

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA HYDROMELIORACÍ A KRAJINNÉHO INŽENÝRSTVÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Identifikace rizik erozního smyvu pro intravilán sídel Olešná a Divišov

Autorka: Martina Mazancová

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Bauer, Ph.D.

Praha, 2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Mazancová</u>	Jméno: <u>Martina</u>	Osobní číslo: <u>495027</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství K143</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor/specializace: <u>Inženýrství životního prostředí</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Identifikace rizik erozního smyvu pro intravilán sídel Olešná a Divišov

Název bakalářské práce anglicky: Identification of erosion risks for the urban area of villages Olešná and Divišov

Pokyny pro vypracování:
Analyzujte vybrané území (v blízkosti sídel Olešná a Divišov, okres Žďár nad Sázavou) z pohledu erozních a transportních procesů na úrovni jednotlivých pozemků. Využijte model WaTEM/SEDEM k identifikaci rizikových lokalit konfliktu transportu sedimentu a intravilánu. Využijte databázi monitoringu erozních událostí k identifikaci zachycených poškození půd a následků pro dotčené subjekty.
Porovnejte modelový a monitorovaný stav, diskutujte tuto problematiku. Pokuste se získat zpětnou vazbu místní samosprávy či dotčených obyvatel na proběhlé události a na celkové vnímání rizik a následků erozního odtoku při extrémních srážkových událostech.

Seznam doporučené literatury:
Bauer M.; Posuzování ohroženosti vodních nádrží sedimentem s využitím modelu WaTEM/SEDEM; ČVUT v Praze, 2018
Janeček M. a kol.; Metodika ochrany zemědělské půdy před erozí; ČZU Praha, 2012
Janeček M. a kol.; Ochrana zemědělské půdy před erozí; ISV Praha, 2002
Klímová H.; Kvantifikace zdrojů erozního sedimentu v povodí Výrovky, ČVUT v Praze, 2022

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Miroslav Bauer, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 2. 3. 2023 Termín odevzdání BP v IS KOS: 22. 5. 2023
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

.....
Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

.....
Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vytvořila samostatně s použitím uvedené literatury a uvedených podkladů. Práce probíhala na legálně pořízeném software v majetku FSV ČVUT v Praze. Zejména se jedná o GIS software ArcGIS Pro, Idrisi, a WaTEM/SEDEM.

Praha, 22. květen 2023

.....
Martina Mazancová

Abstrakt

Téma ohroženosti sídel erozí půdy a transportem sedimentu je relevantní pro současnou společnost, protože tyto procesy mají významný vliv na kvalitu vody, biodiverzitu, kvalitu půd, stabilitu svahů, infrastrukturu a na sídla samotná. Ohroženost sídel vychází především ze zemědělství a z problému otevřené krajiny, odkud se půda může transportovat mezi zástavbu. Tyto dopady se mohou zhoršovat v důsledku změny klimatu, která může zvyšovat riziko eroze půdy. Proto je důležité analyzovat a řešit tuto problematiku přístupem, který bude propojovat vědu s praxí a politikou.

Tato práce se snaží různými přístupy identifikovat rizika ohroženosti erozí půdy a transportem sedimentu pro intravilány sídel Olešná a Divišov. Díky modelu WaTEM/SEDEM bylo zjištěno, že celková ztráta půdy na ploše tří řešených povodí IV. řádu, které jsou v blízkosti těchto dvou sídel, je 17 500 t/rok. Celková suma transportovaného sedimentu je 10 000 t/rok a celkové množství sedimentu, které vstupuje do vodních toků, je 2 700 t/rok.

Díky modelu WaTEM/SEDEM byly vytipovány pozemky a přesná místa, která by potenciálně mohla představovat rizika pro sídla Olešná a Divišov. Tento modelovaný stav byl porovnán s proběhlými událostmi v blízkosti těchto dvou sídel.

Zpětnou vazbou od jedné ze samospráv bylo zjištěno, že erozní problematiku řeší teprve tehdy, když dojde k nějakým problémům. Samospráva uvedla, že sami zemědělci události spíše nehlásí, obávají se zásahu do podnikání skrze opatření k nápravě. Když už dojde na jednání, bývají zemědělci vstřícní a jsou ochotni závadné stavy odstranit.

Abstract

The topic of the vulnerability of settlements to soil erosion and sediment transport is relevant to contemporary society due to its significant impacts on water quality, biodiversity, soil quality, slope stability, infrastructure and settlements themselves. The vulnerability of settlements stems mainly from agriculture and from the problem of open landscapes where soil might be transported between developments. The impact may be exacerbated by climate change, which may increase the risk of soil erosion. It is therefore important to analyse and address this issue through an approach that links science with practice and policy.

This paper attempts to identify the risks of soil erosion and sediment transport for the settlements of Olešná and Divišov through different approaches. Using the WaTEM/SEDEM model, it was found that the total soil loss in the area of the three IV. order watersheds under study, which are close to these two settlements, is 17,500 t/year. The total amount of sediment transported is 10 000 t/year and the total amount of sediment entering the watercourses is 2 700 t/year.

Thanks to the WaTEM/SEDEM model, the land and the exact locations that could potentially pose risks to the settlements of Olešná and Divišov have been identified. This modelled condition was compared with the events that have taken place in the vicinity of these two settlements.

Feedback from one of the municipalities indicated that they only address erosion issues when problems occur. The local government stated that the farmers themselves tend not to report the events, fearing interference in their business through remedial measures may occur. When it comes to negotiations, farmers tend to be accommodating and willing to remedy the defective conditions.

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce Ing. Miroslavu Bauerovi, Ph.D., za pomoc, cenné rady a ochotu při vytváření práce. Děkuji rovněž své rodině za vytrvalou a velkorysou podporu ve studiu. Také bych ráda poděkovala Ing. Janu Devátému, Ph.D., za přípravu datových vstupů do modelu.

Další poděkování také patří projektům *SS03010332 – Modelování významnosti zdrojů znečištění fosforem a návrhy efektivních opatření k naplnění cílů Strategie ke snížení obsahu živin ve vodách v povodí Labe* a *SS05010180 – Aktualizace konceptu přípustné ztráty půdy ze zemědělských pozemků*, v rámci kterých byla tato práce řešena a které poskytly datové zdroje pro práci.

Obsah

1	Cíl práce	9
2	Úvod do eroze půdy a transportu sedimentu	10
2.1	Současný stav eroze půdy v České republice.....	12
2.2	Současný stav transportu sedimentu v České republice.....	13
2.3	Následky eroze a transportu sedimentu.....	13
2.4	Vliv změny klimatu.....	15
2.5	Monitoring eroze zemědělské půdy.....	16
2.6	Eroze zemědělské půdy v legislativě České republiky	18
3	Erozní modely	19
3.1	Empirický přístup pro hodnocení ztráty půdy a transportu splavenin.....	19
3.2	Fyzikální přístup pro hodnocení ztráty půdy a transportu splavenin	19
3.3	Rovnice USLE (Universal Soil Loss Equation).....	20
3.4	Rovnice RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)	22
3.5	Model WaTEM/SEDEM.....	23
4	Charakteristika řešeného území	25
4.1	Popis území	25
4.2	Geomorfologické poměry	26
4.3	Geologické poměry.....	27
4.4	Pedologické poměry	27
4.5	Klimatické poměry	28
4.6	Hydrologické poměry.....	30
4.7	Využití území.....	31
5	Popis analýzy.....	33
5.1	Zaznamenané erozní události.....	33
5.2	Model WaTEM/SEDEM – vstupní vrstvy a parametry modelu.....	38

5.2.1	DEM	39
5.2.2	Landuse	39
5.2.3	R faktor	40
5.2.4	C faktor	40
5.2.5	K faktor.....	40
5.2.6	LS faktor.....	42
5.2.7	Další parametry modelu.....	42
5.3	Výstupy z modelu WaTEM/SEDEM.....	43
5.4	Náchylnost pozemků k erozním a transportním procesům	44
5.5	Identifikace dalších konfliktních míst pro intravilán sídel	53
6	Porovnání modelovaného a monitorovaného stavu	59
7	Zpětná vazba místní samosprávy	62
8	Diskuze a závěr	64
	Seznam obrázků	67
	Seznam tabulek	68
	Zdroje	69

1 Cíl práce

Práce si klade za cíl identifikovat rizika erozního smyvu pro intravilán sídel Olešná a Divišov v okrese Žďár nad Sázavou, analyzovat toto území z pohledu erozních a transportních procesů na úrovni jednotlivých pozemků. Pro určení rizikových lokalit konfliktu transportu sedimentu a intravilánu bude použit model WaTEM/SEDEM. Pro vyhodnocení a vyobrazení datových výstupů z tohoto modelu bude použit software ArcGIS Pro.

Pro stanovení zaznamenaných poškození půd a následků pro dotčené subjekty bude využita databáze monitoringu erozních událostí. Dále bude tento monitorovaný stav porovnáván s modelovaným stavem a budou hledány souvislosti mezi nimi.

2 Úvod do eroze půdy a transportu sedimentu

Nejistoty plynoucí z budoucího vývoje klimatu představují z dlouhodobého pohledu významný rizikový faktor, který může nepříznivě ovlivňovat rozvoj sídel a narušovat funkce místní infrastruktury. Jedním z rizik spojených se změnou klimatu může být zvýšená četnost a extremita přívalových srážek. Ty mohou v řadě oblastí České republiky zvýšit ohrožení již dnes erozně náchylných pozemků a v řadě oblastí se mohou v důsledku toho objevit nová rizika. Vzhledem k výrazně častějšímu výskytu extrémních situací v posledních dvou desetiletích je tato hrozba reálná a bylo by vhodné se na tyto možné nové situace připravit (VÚV TGM A ČVUT V PRAZE, 2015). Na území České republiky je ohroženo vodní erozí nejméně 50 % zemědělské půdy (VÚMOP, 2023).

Vodní eroze je jedním z nejrozšířenějších procesů poškozujících a znehodnocujících zemědělskou půdu nejen v České republice. Dle analýz z roku 2017 dochází následkem erozních událostí ke škodám i na silnicích (více jak 40 % případů), stavbách (více jak 30 % případů) a na vodních útvarech (více jak 17 % případů) (MZE a kol., 2017).

Erozní smyv a transport splavenin po přívalových srážkách jsou celosvětovým problémem, který představuje rizikový faktor ohrožující obyvatelstvo, sídelní infrastrukturu, ale i zdroje povrchové vody a zhoršuje kvalitu orné půdy (JÁCHYMOVÁ a kol., 2017). Množství přívalových srážek se změnou klimatu roste a v budoucnu mohou rizika spojená s těmito extrémními jevy ohrožovat významné části území ČR (VÚV TGM a ČVUT v Praze, 2015).

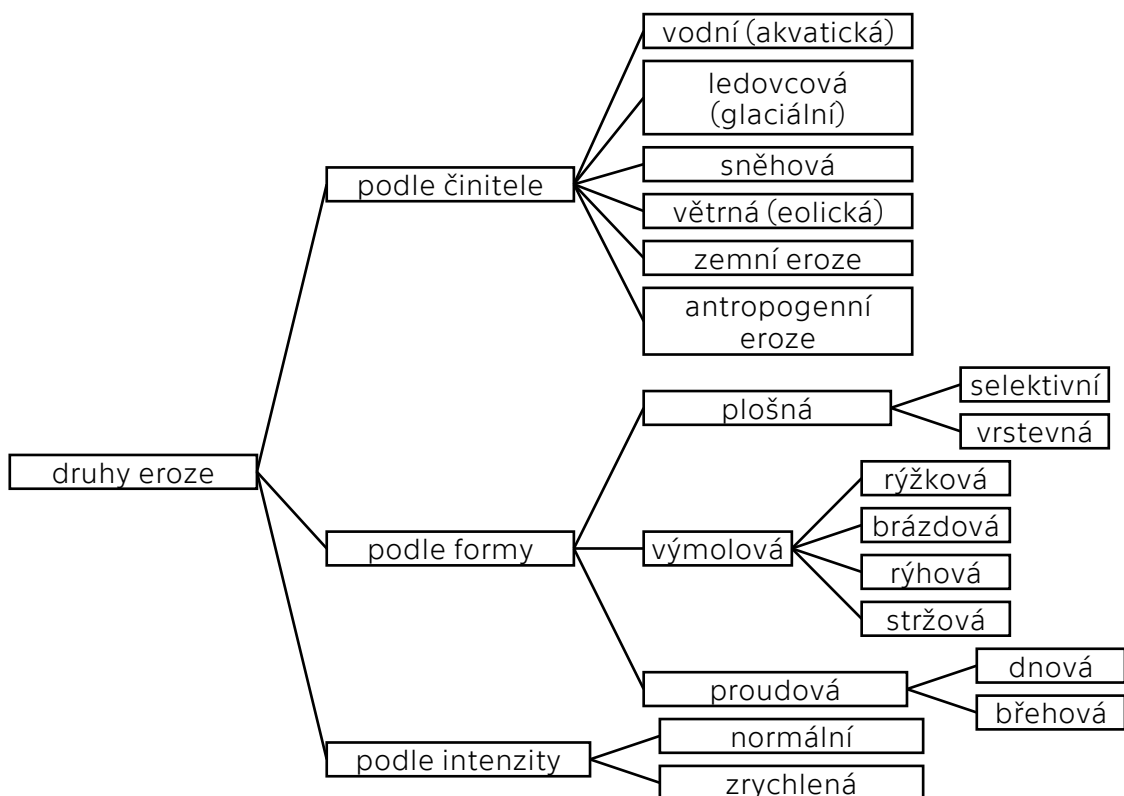
Riziko vzniku intenzivního erozního odtoku je ovlivněno řadou faktorů. Hlavní z nich jsou zahrnuty v empirické metodě výpočtu erozního smyvu – Univerzální rovnicí ztráty půdy, která je rovněž základem erozního modelu WaTEM/SEDEM (JÁCHYMOVÁ a kol., 2017).

