminace povrchového odtoku způsobeného dešťovou srážkou dříve než u zbylých dvou ochranných technologických postupů (S2 a S3), a to konkrétně v 18:58 hod, o 6 a 7 minut dříve. Naměřeny byly jednoznačně nejvyšší hodnoty výšky hladiny: 328 mm a průtok 31,53 l/s.

Naopak na pokusných plochách s využitím ochranné technologií došlo ke kulminaci povrchového odtoku později než v případě konvenčního způsobu. Pro žito a jetel inkarnát (S2) průtok kulminoval v čase 19:04, při výšce hladiny 263 mm a průtoku 22,38 l/s; snížení v porovnání s kontrolní plochou o 29 %. Na testovací ploše s meziplodinou jílek (S3) průtok kulminoval v čase 19:05, na výšce hladiny 172 mm a průtoku 11,55 l/s, tedy v porovnání s kontrolní plochou snížení o 63,4 %. (Kalibová a kol. 2022).

Celkové naměřené hodnoty zachyceného sedimentu činí 519,5 kg pro parcelu s konvenční orbou (S1). Za použití půdoochranné technologie s využitím meziplodin žito a jetel inkarnát (S2) byla naměřeno 226 kg, což značí snížení o 56,5 % v porovnání s kontrolní plochou. Na parcele s využitím půdoochranné technologie s meziplodinou jílek (S3) byl naměřen objem zachyceného sedimentu 60,5 kg, lze tedy pozorovat snížení objemu smytého sedimentu o 88,35 % (Kalibová a kol 2022).

7 Diskuze

Na průběhu průtoku na kontrolní ploše s použitím konvenční orby (Obrázek 24 a 25, oranžová linie) jsou patrné dva výkyvy v podobě výrazného poklesu. Extrémní povrchový odtok zde v důsledku vady opěrného sloupku protrhl svodné hrazení „silt-fence“, které svádí povrchový odtok do Parshallova žlabu. Data jsou tedy zatížena chybou a suma objemů povrchového odtoku, potažmo sedimentu, je oproti skutečnosti podhodnocena. Hrazení bylo opraveno a zajištěno proti dalšímu poškození – stabilizační sloupky pro fixaci geotextilie a plechu v okolí žlabu byly kladeny v menším rozestupu a byl navýšen zemní val z druhé (spodní) strany geotextilie.

Protržení svodného hrazení je jedním z rizik, které mohou ovlivnit výsledky. Další riziko představuje několik na sebe navazujících přívalových srážek. Pokud k další erozní srážce dojde ještě před odpařením/odčerpáním vody a odebráním sedimentu, může být kapacita jímky pro sediment z druhé srážky nedostatečná (jímka je zaplněna sedimentem z předešlé srážky).

Další nejistotu představuje poškození vybavení (čidel) zvířeti nebo lidmi a falešný záznam o povrchovém odtoku v případě, že pod čidlem projde hmyz. Z tohoto důvodu je kritérium pro zahrnutí srážky do měření stanoveno na minimální výšku povrchového odtoku 5 mm a doba trvání záznamu minimálně 15 minut. Hlášení o mechanické/softwarevé poruše čidel je přímo přenášeno na server.

Práce dokumentuje výsledky pilotního měření projektu. Výsledky pilotního měření vypadají nadějně a ukazují, že pěstování kukuřice na silně erozně ohrožených plochách by za pomoci vhodné půdoochranné technologie pěstování kukuřice s meziplodinou mohlo fungovat. Je však nutné pokračovat v měření i v dalších letech při získání většího objemu směrodatných dat.