Význam slova eroze pochází z latinského „erodere“, což znamená rozhlodávat. Eroze je přírodní proces působící na zemský povrch a působením vody, ledu, sněhu, větru a dalších činitelů dochází k jeho rozrušování a následnému transportu částic uvolněných z půdy. Tato eroze bývá označována jako eroze normální nebo přírodní. Tímto procesem je tvořen zemský reliéf a odnesené půdní částice jsou doplňovány půdotvorným procesem. 2–3cm vrstva půdy vzniká v rozsahu 100 až 1000 let podle místních podmínek (MZE, 2023).

Půdní eroze způsobená činností vody, větru a ledovců je třífázový proces. První fází je uvolňování částic z půdní hmoty, druhou je jejich transport uvedenými činiteli. Třetí fází je ukládání materiálu, k němuž dochází tehdy, není-li k dispozici dostatek energie, jež by částice dále transportovala (HOLÝ, 1994).

Přežití a prosperita všech suchozemských biologických společenstev, přirozených i umělých, závisí na tenké vrchní vrstvě Země. Půda je proto bezesporu nejcennější přírodní bohatství. Je přirozenou součástí národního bohatství každého státu. Půdu je proto nutné chránit nejen pro současnou dobu, ale se značným výhledem do budoucna (MŽP, 2015).

Eroze se dá rozdělit na několik druhů, podle různých hledisek (obr. 1). V České republice na zemědělské půdě způsobuje největší škody především eroze vodní a větrná.



Obrázek 1: druhy eroze (HOLÝ, 1994)

Jak již bylo zmíněno, v České republice je vodní erozí ohroženo přibližně 50 % zemědělské půdy. Proto bude dále popisován tento druh eroze.

Jedním z možných a v současnosti nejznámějším a nejpoužívanějším způsobem vyhodnocení ztráty půdy vodní erozí je maximální přípustná (tolerovaná) ztráta půdy, v ČR označována jako G_p .

Ztrátu půdy nelze ztotožnit s transportem sedimentu. Sediment představuje erodované půdní částice, které byly transportovány do místa v povodí ležícího v určité vzdálenosti od zdrojového místa jejich uvolnění. Množství sedimentu v daném místě je dáno erozí ze zdrojových ploch k danému místu po odečtení množství, které se v území usadilo (JANEČEK a kol., 2005).

V současné době se přípustná ztráta půdy stanovuje výhradně za účelem zachování produkční schopnosti zemědělských půd a další hlediska, jako jsou kvalita vody, ochrana intravilánu a infrastruktury, škody na přírodních složkách krajiny apod., jsou značně opomíjeny. (VÚMOP, 2022)

Dle vyhlášky č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí je přípustná míra erozní ohroženosti v současné době stanovena na $9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ pro hluboké a středně hluboké půdy (hloubka 30 cm a více) a $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ pro mělké půdy (hloubka do 30 cm).

Podle Janečka (2012) by se pozemky s mělkými půdami neměly využívat pro zemědělství a měly by být převedeny do kategorie trvalý travní porost nebo být zalesněny. A pro pozemky se středně hlubokými a hlubokými půdami doporučuje aplikovat hodnotu přípustné ztráty půdy ve výši $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

2.1 Současný stav eroze půdy v České republice

V podmínkách České republiky je vodní eroze nejzávažnějším druhem degradace půdy. Vodní eroze ohrožuje více než 50 % výměry orné půdy v rámci ČR. Větrná eroze představuje ohrožení zhruba pro 10 % orné půdy. Na převážné ploše erozí ohrožených půd však není prováděna žádná systematická ochrana zabraňující dalším ztrátám. V současné době je maximální ztráta půdy v ČR vyčíslena na přibližně 21 mil. tun ornice za rok (MZE, 2023).

Eroze půdy byla v České republice ovlivněna především kolektivizací zemědělství v 50. letech. Následkem bylo zvětšení obdělávaných ploch na úkor mezí, remízů, zatravněných údolnic, alejí a luk. Začala se využívat i produkčně nevhodná půda. Malá políčka se začala scelovat do větších celků, které byly lépe přístupné pro mechanizaci.

Transformace zemědělství probíhající od 90. let situaci nezlepšila. Důvodem je to, že stav, kdy se jednotliví zemědělci starali o vlastní pozemky, se nikdy neobnovil; nedošlo k rozdělení velkých půdních celků. Díly půdních bloků v České republice jsou největší v Evropě. Současně máme nejmenší vlastnické pozemky na osobu, což je dáno zastavením trhu se zemědělskou půdou kolem roku 1950. Většina zemědělských subjektů hospodaří na pronajatých pozemcích, a to dále snižuje zájem o investice do náročnějších protierozních opatření zejména technického charakteru, ale mnohdy i o správnou péči o půdu jako takovou (NOVOTNÝ a kol., 2017).

2.2 Současný stav transportu sedimentu v České republice

Transport sedimentu je významným důsledkem zrychlených erozních procesů v krajině. Následkem tohoto procesu může docházet ke snižování zásobního objemu nádrží, snižování kapacity vodního toku, eutrofizaci a obecně ke zhoršení kvality vod. Celkové zanášení nádrží vlivem eroze je v České republice zásadní.

Z výsledků studie zabývající se zdrojem sedimentu a fosforu z eroze, která byla prováděna pomocí modelu WaTEM/SEDEM (KRÁSA a kol., 2019) vyplývá, že depozice v krajině je 5,1× vyšší než depozice ve vodních nádržích v rámci studované oblasti. Tato studie obsahuje výsledky analýzy pro povodí 58 vodních nádrží, které jsou ohroženy eutrofizací. Tento rozsah představuje přibližně 35 % z celého území ČR. Celkový vstup sedimentů do říčního systému v řešené oblasti představuje přibližně 15 % z celkové ztráty půdy. Průměrný roční transport sedimentů všemi vodními toky je přibližně 566 000 t · rok⁻¹. Náklady na odtěžení by činily přibližně 300 milionů Kč za rok.

2.3 Následky eroze a transportu sedimentu

Negativní dopady lze rozdělit na dvě skupiny, a to na dopady, které jsou patrné přímo na pozemku, kde eroze vznikla, a na dopady, které jsou způsobeny transportem sedimentu do vzdálenějších míst.

Následky, které se projevují přímo na zasažených pozemcích, jsou ztráta úrodnosti a tím tedy snížení zemědělské produkce. Eroze má vliv celkově na vlastnosti půd. Snižuje obsah organické hmoty, humusu a minerálních živin v půdě, obnažuje podorniční vrstvu, která je přirozeně méně úrodná. Dále dochází k přímému poškozování pěstovaných rostlin a ztrátám osiv, sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. Na silně erodovaných půdách dochází ke snížení hektarových výnosů až o 75 % (MZE, 2023) (obr. 2 a 3).



Obrázek 2: eroze na orné půdě, erozní událost V Šáší 2019 (MONITORING EROZE, 2023)



Obrázek 3: erozní rýha, erozní událost Na Lánech 2019 (MONITORING EROZE, 2023)

Vodou transportované půdní částice a na nich vázané látky (hnojiva, pesticidy apod.) zanášejí vodní toky a akumulační prostory vodních nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují podmínky pro vodní organismy a zvyšují náklady na úpravu vod a čištění vodních toků a nádrží od sedimentů. V extrémnějším případě může dojít k poškození infrastruktury a majetku (silnice, mosty, intravilán sídel apod.) (obr. 4 až 9).



Obrázek 4: zanesená kolej sedimentem, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Perštejnem



Obrázek 5: zakalení povrchových vod, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Perštejnem



Obrázek 6: poničená dešťová kanalizace, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Pernštejnem



Obrázek 7: zanesený dvůr sedimentem, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Pernštejnem



Obrázek 8: erozní odtok způsobený erozní srážkou, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Pernštejnem



Obrázek 9: škoda na majetku, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Pernštejnem

2.4 Vliv změny klimatu

Lze očekávat, že klimatické změny se projeví zvýšením extrémních projevů počasí, tedy i srážkových úhrnů. Je pravděpodobné, že výskyt erozně nebezpečných dešťů se bude zvyšovat. Je možné očekávat změny nejen v četnosti, ale též změny v sezónnosti jejich výskytu v jednotlivých měsících, vydatnosti, intenzitě a době trvání.

Z hlediska ohrožení půd vodní erozí by mohla být naopak příznivá nižší intenzita sněhových srážek. Rychlé tání sněhu v předjarním období má totiž na erozní procesy značný vliv. Kromě změny intenzity a množství srážek mohou mít klimatické změny vliv i na jednotlivé faktory, které erozi ovlivňují např. vliv na vegetační kryt (MZE, 2023).

Na území České republiky lze očekávat, že se změna klimatu projeví několika způsoby. Za nejdůležitější jsou považovány: dlouhodobé sucho, povodně a přívalové deště,

zvyšování teplot, extrémní meteorologické jevy a přírodní požáry (PONDĚLÍČEK a ŠILHÁNKOVÁ, 2016).

V příložené tabulce (tab. 1) jsou znázorněny průměrné měsíční a roční srážkové úhrny v mm pro období 1961 až 1990 a 1991 až 2020. Z těchto hodnot byla vypočítaná změna vzhledem k období 1961 až 1990. Z těchto hodnot je patrné, že celkový roční průměr se změnil přibližně o 2 %. Především se pak změnilo rozložení srážek v čase. Došlo ke zmenšení úhrnů srážek v únoru, dubnu, květnu, červnu, listopadu a prosinci. Naopak ke zvětšení došlo v lednu, březnu, červenci, září a říjnu. Pro měsíc srpen zůstávají průměry úhrnů stejné.

Tabulka 1: průměrné měsíční a roční územní srážkové úhrny [mm] v obdobích 1961–1990 a 1991–2020, zdroj dat ČHMÚ

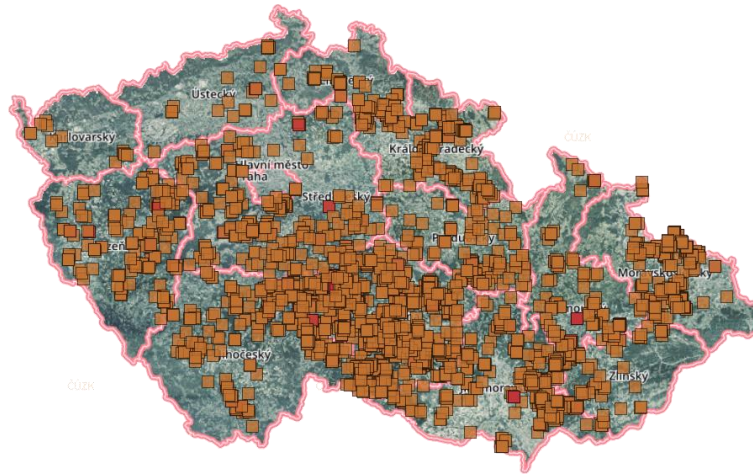
období	měsíc												rok
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
1961-1990	42	38	40	47	74	84	79	78	52	42	49	48	674
1991-2020	44	37	46	39	70	82	89	78	60	49	45	46	684
změna [%]	105	97	115	83	95	98	113	100	115	117	92	96	102

V současné době je maximální ztráta půdy v ČR vyčíslena na přibližně 21 mil. tun ornice za rok, což představuje ztrátu minimálně 4.3 mld. Kč ročně. Jedná se pouze o vyjádření finanční škody na základě ceny zeminy. V případě započítání škod způsobených i na majetku jsou škody odhadovány až na úrovni 10 mld. Kč ročně. Celkově je možné podle uvažovaných klimatických scénářů odhadovat, že erozní škody budou v roce 2030 až dvojnásobné ve srovnání se současným stavem (MZE, 2023).

2.5 Monitoring eroze zemědělské půdy

Monitoring eroze zemědělské půdy je nástrojem pro celorepublikový sběr dat o erozních událostech a hodnocení účinnosti protierozních opatření definovaných v platných právních normách. Tento nástroj je veřejně dostupný na stránkách <https://me.vumop.cz/>. V rámci Monitoringu se zajišťují a vyhodnocují informace o proběhlých erozních událostech, které po vyhodnocení poskytují Ministerstvu zemědělství zpětnou vazbu o účinnosti přijatých opatření. Výstupy Monitoringu tak slouží pro definici nutných úprav opatření pro zmírnění negativních účinků erozních událostí na úrovni jednotlivých událostí i na národní úrovni (VÚMOP, 2018).

Pomocí Monitoringu eroze bylo zaznamenáno již bezmála 2 600 erozních událostí, z toho 260 jen v loňském roce. Znázornění zaznamenaných erozních událostí je na přiložené mapě (obr. 10).



Obrázek 10: monitorová erozní události, stav k 5. 5. 2023 (VÚMOP, 2018)

Nahlášené erozní události jsou pomocí informačního systému LPIS automaticky předávány majitelům postižených pozemků. Čeští zemědělci tak mají přehled o tom, že na pozemcích, které užívají, vznikla eroze. Od roku 2019 Státní pozemkový úřad ve spolupráci s Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy předává tyto informace i zástupcům samospráv, v jejichž katastrálním obvodu byla erozní událost zaznamenána. Tímto krokem došlo k posílení informovanosti obcí. Je důležité, aby jejich zástupci věděli, jaké pozemky jsou v daném katastru případně postiženy erozí a např. i na jaké ploše. Pro obec to může znamenat určité nebezpečí, na které takto může reagovat (VRBA, 2019).

Ohlášení erozní události může provést kdokoli. V případě zjištění erozní události je třeba se obrátit na místně příslušnou pobočku Státního pozemkového úřadu (SPÚ). Pověřený pracovník SPÚ následně provede terénní průzkum a zjištěné informace zanese do databáze Monitoringu eroze zemědělské půdy (MZE a kol., 2017).

Pomocí rovnice USLE jsou určovány hodnoty průměrné roční ztráty půdy na pozemku. Není schopna postihnout jednu srážkovou epizodu. V Monitoringu eroze jsou zaznamenávány události, které na pozemku skutečně proběhly. Většinou se jedná o následky způsobené přívalovým deštěm, nebo aktuálními podmínkami na pozemku (způsob obdělávání, plodina, fenofáze rostlin apod.)

2.6 Eroze zemědělské půdy v legislativě České republiky

Přípustná míra erozního ohrožení je v České republice upravena v legislativních předpisech, které řeší odpovědnost uživatelů a vlastníků půdy, ale i podmínky pro vyplácení dotací.

Legislativní rámec, který řeší problematiku erozního ohrožení v České republice je Vyhláška č. 240/2021 Sb., o ochraně zemědělské půdy před erozí, která je účinná od 1. 7. 2021. Tato vyhláška stanovuje způsob hodnocení erozního ohrožení zemědělské půdy vodní erozí, přípustnou míru erozního ohrožení a opatření k jeho snížení. Protierozní vyhláška je prováděcím předpisem pro Zákon o ochraně zemědělského půdního fondu (č. 334/1992 Sb.), který řeší i sankce v případě poškození zemědělského půdního fondu. Přípustná míra erozního ohrožení vodní erozí je zde stanovena pro půdy hluboké (více než 60 cm) a středně hluboké (30–60 cm) na $9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a pro půdy mělké (méně než 30 cm) na $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Od roku 2010 jsou v ČR využívány Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) zajišťující zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí. Hospodaření v souladu se standardy DZES je jednou z podmínek poskytnutí některých dotací. V rámci DZES 5, je platná hodnota přípustné ztráty půdy pro půdy mělké (do 30 cm) $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, pro půdy středně hluboké (30–60 cm) a hluboké (více než 60 cm) $17 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Dalším podkladem pro řešení přípustné ztráty je certifikovaná a aktuálně platná metodika Ochrana zemědělské půdy před erozí (JANEČEK a kol., 2012), ve které je limit dlouhodobé ztráty půdy stanoven především z hlediska dlouhodobého zachování funkcí půdy a její úrodnosti, a je definován pro půdy středně hluboké (30–60 cm) i hluboké (nad 60 cm) ve výši $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Pozemky s mělkými půdami s hloubkou do 30 cm by dle této metodiky neměly být využívány pro zemědělskou výrobu a doporučuje se jejich převedení do kategorie trvalých travních porostů.

3 Erozní modely

Při vyhodnocování přírodních rizik získává stále větší využití matematické modelování, které využívá prostředí geografických informačních systémů (GIS). Výjimku nepředstavuje ani oblast hodnocení erozních procesů. Pro odhad erozního zatížení území a transportu splavenin z povodí existuje v současné době velké množství přístupů. Výpočetní metody a modely lze rozdělit podle různých kritérií (koncepte výpočtu, velikost zájmového území, časové měřítko). Podle koncepte výpočtu je modely možné rozdělit na empirické a fyzikálně založené (KLIMENT a LANGHAMMER, 2005).

3.1 Empirický přístup pro hodnocení ztráty půdy a transportu splavenin

Empirické modely vycházejí z analýz dlouhodobých terénních experimentů a z nich pozorovaných či měřených událostí s následným statistickým vyhodnocením získaných dat. Empirický přístup řeší problematiku v dlouhodobém časovém horizontu, nehodnotí jednotlivé události (KRÁSA, 2010). Metody nejsou založeny na základních fyzikálních principech, ale popisují proces pomocí různých faktorů postihujících co možná nejvíce podmínky (BAUER, 2018).

Metody empirické jsou používány kvůli jejich jednoduché struktuře a snadnosti použití. Často jsou nenáročná na vstupní data. Nejrozšířenější empirický erozní model je rovnice USLE (Universal Soil Loss Equation) a její modifikace např. RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). Z této rovnice vychází i model WaTEM/SEDEM, který byl využit v této práci a je podrobněji popsán níže.

3.2 Fyzikální přístup pro hodnocení ztráty půdy a transportu splavenin

Podstatou fyzikálně založených přístupů je matematické vyjádření probíhajících skutečných fyzikálních procesů (KLIMENT a LANGHAMMER, 2005). Tyto modely se snaží zahrnout fyzikální zákonitosti vzniku a vytváření povrchového odtoku a procesy uvolňování, transportu a ukládání půdních částic. To umožňuje jejich univerzálnější použití a spolehlivější extrapolaci výsledků v různých podmínkách. Velkou předností těchto modelů je možnost rychlého a poměrně levného vyšetření výsledků simulace pro velký počet scénářů.

Tyto modely bývají podstatně náročnější jak na vstupní data, tak na výpočetní techniku a v neposlední řadě i na kvalifikaci uživatele. Aplikovatelnost těchto metod pro rozsáhlá území je velmi náročná, často kvůli nárokům na data nemožná (BAUER, 2018). Příkladem jsou modely SMODERP, EROSION 2D/3D, EUROSEM, WEPP aj.

3.3 Rovnice USLE (Universal Soil Loss Equation)

USLE je erozní model určený k předpovědi dlouhodobých průměrných ztrát půdy z pozemků způsobenou vodní erozí (WISCHMEIER a SMITH, 1978). Rovnici nelze použít pro kratší než roční období ani pro zjištění ztráty půdy erozí způsobené jednotlivými dešti nebo odtokem z tajícího sněhu (JANEČEK a kol., 2005).

Název "univerzální" znamená, že při stanovení hodnot jednotlivých faktorů se podařilo analýzou a vyhodnocením všech datových souborů překonat regionální omezenost dříve odvozených vztahů. To umožňuje aplikaci rovnice v různých podmínkách. V 70. letech byla rovnice verifikována pro podmínky ČR.

USLE vychází z principu tzv. přípustné ztráty půdy na tzv. jednotkovém pozemku, jehož parametry byly jasně definovány a odvozeny z rozměrů standardních výzkumných odtokových ploch s délkou 76,2 ft (22,13 m), sklonem 9 % a jejichž povrch je mechanicky kultivován ve směru sklonu svahu jako úhor po dobu minimálně dvou let (JANEČEK a kol., 2005).

Rovnice má tvar (JANEČEK a kol., 2012):

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

kde: **G** je průměrná dlouhodobá ztráta půdy [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$],

R faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů [$MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$],

K faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu [$t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$],

L faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí [-],

S faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí [-],

C faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice [-],

P faktor účinnosti protierozních opatření [-].

R faktor

Erozivita neboli erozní účinnost dešťových srážek je popisována R faktorem v $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$. Vyjadřuje se v závislosti na četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energii deště (JANEČEK a kol., 2005).

Faktor erozní účinnosti dešťů definovali Wischmeier a Smith (1958) vztahem:

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

kde: **R** je faktor erozní účinnosti deště [$\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$],

E je celková kinetická energie deště [$\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$],

i_{30} je maximální 30minutová intenzita deště [$\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$].

K faktor

K faktor popisuje vlastnosti půdy ovlivňující její infiltrační schopnost a odolnost povrchu půdy proti účinkům dopadajících kapek a povrchovému odtoku. Je uváděn v jednotkách $\text{t} \cdot \text{h} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Tento faktor se dá určit odvozeným vztahem, z nomogramu dle Wischmeiera, Jonsona, Crosse (1978) nebo k přibližnému určení lze použít BPEJ (bonitované půdně ekologické jednotky) mapy a hodnoty K faktoru určit podle tabulky od Janečka (2012).

L a S faktor

Tyto dva faktory bývají často spojovány, protože oba popisují morfologické poměry, charakterizují vliv sklonu (S faktor) a délky svahu (L faktor). Oba faktory jsou bezrozměrné.

Hodnotu LS faktoru pro přímé svahy lze určit přímým výpočtem, případně zvlášť výpočtem pro L faktor a zvlášť pro S faktor dle Janečka (2005). Protože přírodní svahy jsou zpravidla nepravidelné byly Castrem a Zobeckem (1986) sestaveny tabulky s opravnými součiniteli pro konkávní, kombinované a konvexní svahy. Dále lze hodnoty faktorů L a S získat z nomogramů dle Janečka (2005).

C faktor

Ochranný vliv vegetace popisuje C faktor, který je bezrozměrný. Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje přímou ochranou povrchu půdy před působením dopadajících dešťových kapek a zpomalování odtoku povrchového odtoku a nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména pórovitost a propustnost. Ochranný vliv je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době nejčastějšího výskytu extrémních dešťů.

Hodnotu C faktoru je nutné stanovit na základě hodnot v jednotlivých pěstebních obdobích pro příslušnou plodinu. Tyto hodnoty se mění i s ohledem na klimatické období. Pro určení dlouhodobé erozní ohroženosti je nutno určit C faktor pro celý osevní postup (JANEČEK a kol., 2005).

P faktor

Tento faktor popisuje vliv účinnosti protierozních opatření a je bezrozměrný. Podle druhu aplikovaných opatření může nabývat hodnot blížících se 0 až po 1. Hodnota 1 znamená, že na pozemku nejsou protierozní opatření. Nejnižších hodnot P faktoru dosahuje terasování (0.05 až 0.20) (JANEČEK a kol., 2005).