8 Závěr a přínos práce

První rok řešení projektu „Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě“, na jehož řešení se autorka podílela, by se dal nazvat pilotním provozem, jehož hlavním cílem bylo založení pokusných ploch, montáž a testování měřicích zařízení a v neposlední řadě optimalizace metodiky sběru a vyhodnocení dat. Přes různé komplikace a nepředvídatelné klimatické podmínky, se tyto cíle podařilo splnit. Povedlo se objevit a eliminovat různá rizika a nepřesnosti měření. Instalovaná měřicí a sběrná zařízení postupně prošla několika úpravami tak, aby byly do budoucna zajištěny co nejlepší podmínky pro další sběr a vyhodnocování dat. Zmínit lze například zesílení stabilizace vymežovacího hrzení ve spodní části parcel, vyfiltrování nesprávných či falešných záznamů povrchového odtoku, které byly způsobeny poruchou čidel případně hmyzem. Díky těmto vzniklým opatřením lze v dalších letech předpokládat větší objem směrodatných dat a možnost ověření pilotních závěrů k možnostem pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě

Dosavadní výsledky ukazují, že s využitím technologie strip-till v kombinaci s využitím vhodných meziplodin, konkrétně varianty žito spolu s inkarnátem jetele a samotný jilek, významně ovlivňují objem povrchového odtoku a ztrátu půdy. Žito s inkarnátem jetele snižuje procento objemu povrchového odtoku o 29% a objem smytého sedimentu o 56%. Samotný jilek snižuje procento objemu povrchového odtoku o 63,4 % a objem smytého sedimentu o 88,35%. Tím je významně sníženo riziko vodní eroze, ve srovnání s pěstováním kukuřice seté za pomoci konvenční orby.

Osobní účastí v rámci prvního roku řešení projektu QK22020053 „Podmínky pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožené půdě“, který probíhá za podpory Ministerstva zemědělství, bylo pro mě velmi cennou zkušeností. Vážím si možnosti, že jsem byla součástí týmu a mohla se částečně podílet na vývoji, vyhodnocení a porovnání účinnosti půdoochranných technologií pro zlepšení podmínek při pěstování kukuřice seté na silně erozně ohrožených plochách. Věřím, že tato diplomová práce může

posloužit jako podklad při řešení projektu v dalších letech případně při zakládání nových pokusných ploch pro podobný projekt v rámci ochrany životního prostředí.

9 Přehled literatury

- BAI, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L., Schaepman, M.E., 2008. Global assessment of land degradation and improvement. 1. Identification by Remote Sensing. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), Wageningen, 70 pp.
- BALKOVÁ, Marie, Petr SEDLÁK, Aleš BAJER, Pavel SAMEC, Lucie KUBALÍKOVÁ, Michal BEDNÁŘ a Gabriela TOMÁŠOVÁ. Multifunkční protierozní opatření pomocí krajino tvorných vegetačních prvků: (podkladová analýza). Nmap - specializovaná mapa s odborným obsahem. Brno: Mendelova univerzita, 2020. ISBN 978-80-7509-700-2.
- BERANOVÁ, Magdalena a Antonín KUBAČÁK. Dějiny zemědělství v Čechách a na Moravě. Praha: Libri, 2010. ISBN 978-80-7277-113-4.
- BRANT, Václav. Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté. Praha: Agrární komora České republiky, 2020. ISBN 978-80-88351-13-9.
- BORRELLI, P., Märker, M., Panagos, P., Schütt, B., 2014. Modelling soil erosion and river sediment yield for an intermountain drainage basin of the Central Apennines, Italy. Catena 114, 45–58.
- COSGROVE, Dennis (1999-12-02). "Rygrass types for pasture and hay". Agronomy Advice. Department of Agronomy, College of Agriculture and Life Sciences University of Wisconsin Extension
- HEJÁTKOVÁ, Květuše, ed. Udržitelnost hospodaření v krajině: konference : ochrana životního prostředí - voda, půda, vzduch, ekosystémy : Náměšť nad Oslavou, 12.4.2012. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2012. ISBN 978-80-87226-11-7.
- HEJÁTKOVÁ, Květuše, ed. Udržitelnost hospodaření v krajině: konference: ochrana životního prostředí - voda, půda, vzduch, ekosystémy: Náměšť nad

Oslavou, 12.4.2012. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2012. [108] s. ISBN 978-80-87226-11-7..