3.4 Rovnice RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)

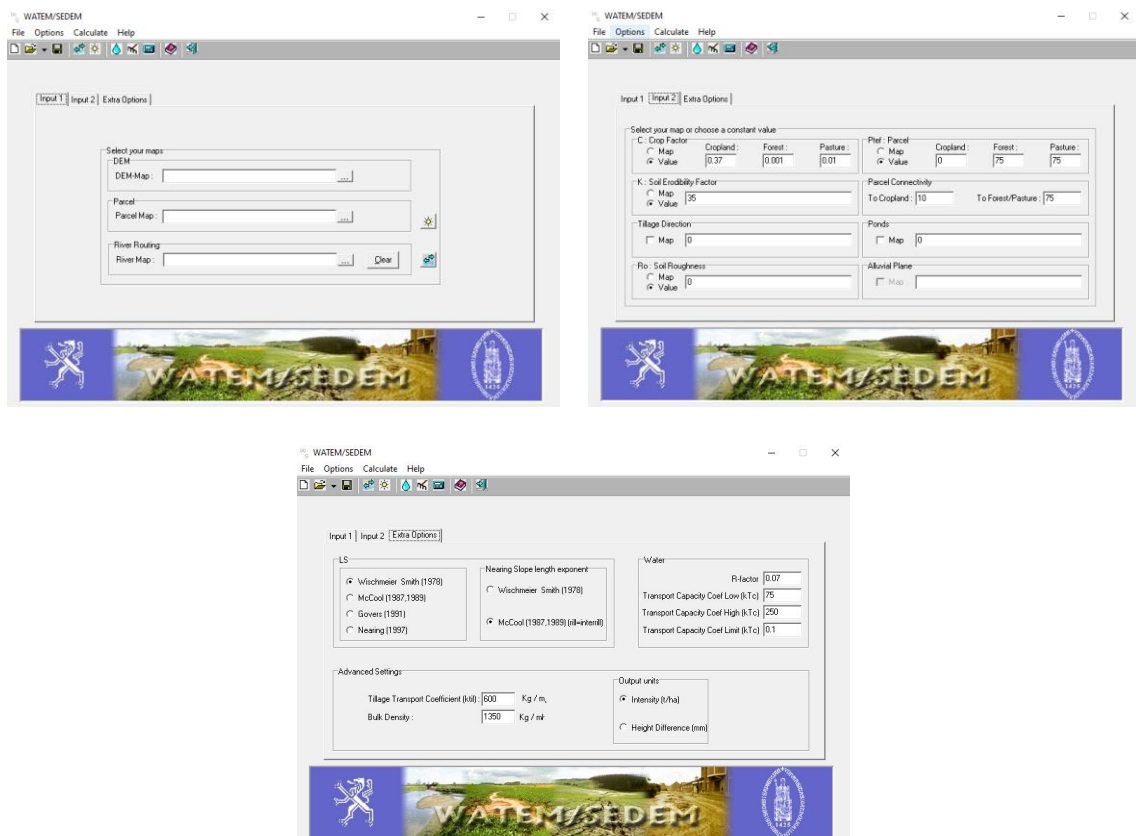
Na rozdíl od USLE vyžaduje RUSLE větší množství vstupních dat, což na jedné straně umožňuje přesnější popsání zájmové lokality a vede k přesnějším výsledkům, na druhé však přináší problémy s možnostmi jejich získání.

RUSLE lze použít i pro území s nezemědělským využitím, např. na staveništích. Pro výpočet je používán program, který k výpočtu využívá tzv. databáze (datové soubory), které obsahují informace o klimatických podmínkách, vegetaci a agrotechnických operacích. Tyto databáze byly vytvořeny především pro území států USA.

Rozdílem od USLE je změna ve způsobu stanovování jednotlivých erozních faktorů. Pro R faktor je to zpřesnění časového průběhu hodnot v 15denním intervalu. Dále také určení časového průběhu hodnoty K faktoru v důsledku zhutňování povrchu půdy a rozpadu půdních agregátů. Pro L a S faktor byly zavedeny nové vztahy a C faktor byl zpřesněn podle růstu plodin v určitém intervalu (JANEČEK a kol., 2005).

3.5 Model WaTEM/SEDEM

Simulační model WaTEM/SEDEM (VAN OOST a kol., 2000) (obr. 11) je založen na rovnici RUSLE (RENARD a kol., 1997). Jedná se o prostorově distribuovaný empirický model, který byl vyvinut na výzkumném pracovišti zabývajícím se problematikou erozních a transportních procesů - K. U. Leuven v Belgii (VAN OOST a kol., 2000; VAN ROMPAEY a kol., 2001; VERSTRAETEN a kol., 2002). Model stanovuje průměrnou ztrátu půdy v modelovaném území pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy USLE - (WISCHMEIER a SMITH, 1978) s aplikací novějších postupů pro výpočet L, S a R faktoru dle Revidované univerzální rovnice ztráty půdy RUSLE (RENARD a kol., 1997). WaTEM/SEDEM je nadstavbou GIS softwaru IDRISI a pracuje proto s formátem dat *.rst.



Obrázek 11: vstupní dialogová okna modelu

Model využívá tzv. Multiple Flow algoritmus dělení odtoku. Z každého pixelu povodí jsou stanoveny vycházející odtokové dráhy. Ty jsou dány morfologií terénu, přičemž jsou uvažovány hranice pozemků, změny kultur a rozdílné odtokové poměry území, směr orby a cestní síť. Těmito odtokovými drahami je pak erodovaná půda distribuována, dokud nedosáhne nejbližšího vodního toku. Zároveň její odpovídající část sedimentuje již v rámci povodí, což je zajištěno pomocí stanovení tzv. transportní kapacity (T_c) jednotlivých pixelů (PLOCEK, 2005).

Transportní kapacita jednotlivých je přímo závislá na náchylnosti k rýhové erozi (VAN ROMPAEY a kol., 2001)

$$T_c = K_{TC} \cdot E_{prill}$$

kde: T_c transportní kapacita [$t \cdot ha^{-1} \cdot m^{-1}$]
 K_{TC} koeficient transportní kapacity [m]
 E_{prill} potenciál vzniku rýhové eroze [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$]

V samotném základu model neuvažuje jakoukoliv sedimentaci v říční síti a sediment vstupující do vodního toku je načítán postupně až do uzávěrového profilu.

Model díky distributivnímu přístupu velmi dobře postihuje prostorové nehomogenity území. Je možné ho využít pro širokou škálu úkolů jako: stanovení ztráty půdy, detekce lokalit ohrožených přísunem sedimentu, nalezení míst extrémních depozic materiálu, simulace různých scénářů hospodaření v krajině a jejich vlivu na ztrátu půdy, ale také na zanášení vodních nádrží (BAUER, 2018).

Jeden z nejvíce používaných modelů pro transport sedimentu v ČR je právě model WaTEM/SEDEM. Model je vhodný pro celostátní i regionální analýzy erozních procesů a jejich dopadů. Jako příklad může být studie *Vyhodnocení zanášení Dobroměřického rybníka sedimenty* (KRÁSA a kol., 2020) nebo studie *Soil erosion as a source of sediment and phosphorus in rivers and reservoirs – Watershed analyses using WaTEM/SEDEM* (KRÁSA a kol., 2019), která je jedna z největších pro území ČR.

4 Charakteristika řešeného území

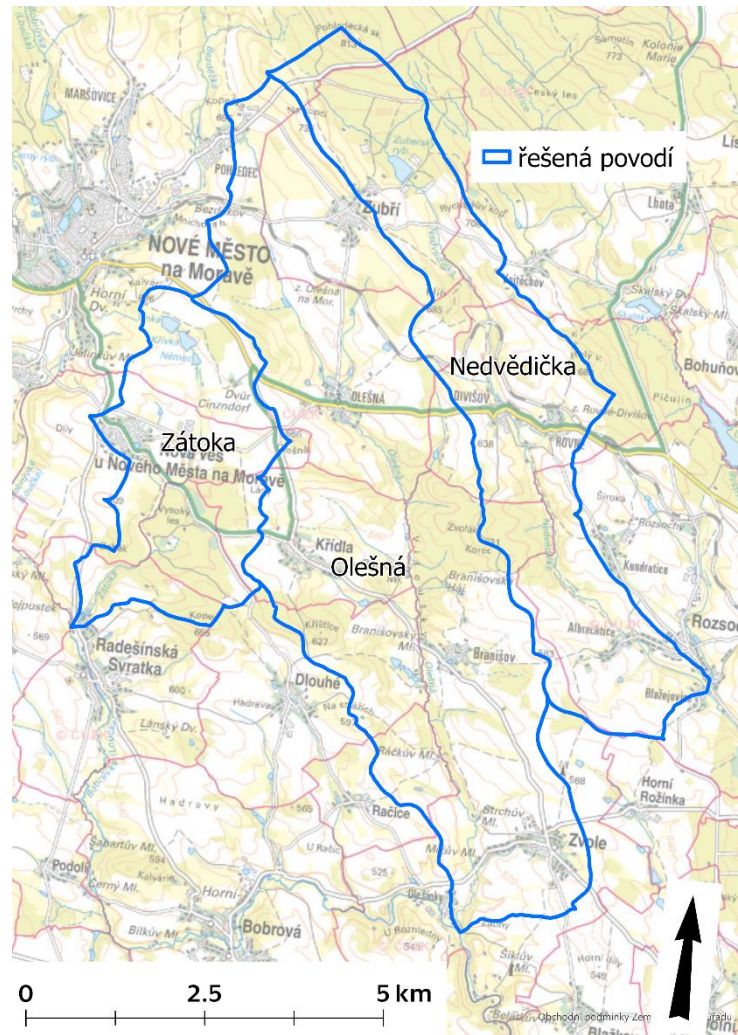
Nejdříve byly vytipovány lokality dle Monitoringu eroze zemědělské půdy a poté bylo pro řešení vybráno území v kraji Vysočina, přesněji se jedná o tři povodí IV. řádu v okrese Žďár nad Sázavou mezi městy Nové Město na Moravě a Bystřice nad Pernštejnem. Část řešené lokality spadá do CHKO Žďárské vrchy (obr.12).



Obrázek 12: řešené území na základní mapě ČR (upraveno ČÚZK, 2022)

4.1 Popis území

Řešeným územím jsou povodí Zátoka (4-15-01-0810-0-00), Olešná (4-15-01-0890-0-00) a Nedvědička (4-15-01-0600-0-00). Povodí jsou vyobrazena na přiloženém obrázku (obr. 13) a popsána v tabulce 2. Řešení bylo podrobněji zaměřeno především na dvě sídla a jejich blízké okolí, a to na sídlo Olešná, které spadá pod správu Nového Města na Moravě a Divišov, což je část obce Bystřice nad Perštejnem. Katastrální území Olešné má rozlohu 7.52 km² a počet obyvatel v roce 2021 zde byl 241. Katastrální území Divišov má rozlohu 2.47 km² a počet obyvatel v roce 2021 byl 62. Celková plocha řešeného území je tedy 53.72 km².



Obrázek 13: hranice řešených povodí IV. řádu

Tabulka 2: řešená povodí IV. řádu

název povodí IV. řádu	identifikátor	plocha povodí [km ²]
Zátoka	4-15-01-0810-0-00	8.83
Olešná	4-15-01-0890-0-00	28.97
Nedvědička	4-15-01-0600-0-00	15.92

4.2 Geomorfologické poměry

Nejvyšší bod řešeného území se nachází v severním cípu a dosahuje výšky 810 m n. m., naopak nejnižší bod je ve výšce 470 m n. m. Průměrná výška na celém řešeném území je 602 m n. m. Výškový gradient je 340 m.

Průměrný sklon je 8.64 %, což je srovnatelná hodnota s průměrnou sklonitostí celého okresu Žďár nad Sázavou, která je 7.47 %. Tato hodnota se významně neodlišuje ani od celorepublikového průměru, který je 7.89 %. Začlenění řešeného území do geomorfologických jednotek je uvedeno v tabulce 3.

Tabulka 3: začlenění území do geomorfologických jednotek (ČÚZK, 1998)

systém	Hercynský systém
provincie	Česká vysočina
soustava	Česko-moravská soustava
podstava	Českomoravská vrchovina
celek	Křižanovská vrchovina, Hornosvratecká vrchovina
podcelek	Bítešská vrchovina, Žďárské vrchy
okrsek	Novoměstská pahorkatina, Pohledská vrchovina

4.3 Geologické poměry

Z geologického hlediska se jedná o oblast Českého masivu. Podloží řešeného území je tvořeno převážně metamorfity a v oblastech vodních toků se vyskytují sedimenty. Z hornin se zde nachází nejvíce rula, migmatit, pararula a amfibolit. A v případě vodních toků se jedná o nivní sediment. Tyto informace byly čerpány z Geovědní mapy 1:50 000 (ČGS, 2023).

4.4 Pedologické poměry

V korytech vodních toků se vyskytují gleje a fluvizemě. Pseudogleje se nachází v pramenních oblastech a v blízkosti vodních toků. Dále většinu území pokrývá kambizem, a to kambizem mesobazická a kambizem dystriická. V malých plochách se zde vyskytuje i stagnoglej modální. Tyto informace byly čerpány z Půdní mapy 1:50 000 (ČGS, 2023).

Glejové půdy jsou běžné pro celé území České republiky, a to především pro nivy vodních toků a zamokřená území pahorkatin a vrchovin. Nad zajíleným glejovým horizontem, jenž je nepřetržitě ovlivňován velkým množstvím podzemních vod, se nachází mělký humusový horizont, který může být zrašeliněný. Gleje jsou z hlediska zemědělství méněcenné, tudíž jsou využívány především jako louky nepříliš velké kvality.

Fluvizemě, dříve označovány jako nivní půdy, vyplňují plochy dna říčních údolí. Půdotvorným substrátem jsou výhradně nivní uloženiny. Mimo období občasných záplav nebývají půdy ovlivňovány nadbytečnou vlhkostí. Fluvizemě jsou typické pro luční porosty.

Kambizemě jsou naším nejrozšířenějším půdním typem. Vyskytují se hlavně ve svažitých podmínkách pahorkatin, vrchovin a hornatin. Jejich hlavní nevýhodou je malá mocnost půdního profilu, častá skeletovitost a výskyt v členitém terénu. Využívají se pro pěstování brambor a méně náročných obilovin.

Pseudogleje jsou charakteristické pro území s terénními depresemi nebo okolí vodních toků. Tyto půdy nalezneme často ve sníženinách, kde se drží voda, která nemá možnost odtoku. Plocha pseudoglejových půd není obvykle příliš velká a je pro ni typické trvalejší převlhčení půdního profilu povrchovou vodou (TOMÁŠEK, 1995).

4.5 Klimatické poměry

Řešené území zasahuje do třech klimatických oblastí, a to do mírně teplých klimatických oblastí MT3 a MT5 a do chladné klimatické oblasti CH7. Většina území spadá do oblasti MT3, jedná se přibližně o 75 % řešené plochy. Zhruba 15 % území patří do oblasti CH7 a zbylých 10 % náleží oblasti MT5 (obr 14). Klimatické charakteristiky jednotlivých oblastí jsou uvedeny v tabulce 4.

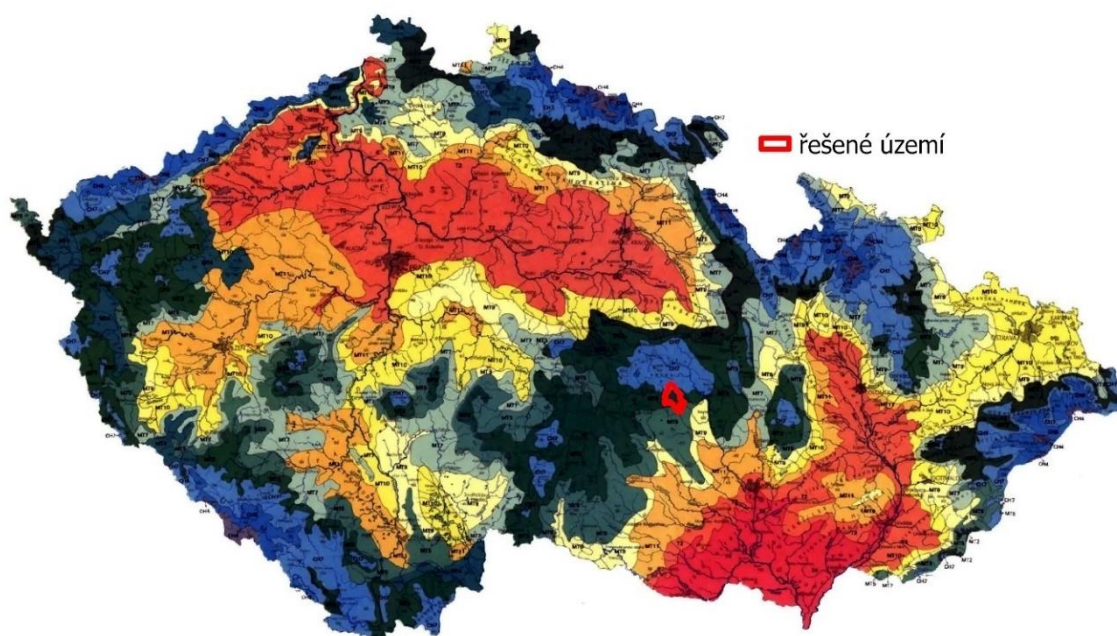
Oblast MT3 je typická mírným jarem, které je normálně dlouhé až delší. Léto je krátké, mírné až mírně chladné, suché až mírně suché. Podzim je mírný, normálně dlouhý až delší. Zima je mírná až mírně chladná, suchá až mírně suchá a normálně dlouhá.

Pro oblast MT5 je výstižné mírné jaro. Léto je mírné až mírně chladné, suché až mírně suché a krátké. Podzim je mírný až dlouhý Zima je mírně chladná, suchá až mírně suchá.

V oblasti CH7 je obvykle jaro dlouhé a mírně chladné. Léto je velmi krátké až krátké, mírně chladné a vlhké. Podzim je dlouhý a mírný. Zima je dlouhá, mírně vlhká s dlouhým trváním sněhové pokrývky.

Tabulka 4: klimatické charakteristika oblastí MT3, MT5 a CH7 (QUITT, 1971)

klimatická charakteristika	oblast MT3	oblast MT5	oblast CH7
počet letních dní	20–30	30–40	10–30
počet dní s prům. teplotou 10 °C a více	120–140	140–160	120–140
počet dní s mrazem	130–160	140–160	140–160
počet ledových dní	40–50	40–50	50–60
prům. lednová teplota	-3 °C až -4 °C	-4 °C až -5 °C	-3 °C až -4 °C
prům. červencová teplota	16 °C až 17 °C	16 °C až 17 °C	15 °C až 16 °C
prům. dubnová teplota	6 °C až 7 °C	6 °C až 7 °C	4 °C až 6 °C
prům. říjnová teplota	6 °C až 7 °C	6 °C až 7 °C	6 °C až 7 °C
prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	110–120	100–120	120–130
suma srážek ve vegetačním období	350–450	350–450	500–600
suma srážek v zimním období	250–300	250–300	350–400
suma srážek celkem	600–750	600–750	850–1000
počet dní se sněhovou pokrývkou	60–100	60–100	100–120
počet zatažených dní	120–150	120–150	150–160
počet jasných dní	40–50	40–50	40–50



Obrázek 14: klimatické oblasti ČR (QUIT, 1971)

Dlouhodobý roční srážkový normál za období 1991–2020 na tomto území je 677 mm. V roce 2022 byl celkový srážkový úhrn pro kraj Vysočina 620 mm. Srážky, které spadly v roce 2022, tvoří tedy přes 92 % dlouhodobého srážkového úhrnu. Průměr pro celou Českou republiku byl 634 mm. Dlouhodobý roční normál teploty vzduchu pro kraj Vysočina také za období 1991–2020 je 7.9 °C. V roce 2022 byla roční průměrná teplota v kraji Vysočina rovna 8.9 °C. Roční průměr za rok 2022 pro Českou republiku byl 9.2 °C (ČHMÚ, 2022).

4.6 Hydrologické poměry

Jak již bylo výše uvedeno, jedná se o tři povodí IV. řádu. A to povodí Zátoka (4-15-01-0810-0-00), Olešná (4-15-01-0890-0-00) a Nedvědička (4-15-01-0600-0-00).

Povodí Zátoka

Zátoka pramení jihovýchodně od Nového Města na Moravě v nadmořské výšce 643 m. V pramenní oblasti toku se nachází soustava tří rybníků, a to rybník Trnka, Křivka a Němec. Dále tok pokračuje jižním směrem. Přibližně 2 km od pramene prochází bezejmennou vodní nádrží. Poté protéká převážně lesním porostem a na konci přitéká do obce Radešínská Svratka a následně se vlévá do vodního toku Bobrůvka (Loučka) v 523 m n. m. Zátoka má čtyři bezejmenné přítoky, dva pravostranné a dva levostranné.

Plocha povodí je 9 km² a délka vodního toku je 6 km. Podle Herbera a Sudy (2001) se jedná dle koeficientu protažení o povodí přechodného typu.

Povodí Olešná

Olešná pramení u obce Pohledec v nadmořské výšce 657 m. Přibližně 3.5 km od pramene vodní tok vstupuje do sídla Olešná a dál pokračuje jižním směrem až do vesnice Olešínský, kde ústí do Bobrůvky (Loučky) v nadmořské výšce 470 m. Olešná má 21 bezejmenných přítoků.

Plocha povodí je 29 km² a délka vodního toku je 13 km. Podle Herbera a Sudy (2001) se jedná dle koeficientu protažení o povodí protáhlého typu.

Povodí Nedvědička

Nedvědička pramení v lesích severně od obce Zubří v nadmořské výšce 712 m. Teče převážně jihovýchodním směrem. V horní části svého toku napájí Zuberský rybník. Přibližně 5 km od pramene prochází sídlem Divišov a dále pokračuje do vesnice

Albrechtice a Blažejovice, kde v 507 m n. m. je uzávěrový profil tohoto povodí. Vodní tok má 7 bezejmenných přítoků.

Plocha povodí je 16 km² a délka vodního toku je 12 km. Podle Herbera a Sudy (2001) se jedná dle koeficientu protažení o povodí protáhlého typu.

Všechna tři povodí mají charakter spíše protáhlého tvaru. Doba koncentrace, tedy doba doběhu spadlé vody pro hydraulicky nejvzdálenější místo od uzávěrového profilu, je delší pro povodí, která mají podlouhlý tvar než pro povodí kulatého tvaru.

4.7 Využití území

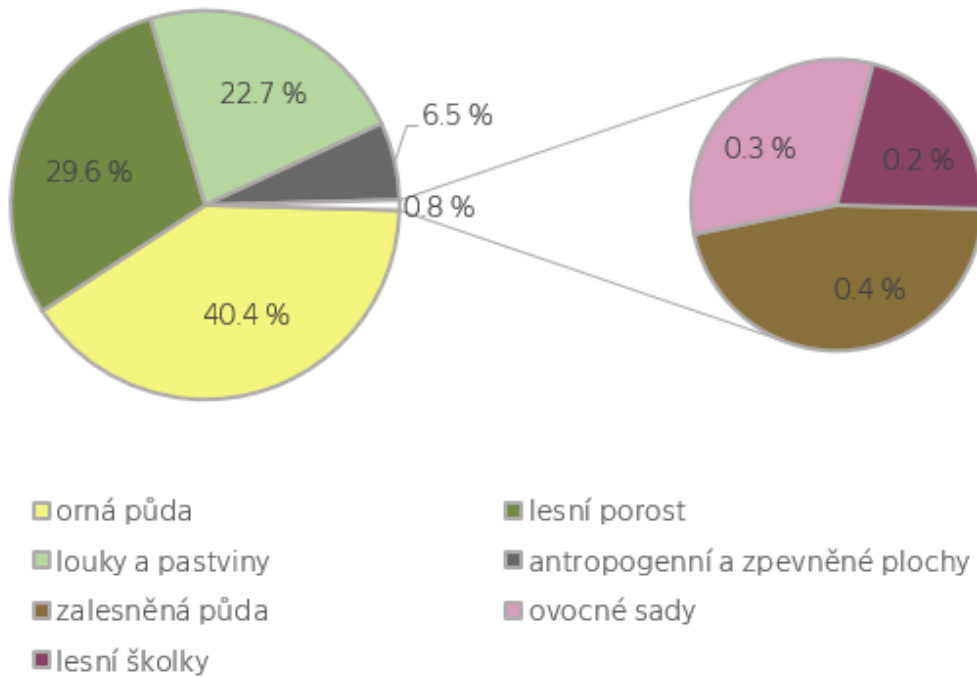
Největší zastoupení v řešeném území má orná půda, představuje přibližně 40 %. Druhým nejzastoupenějším druhem využití území je lesní porost, který tvoří bezmála 30 %. Dále jsou to louky a pastviny, ty zabírají asi 23 % plochy. Antropogenní a zpevněné plochy tvoří asi 7 %. Dále se zde vyskytují zalesněné půdy, ovocné sady a lesní školky. Tyto poslední tři kategorie dohromady pokrývají méně než 1 % území. Přesné plochy a procentuální rozložení je uvedeno v příložené tabulce (tab. 5) a vyobrazeno v grafu (obr. 15) a na mapě (obr. 16).