- HOLÝ, M. (1978): Protierozní ochrana. SNTL a ALFA. Praha. 283 str.
- JAKUBEC, Ivan. Hospodářský vývoj českých zemí v období 1848-1992, 48 str. Praha: Oeconomica, 2008. ISBN 978-80-245-1450-5
- Janeček M., Bohuslávka J., Dumbrovský M., Gergel J., Hrádek F., Kovář P., Kubátová E., Pasák V., Pivcová J., Tippl M., Toman F., Tomanová O., Váška J. (2002): Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha, Nakladatelství ISV. (in Czech)
- JANEČEK, Miloslav. Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- JANEČEK, Miloslav. Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2007. ISBN 978-80-254-0973-2.
- KINCL, David, et al. Soil-conservation effect of intercrops in silage maize. Soil and Water Research, 2022, 17.3: 180-190.
- KLEMENT, Aleš. Metodika pro hodnocení půdních vlastností pomocí půdních spekter aplikovatelná pro posouzení degradace půd v důsledku vodní eroze: certifikovaná metodika. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra pedologie a ochrany půd, 2014. ISBN 978-80-213-2531-9.
- KLUSÁK, Jaroslav a kol. Indikátory udržitelné energetiky pro rozhodování měst a obcí: výzkum a aplikace sady místních indikátorů se zaměřením na energetiku, ekonomiku a životní prostředí. 1. vyd. Praha: Porsenna, 2009. 104 s. ISBN 978-80-254-5995-9..
- LAL, R., 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science 304, 1623–1627.
- LARIŠOVÁ, Lucie. Vliv vodní eroze na vybrané fyzikální vlastnosti půdy: Effects of water erosion on selected physical properties of soil : zkrácená verze Ph.D.

Thesis. Brno: [Vysoké učení technické v Brně], 2018. ISBN 978-80-214-5698-3.

- MOSELEY, G. (September 1988). "The nutritional evaluation of Italian ryegrass cultivars fed as silage to sheep and cattle". Grass and Forage Science. United Kingdom: Blackwell Synergy. 43 (3): 291–295.
- MORGAN, R.P.C., 2009. Soil Erosion and Conservation. John Wiley & Sons, 320 pp
- NERUŠIL, Pavel, Alois KOHOUTEK, Věra ODSTRČILOVÁ, Milan VACH, Miloslav JAVŮREK a Zdeněk STRAŠIL. Využití minimalizačních a půdoochranných technologií pro snížení účinků vodní eroze na obdělávaných půdách. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2015. ISBN 978-80-7427-180-9.
- NOVÁČEK, Pavel. Udržitelný rozvoj. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010. 430 s. ISBN 978-80-244-2514-6..
- NOVÁK, Daniel a Jaroslav VRZAL. Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1995. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN isbn80-7105-097-0.
- PROCHÁZKOVÁ, Dana. Principy udržitelného rozvoje. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2012. 141 s. Studijní text. ISBN 978-80-87472-21-7..
- SEJÁK, Josef. Základy udržitelné ekonomie přírodních zdrojů a životního prostředí. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2005. 157 s. Acta Universitatis Purkynianae; 120. Studia oecologica. ISBN 80-7044-758-3
- SKLENIČKA, Petr. Základy krajinného plánování. Vyd. 2. Praha: Naděžda Skleničková, 2003. ISBN 80-903206-1-9.
- ŠARAPATKA, Bořivoj a Jiří URBAN. Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi. Šumperk: PRO-BIO, 2005. ISBN 8090358306.

- TOMÁŠEK, Jan a Herout, M.: Pěstování kukuřice novými technologiemi, Úroda, 11/2013, s. 10
- TŘEBICKÝ, Viktor, LUPAČ, Miroslav a NOVÁK, Josef. Ekologická stopa města: metodika výpočtu. Praha: Týmová iniciativa pro místní udržitelný rozvoj, 2011. 37 s. ISBN 978-80-87549-00-1..
- Udržitelný development a zelené dovednosti švýcarsko-česká spolupráce. sborník příspěvků [CD-ROM]. 1. vyd. Praha: Envi A, 2012..
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537. Washington, DC.: USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office, 1978. 58 s. Dostupné onlinei, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L., Schaepman, M.E., 2008. Global assessment of land degradation and improvement. 1. Identification by Remote Sensing. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), Wageningen, 70 pp.