Tabulka 5: zastoupení druhů využití území

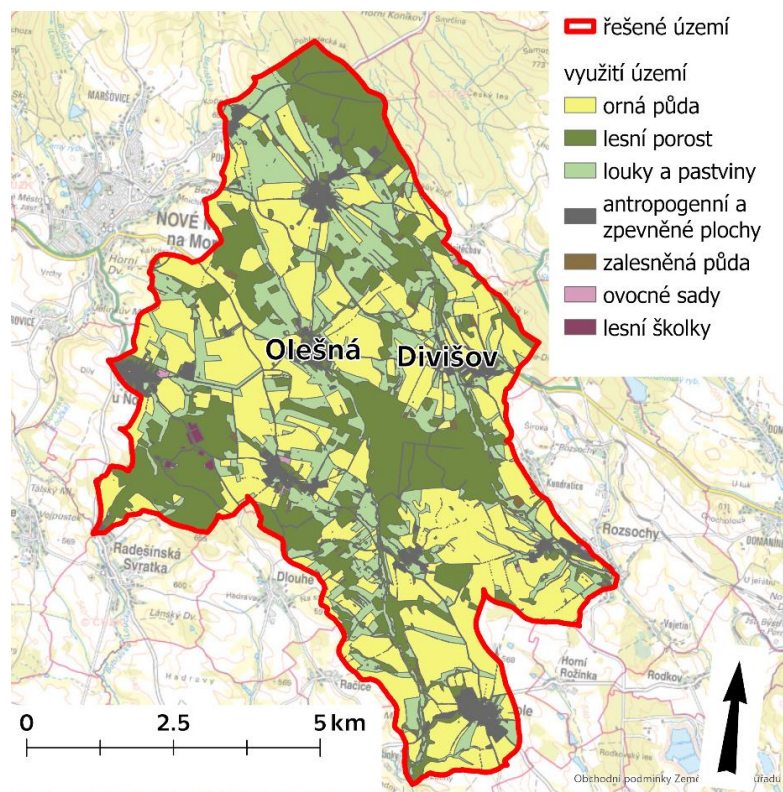
využití území	plocha [ha]	plocha [%]
orná půda	2171	40.4
lesní porost	1590	29.6
louky a pastviny	1217	22.7
antropogenní a zpevněné plochy	348	6.5
zalesněná půda	21	0.4
ovocné sady	15	0.3
lesní školky	10	0.2
Celkem	5372	100

Pro tuto práci je důležitá především hodnota rozlohy orné půdy. Především ve spojitosti s ornou půdou je spojováno riziko eroze. Je to tedy kolem 40 % což je srovnatelná hodnota s průměrem pro celou Českou republiku. V přímé blízkosti řešených sídel orná půda představuje přibližně 60 % z řešené plochy. Celková výměra zemědělského půdního fondu (ZPF) ČR k 31. 12. 2017 činila 4 205 tis. ha. Podíl

zemědělské půdy představuje 53.3 % celkové rozlohy půdního fondu ČR, z toho orná půda je na 37.5 % celkové výměry půdního fondu (MZE, 2018).



Obrázek 15: procentuální zastoupení druhů využití území



Obrázek 16: využití území

5 Popis analýzy

Zájmové území bylo vytipováno pomocí databáze monitoringu erozních událostí. Byly vybrány události, při kterých došlo k eroznímu smyvu ze zemědělské půdy a v některých případech došlo i k zasažení intravilánu sídel. Přesný výčet událostí je uveden v kapitole zaznamenané erozní události.

Na základě těchto situací byly vybrány tři povodí, do kterých řešené pozemky spadají. Popis povodí je uveden výše. Jedná se o povodí IV. řádu Zátoka (4-15-01-0810-0-00), Olešná (4-15-01-0890-0-00) a Nedvědička (4-15-01-0600-0-00).

Pro analýzu byl použit empirický Model WaTEM/SEDEM verze 2.1.0. V tomto případě byl model využit pro určení eroze půdy a transportu sedimentu, ale může posloužit také k určení zanášení vodních nádrží sedimentem či pro odhad vázaných prvků ve vodě např. fosforu.

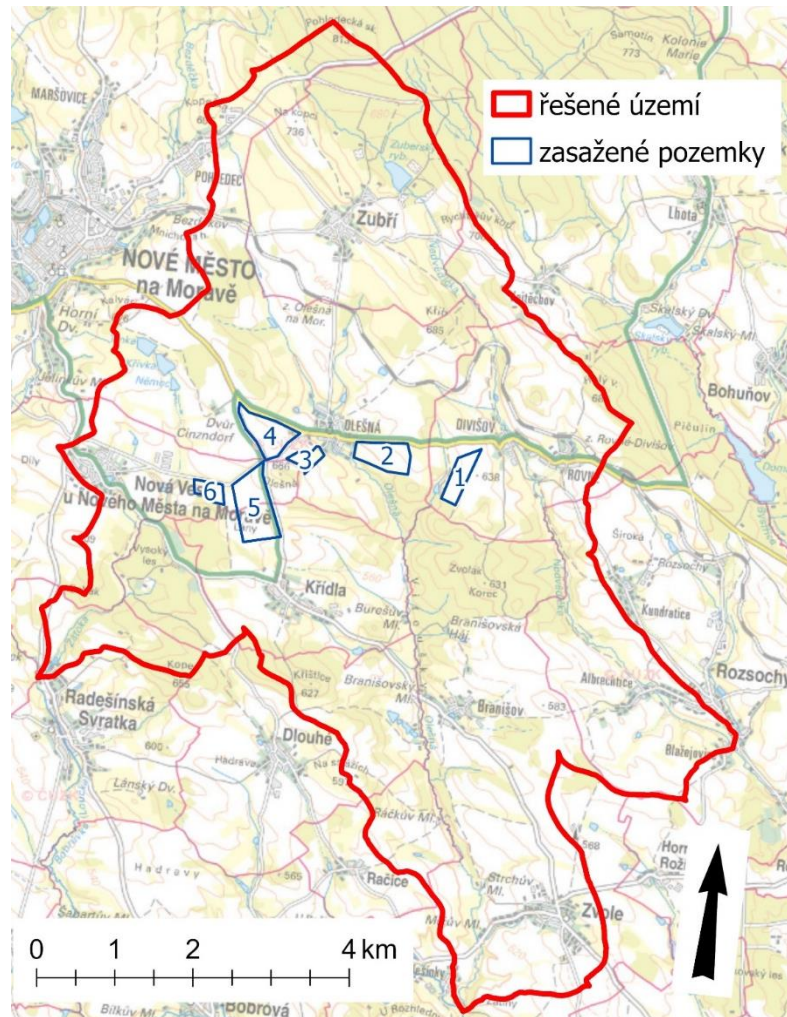
5.1 Zaznamenané erozní události

Ve webové aplikaci Monitoring eroze zemědělské půdy byly vytipovány erozní události v okolí měst Nové Město na Moravě a Bystřice nad Perštejnem. Jejich přehled a stručný popis se základními informacemi (ID události, datum, zasažená plocha, úhrn srážek, plodiny apod.) je uveden níže (tab. 6). Celková plocha zasažené zemědělské půdy je přibližně 114 ha. Poloha zasažených pozemků je zobrazena na obrázku 17.

Identifikace rizik erozního smyvu pro intravilán sídel Olešná a Divišov

Tabulka 6: přehled erozních událostí z Monitoringu eroze

číslo na mapě	ID události	místní název	datum vzniku	katastrální území	plocha [ha]	úhrn srážek [mm]	délka trvání [min]	plodiny
1	2027	V Šáší	26. 8. 2019	Divišov	21.07	35	60	řepka ozimá
	2041	V Šáší	20. 8. 2019	Divišov	13.03	24	600	řepka ozimá
2	1157	Na Kříbě	7. 7. 2017	Olešná na Moravě	16.59	50	150	kukuřice, brambory
	1145	Na Kříbě	25. 6. 2017	Olešná na Moravě	17.09	21	30	kukuřice, brambory
3	1871	Záhoří	19. 6. 2019	Nová Ves u Nového Města na Moravě, Olešná na Moravě	8.25	49	210	
4	2042	V Komůrkách	1. 9. 2019	Olešná na Moravě	23.61	8	105	řepka ozimá
	2028	V Komůrkách	26. 8. 2019	Olešná na Moravě	23.61	35		řepka ozimá
5	1869	Na Lánech	19. 6. 2019	Křídla, Nová Ves u Nového Města na Moravě	36.13	49	210	brambory (speciální technologie), kukuřice
	1777	Na Lánech	6. 6. 2019	Křídla, Nová Ves u Nového Města na Moravě	30.45	3	30	kukuřice
6	1870	Na Lánech	19. 6. 2019	Nová Ves u Nového Města na Moravě	7.44	49	210	kukuřice
	1776	Na Lánech	5. 6. 2019	Nová Ves u Nového Města na Moravě	7.29	3	30	kukuřice
Celková plocha					cca	114 ha		



Obrázek 17: zasazené pozemky

Pro jednotlivé pozemky byl určen průměrný a maximální sklon, minimální a maximální nadmořská výška a z těchto hodnot bylo vypočteno převýšení. Přehled všech hodnot pro jednotlivé pozemky je uveden v následující tabulce (tab. 7).

Tabulka 7: základní informace k zasazeným pozemkům

číslo pozemku	průměrný sklon [%]	maximální sklon [%]	minimální nadmořská výška [m n. m.]	maximální nadmořská výška [m n. m.]	převýšení [m]
1	7.9	14.3	600.1	632.1	32.0
2	8.2	18.8	584.4	634.4	50.0
3	11.0	22.4	596.6	637.5	40.9
4	8.5	17.6	608.0	655.0	47.0
5	5.1	15.8	611.9	651.7	39.8
6	6.1	26.6	610.4	629.0	18.6

Fotodokumentace monitorovaných událostí

Součástí hlášení erozních událostí do Monitoringu eroze může být i fotodokumentace. Na přiložených obrázcích (obr. 18 až 23) jsou vybrané fotografie k proběhlým událostem, které byly stručně popsány výše.



Obrázek 18: událost č. 2027, (MONITORING EROZE,2023)

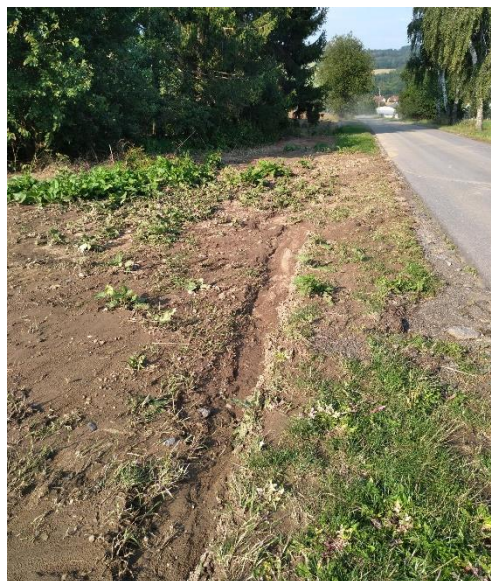


Obrázek 19: událost č. 1145 (MONITORING EROZE, 2023)

Identifikace rizik erozního smyvu pro intravilán sídel Olešná a Divišov



Obrázek 20: událost č. 1871 (MONITORING EROZE, 2023)



Obrázek 21: událost č. 2028 (MONITORING EROZE, 2023)



Obrázek 22: událost č. 1777 (MONITORING EROZE, 2023)



Obrázek 23: událost č. 1776 (MONITORING EROZE, 2023)

5.2 Model WaTEM/SEDEM – vstupní vrstvy a parametry modelu

Model používá formát souborů Idrisi raster *.rst. Bylo tedy nutné veškeré vstupní soubory převést do tohoto formátu. K tomuto převodu byl použit software IDRISI Selva (CLARK UNIVERSITY, 2012). Do samotného výpočtu vstupují stejné faktory jako u metody USLE (R, C, K a LS faktor), které jsou dále doplněny o další parametry (PTEF,

Parcel Connectivity a Koeficient transportní kapacity K_{TC}), dále pro výpočet je nutné doplnit mapu digitálního modelu terénu (DEM) a mapu s využitím území. Všechny vstupní rastrové vrstvy jsou v rozlišení 10 × 10 m.

5.2.1 DEM

Pro modelování byl využit digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G) s rozlišením 5 m. Originální 5 m rozlišení dat bylo převzorkováno na hrubší 10 m rozlišení, což je dostatečná úroveň přesnosti a zároveň přiměřený kompromis procesovatelnosti dat modelem (ROSENDORF, 2022).

5.2.2 Landuse

Data byla odvozena metodicky stejně, jako se v současné době používají pro podobné výpočty (na úrovni povodí nebo i větších celků).

Pro zpracování vrstvy landuse byly zvoleny dva vektorové mapové podklady dostupné pro celou plochu ČR poskytované státními subjekty ZABAGED® spravovaný ČÚZ a veřejnou část LPIS spravovanou Ministerstvem zemědělství. ZABAGED® obsahuje kompletní plošné kategorie. LPIS reprezentuje pouze zemědělsky využívané pozemky a je prostorově přesnější než ZABAGED® a databáze je aktualizována častěji. Jednotlivé hodnoty pro model WaTEM/SEDEM podle způsobu využití jsou uvedeny v tabulce 8.

Detailní popis vytvoření této vrstvy je popsán v Odborné zprávě o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2022 pro projekt SS03010332 – Modelování významnosti zdrojů znečištění fosforem a návrhy efektivních opatření k naplnění cílů Strategie ke snížení obsahu živin ve vodách v povodí Labe (ROSENDORF, 2022).

Tabulka 8: přiřazení hodnot pro model WaTEM/SEDEM podle způsobu využití (ROSENDORF, 2022)

hodnota pro model WaTEM/SEDEM	způsob využití
-2	antropogenní a zpevněné plochy
2	orná půda
6	ovocné sady
91	lesní školka
99	zalesněná půda
10 000	lesní porost
20 000	louky a pastviny

5.2.3 R faktor

Ve výpočtu se vycházelo z aktuální regionalizované vrstvy R faktoru. Tato vrstva byla připravena v roce 2015 pro Ministerstvo životního prostředí (MŽP) (ROŽNOVSKÝ a kol., 2015). Hodnoty R faktoru byly vyhodnoceny za období 30 let s využitím původně odvozeného vztahu (WISCHMEIER a SMITH, 1978), kdy deště menší než 12.5 mm a oddělené od okolních dešťů mezerou delší než 6 hod byly vyřazeny z hodnocení, pokud nedosáhly aspoň intenzity 6.25 mm za 15 minut (ROSENDORF, 2022).

Průměrná hodnota na celém řešeném území je $58 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ se směrodatnou odchylkou 2. Proto byla tato hodnota R faktoru použita jednotně pro celou zájmovou oblast. Pro porovnání průměrná hodnota R faktoru pro celou Českou republiku je $20 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$, tedy erozní účinnost deště v řešeném území je výrazně větší než průměr v ČR. Hodnota R faktoru v ostatních státech Evropy se pohybuje od 40 až do $55 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ (DOSTÁL, 2022).

5.2.4 C faktor

Základním zdrojem informace o ochranném účinku vegetace na pozemcích s ornou půdou byla vektorová datová vrstva C faktoru, která byla zpracována týmem ČVUT v rámci projektu SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu“. Tato vektorová datová sada obsahuje hodnoty průměrného ochranného účinku vegetačního krytu pozemcích s ornou půdou stanovenou pro jednotlivá povodí 4. řádu. Hodnota je stanovena na základě statistického zpracování plodin na pozemcích LPIS za roky 2021 a 2022.

Na základě této analýzy byly sestaveny číselné kódy dvaceti nejběžnějších osevních postupů, které popisují 79 % plochy pozemků LPIS. Pro těchto 20 postupů byla stanovena hodnota C faktoru. Pro určení hodnoty C faktoru byla využita Protierozní kalkulačka (<https://kalkulacka.vumop.cz/?core=account>) a aktuální platná metodika (NOVOTNÝ a kol., 2015).

5.2.5 K faktor

Pro výpočet byly hodnoty K faktoru určeny přímým převodem z HPJ, podle následujících tabulek (tab. 9).

Tabulka 9: hodnoty faktoru K pro jednotlivé HPJ (JANEČEK a kol., 2012)

HPJ	K faktor	HPJ	K faktor
01	0.41	40	0.24
02	0.46	41	0.33
03	0.35	42	0.56
04	0.16	43	0.58
05	0.28	44	0.56
06	0.32	45	0.54
07	0.26	46	0.47
08	0.49	47	0.43
09	0.60	48	0.41
10	0.53	49	0.35
11	0.52	50	0.33
12	0.50	51	0.26
13	0.54	52	0.37
14	0.59	53	0.38
15	0.51	54	0.40
16	0.51	55	0.25
17	0.40	56	0.40
18	0.24	57	0.45
19	0.33	58	0.42
20	0.28	59	0.35
21	0.15	60	0.31
22	0.24	61	0.32
23	0.25	62	0.35
24	0.38	63	0.31
25	0.45	64	0.40
26	0.41	65	nedostatek dat
27	0.34	66	nedostatek dat
28	0.29	67	0.44
29	0.32	68	0.49
30	0.23	69	nedostatek dat
31	0.16	70	0.41
32	0.19	71	0.47
33	0.31	72	0.48
34	0.26	73	0.48
35	0.36	74	nedostatek dat
36	0.26	75	nedostatek dat
37	0.16	76	nedostatek dat
38	0.31	77	nedostatek dat
39	nedostatek dat	78	nedostatek dat

5.2.6 LS faktor

Vliv sklonu a délky svahu na velikost půdního smyvu je vyjadřován topografickým faktorem LS (JANEČEK a kol., 2005). Pro výpočet byla v modelu nastavena rovnice McCool (1987, 1989).

Výpočet L faktoru vychází z rovnice (KRÁSA, 1999):

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)in} + D^2)^{m+1} - A_{(i,j)in}^{m+1}}{x_{(i,j)}^m \cdot D^{m+2} \cdot (22.13)^m}$$

kde: $L_{(i,j)}$ faktor L pro daný pixel o souřadnicích i, j,
 D rozlišení rastru (šířka buňky),
 $A_{(i,j)in}$ celková zdrojová plocha na vstupu do buňky,
 m exponent pro výpočet L faktoru zohledňující sklon svahu.

Pro výpočet S faktoru model používá rovnice (MCCOOL a kol., 1987, 1989):

$$S_{(i,j)} = 10.8 \cdot \sin \theta_{i,j} + 0.03 \quad \text{pro sklon} < 9 \%,$$

$$S_{(i,j)} = 16.8 \cdot \sin \theta_{i,j} - 0.5 \quad \text{pro sklon} > 9 \%,$$

$$S_{(i,j)} = 3.0 \cdot (\sin \theta_{i,j}) \cdot 0.8 + 0.56 \quad \text{pro svahy kratší než 4 metry.}$$

5.2.7 Další parametry modelu

Parcel trap efficiency PTEF

Tento parametr popisuje poměr zachycení sedimentu (odtoku) jednotlivými typy povrchu (KRÁSA, 2013). Tento parametr je závislý na půdním typu a vegetačním krytu pozemku. Jedná se o procentní hodnoty. Zadaná hodnota ovlivňuje generování velikosti zdrojové plochy (PLOCEK, 2005).

Pro výpočet byly použity tyto hodnoty, pro ornou půdu 0 a pro les a TTP hodnota 75.

Parcel connectivity

Dalším kalibračním koeficientem je Parcel connectivity, který popisuje poměr zachycení odtoku na hranicích pozemků. Jedná se tedy o zahrnutí vlivu hranic pozemků na modelování množství odtoku a sedimentu (KRÁSA, 2013). Jedná se opět o hodnoty v procentech, odlišné pro ornou půdu a les/TTP. Zadanou hodnotou je redukována celková zdrojová plocha daného elementu při vstupu na pozemek (překročení hranice pozemku) (PLOCEK, 2005).

Pro výpočet byla použita hodnota 40 pro ornou půdu a pro les a TTP hodnota 75.

Koeficient transportní kapacity K_{TC}

Jedná se o základní kalibrační parametr modelu. Ovlivňuje, kdy dojde na pozemku ke změně eroze na sedimentaci. Zadávají se vždy dvě hodnoty tohoto koeficientu, jedna pro erozně náchylné povrchy (orná půda) a druhá pro odolné povrchy (les a TTP) (KRÁSA, 2013).

Při výpočtu byly použity následující hodnoty, pro ornou půdu 35 a pro les a TTP byla použita hodnota 55.

Možná rozmezí a doporučené hodnoty kalibračních parametrů odpovídající území ČR jsou uvedeny v následující tabulce (tab 10).

Tabulka 10: vstupní parametry modelu WaTEM/SEDEM – odpovídající hodnoty v ČR (KRÁSA, 2013)

	orná půda rozmezí (doporučeno)	les rozmezí (doporučeno)	TTP rozmezí (doporučeno)
PTEF	0	60–100 (75)	50–100 (75)
Parcel connectivity	0–100 (40)	0–100 (75)	0–100 (75)
K_{TC}	30–100 (35)	30–200 (55)	30–200 (55)

5.3 Výstupy z modelu WaTEM/SEDEM

Základními výstupy z modelu jsou informace o ztrátě půdy, depozici sedimentu, transportu a vstupu do říční sítě. Tato data jsou celkové hodnoty pro celé modelované území. Konkrétní výsledné hodnoty pro řešenou oblast jsou uvedeny v příložené tabulce (tab. 11). Protože model WaTEM/SEDEM pracuje na základě rovnice USLE, jedná se o dlouhodobé průměrné roční hodnoty.

Tabulka 11: výsledky z modelu WaTEM/SEDEM

Celková ztráta půdy	17 500 t/rok
Celková depozice sedimentu	14 300 t/rok
Celkový transport	10 000 t/rok
Celkový vstup do říční sítě	2 700 t/rok

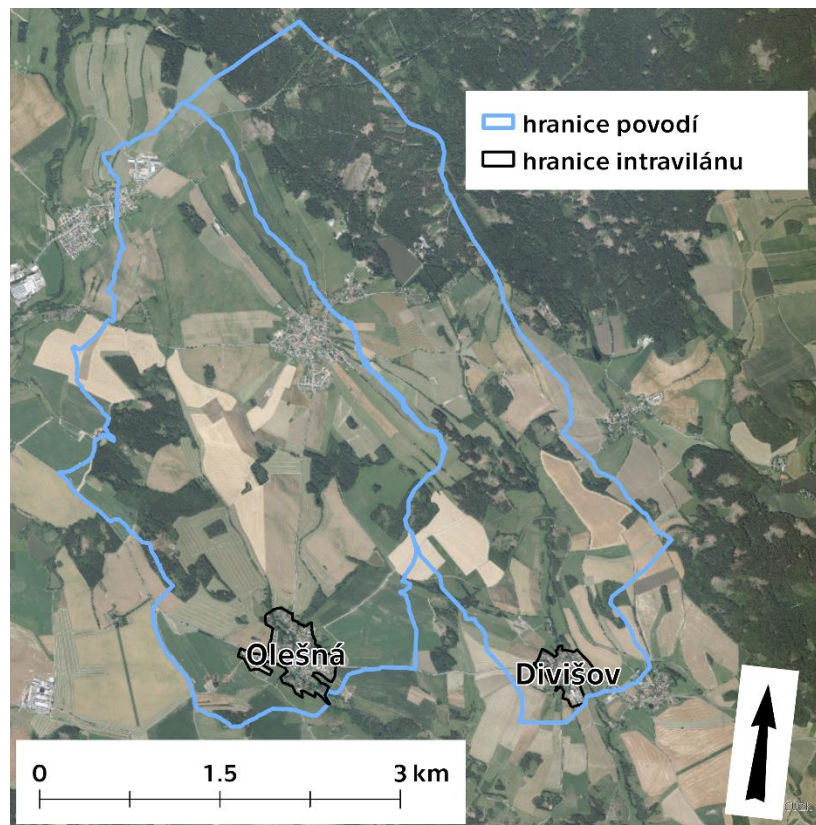
Dalšími výstupy jsou rastrové soubory Nettoerosion (suma eroze/depozice v jednotlivých pixelech pro celé modelované území) a Inflow (množství sedimentu transportovaného do daného elementu v tunách).

Tyto vrstvy byly dále statisticky zpracovávány v GIS softwaru ArcGIS Pro 3.0.2 (ESRI ©, 2022).

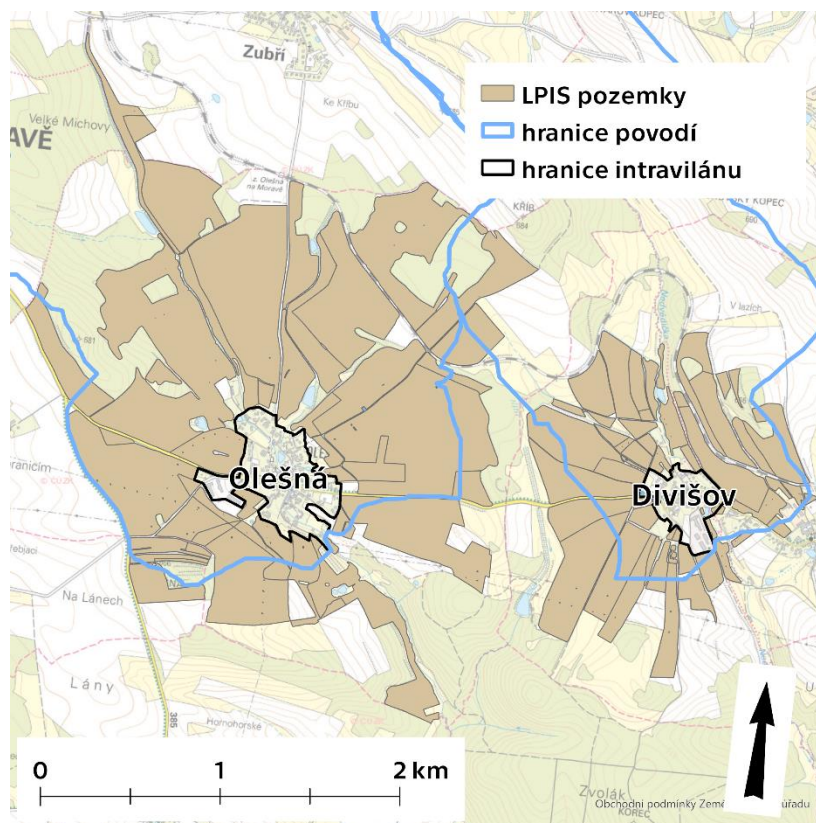
5.4 Náchylnost pozemků k erozním a transportním procesům

Pro každé sídlo byla nejdříve určena hranice intravilánu. Ta byla vedena tak, aby zahrнула většinu sídelních objektů a infrastrukturu, která by mohla být ohrožena transportem sedimentu. Pro tyto plochy intravilánu byla určeny jejich povodí (obr. 24). Pozemky, které by mohly ohrozit intravilán sídel, byly vybrány na základě toho, že spadají do povodí příslušného sídla a jsou v blízkosti intravilánu. Vybrané pozemky jsou znázorněny na obrázku 25. Celkový počet řešených pozemků je 99. Pro sídlo Olešná (plocha intravilánu je cca 283 190 m²) tato vzdálenost byla zvolena na 1000 m a pro sídlo Divišov (plocha intravilánu je cca 129 820 m²) 500 m.