Zákony a vyhlášky:

Zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství

Vyhláška č. 178/2012 Sb., § 9

Webové zdroje:

https://eagri.cz/public/web/file/293635/MZE_prirucka_ochrany_proti_erozi_zemedelske_pudy_2017.pdf

<https://cmszp.cz/mze/2022/szp-2023-shrnuti/>

<https://www.akcr.cz/txt/podminky-standardu-dobreho-zemedelskeho-a-environmentalniho-stavu-pudy-v-novem-obdobi-szp>

<https://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/dobry-zemedelsky-a-environmentalni-stav>

http://www.cski-cr.cz/wp-content/uploads/2019/06/04_Petr%C5%AF.pdf

10 Seznam obrázků

Obr. č. 1 - Revitalizační projekt u Horního Benešova (foto Jiří Jiroušek, časopis “Věda kolem nás”, Vydání 1., 2021).

Obr. č. 2 Potenciální ohroženost půdy vodní erozí v ČR, (zdroj: VÚMOP, 2023).

Obr. č. 3 – Ukázka stopy vodní eroze na pokusné ploše v Petrovicích, konvenční způsob pěstování kukuřice, (zdroj: vlastní foto, 8/2022, Petrovice).

Obr. č. 4 – Zasadovací pás Hodonínsko, (zdroj: VÚMOP v. v.i).

Obr. č. 5 – Osetí souvratí - Velká Rovná (zdroj: foto Lucie Brázdová).

Obr. č. 6 – Vrstevnicové obdělávání, (Zdroj:foto zveřejněné VÚMOP, v.v.i.).

Obr. č. 7 – Mulč z posklizňových zbytků kukuřice, (Zdroj:foto zveřejněné VÚMOP, v.v.i.).

Obr. č. 8 - Zatravněná dráha soustředěného odtoku (Nenkovice, foto, Zdroj: VÚMOP, v.v.i.).

Obr. č. 9 - Protierozní mez s příkopem (Heroltice u Tišnova, foto VÚMOP, v.v.i.).

Obr.č. 10 – Zájmová lokalita (článek Kalibová at al.1 2022).

Obr. č. 11 – Schéma technologického vybavení pokusné lokality. S1 – konvenční způsob pěstování kukuřice, S2 – půdoochranná technologie – žito a jetel inkarnát, S3 – půdoochranná technologie – meziplodina jílek. (Kalibová at al.2022).

Obr. č.12 – Předseťový kompaktor (zdroj: www.bednar.com).

Obr. č.13 - Pásové zpracování půdy (zdroj: www.pal.cz/zemedelska-technika).

Obr. č.14 Meziplodina Jílek mnohokvětý (vlastní foto 6/2022).

Obr. č.15 Kombinace Jetel inkarnát a žito (vlastní foto 6/2022).

Obr. č.16 - Provizorní stan jako základna na pokusné ploše (vlastní foto 6/2022).

Obr.č. 17 – Vymezení spodní části parcel geotextilií metodou „silt-fence“(Kalibová a kol 2022).

Obr. č. 18 – Práce na vyhloubení sběrných bazénu (vlastní foto, 6/2022).

Obr. č. 19 - Rýhovač Vermeer RTX200 (foto vlastní 6/2022).

Obr. č. 20 - Geotextilie v podélném sklonu cca 1° svede povrchový odtok do nejnižšího místa odtokové parcelky, kde se nachází sedimentační jímka a Parshallův žlab (Kalibová a kol 2022).

Obr. č. 21 - Poničení instalovaných prvků při dokončovacích pracích (vlastní foto 6/2022).

Obr.č. 22 – Ukázka online záznamu dat (Článek Kaliová a kol 2022).

Obr. č. 23 – Parshallův žlab (vlastní foto, 6/2022).

Obr.č.24 - Záznam odtokové odezvy pokusných ploch na dešťovou srážku – výška hladiny povrchového odtoku (Kalibová at al.1 2022).

Obr.č. 25 - Záznam odtokové odezvy pokusných ploch na dešťovou srážku – průtok povrchového odtoku (Kalibová at al. 2022).

11 Seznam tabulek a grafů

Tabulka č. 1 – Erozní ohroženost dle faktoru C (Zdroj:Hůla a kol. 2003).

Tabulka č. 2: Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu GAEC v ČR, VOPRAVIL A KOL., 2010).

Graf č. 1 – Záznam srážkových úhrnů v době měření