Povodí pro intravilán Divišova má rozlohu přibližně 8.7 km², což představuje více jak polovinu celého povodí IV. řádu – Nedvědička. Orná půda v povodí pro intravilán Divišova představuje 24 % území. Povodí pro intravilán Olešné má rozlohu asi 9.6 km² a představuje tím asi 1/3 povodí IV. řádu – Olešná. Orná půda v povodí pro intravilán Olešné představuje 39 % plochy.



Obrázek 24: hranice povodí a intravilánu sídel



Obrázek 25: vybrané pozemky LPIS

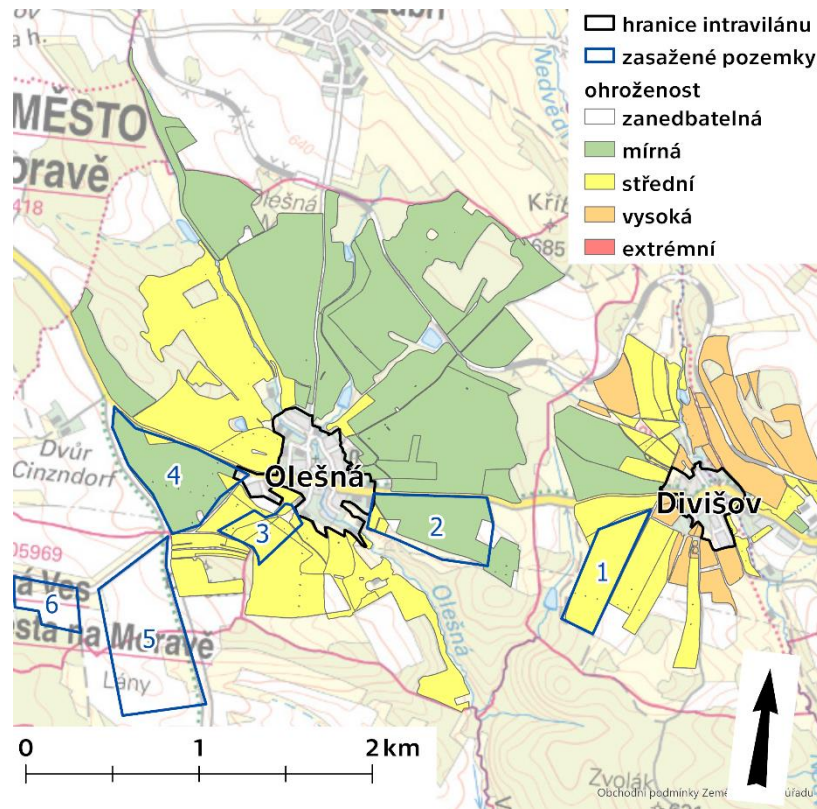
Sklonitost

Sklon pozemku je jedním ze základních rozhodujících morfologických faktorů ovlivňující ohroženost pozemku k erozi půdy (STEHLÍK, 1975).

Jako první sledovaná vlastnost pozemků byla zvolena sklonitost. Z digitálního modelu terénu (DEM) byl odvozen sklon a pomocí zonální statistiky byla vypočtena průměrná sklonitost na každém posuzovaném LPIS pozemku. Pozemky byly rozděleny dle ohroženosti do pěti skupin (zanedbatelná, mírná, střední, vysoká a extrémní). Přesné rozdělení je uvedeno níže v tabulce (tab. 12).

Tabulka 12: ohroženost pozemků dle sklonitosti (upraveno podle VLČEK, 2019)

kategorie	ohroženost	sklon	doporučené plodiny
1	zanedbatelná	< 1 %	možné i širokořádkové
2	mírná	1–5 %	
3	střední	5–10 %	obiloviny, řepka, len, okopaniny
4	vysoká	10–20 %	úžkořádkové
5	extrémní	> 20 %	zatravnění, sklony nad 30 % zalesnění

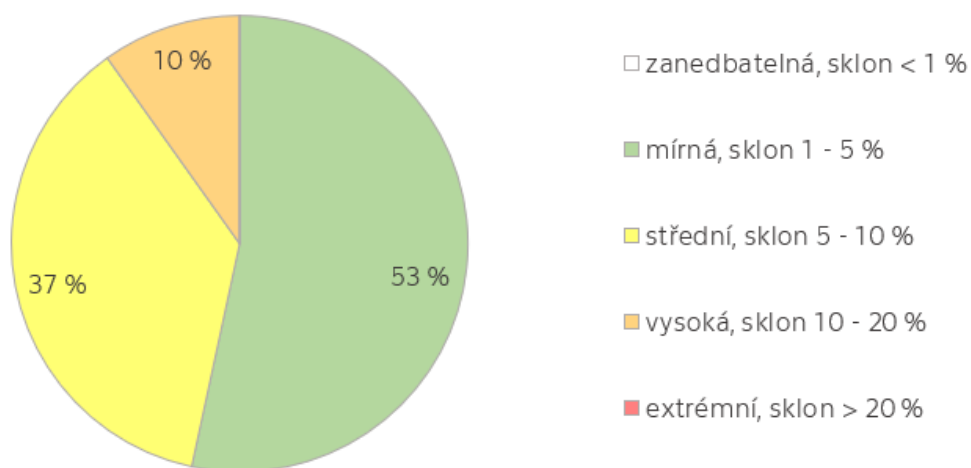


Obrázek 26: ohroženost pozemků podle sklonu

Mezi pozemky není žádný, který by měl sklon do 1 %. Přibližně čtvrtina pozemků je z hlediska sklonitosti ohrožena mírně. 50 pozemků je ohrožena středně a 23 pozemků dosahuje vysoké ohroženosti. S extrémní ohrožeností, tedy sklonem nad 20 %, se v řešeném území nevyskytuje žádný pozemek. Většina vysoce ohrožených pozemků se nachází v blízkosti Divišova. Detailní rozdělení ploch a pozemků podle kategorií ohroženosti je uvedeno v následující tabulce (tab. 13) a vyobrazeno na mapě (obr. 26). Procentuální rozdělení ploch je znázorněno v grafu (obr. 27).

Tabulka 13: rozdělení pozemků do kategorií dle ohroženosti sklonem

kategorie	počet pozemků	plocha [ha]	plocha [%]
1	0	0	0
2	25	282	53
3	51	194	37
4	23	52	10
5	0	0	0



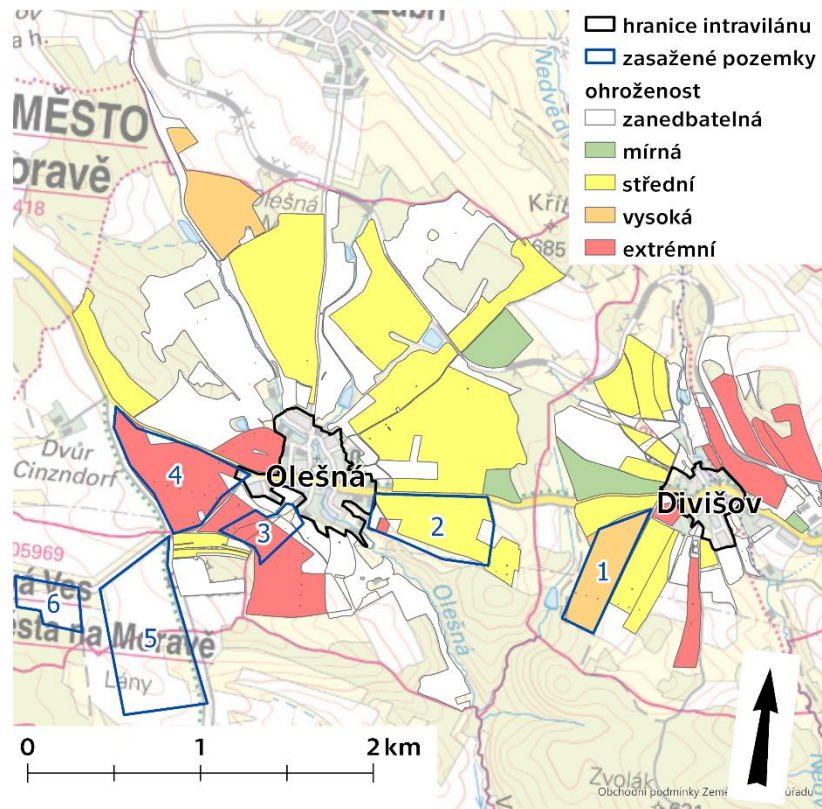
Obrázek 27: procentuální rozdělení ploch podle ohroženosti sklonem

Dlouhodobá průměrná ztráta půdy

Dalším sledovaným faktorem na vybraných pozemcích byla dlouhodobá průměrná ztráta půdy G [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$]. Z výsledné vrstvy NettoErosion (suma eroze/depozice v jednotlivých pixelech pro celé modelované území) byly vyfiltrovány jen hodnoty eroze, tedy hodnoty odpovídající metodě USLE. A tyto hodnoty byly zprůměrovány na jednotlivé LPIS pozemky. Pozemky byly rozděleny do pěti kategorií dle ohroženosti (tab. 14).

Tabulka 14: ohroženost pozemků podle dlouhodobé průměrné ztráty půdy (upraveno podle VÚMOP, 2023)

kategorie	ohroženost	dlouhodobá průměrná ztráta půdy G
1	zanedbatelná	$< 1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$
2	mírná	$1\text{--}4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$
3	střední	$4\text{--}8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$
4	vysoká	$8\text{--}10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$
5	extrémní	$> 10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$

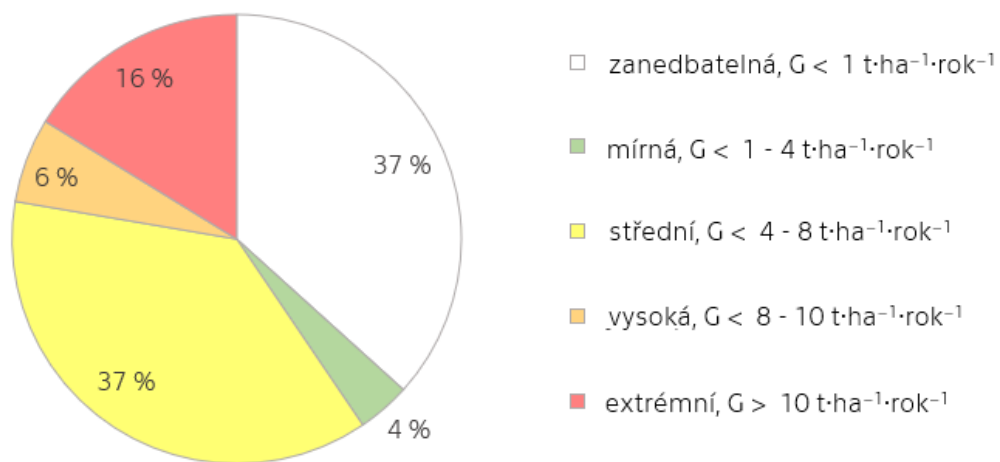


Obrázek 28: ohroženost pozemků podle dlouhodobé průměrné ztráty půdy

Na 60 pozemcích z celkového počtu 99 je ohroženost ztrátou půdy zanedbatelná, tedy dlouhodobá průměrná ztráta je menší než $1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Pět pozemků je ohroženo mírně, ztráta se pohybuje od 1 do $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. 19 pozemků je ohroženo středně. Se ztrátou od 8 do $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ se vyskytují dva pozemky. Extrémně ohroženo je 13 pozemků. Přesné rozdělení ohroženosti pozemků je popsáno v tabulce (tab. 15) a zobrazeno na mapě (obr. 28). Procentuální rozložení ploch je znázorněno v grafu (obr. 29).

Tabulka 15: rozdělení pozemků do kategorií dle ohroženosti erozí

kategorie	počet pozemků	plocha [ha]	plocha [%]
1	60	194	37
2	5	20	4
3	19	196	37
4	2	32	6
5	13	89	16



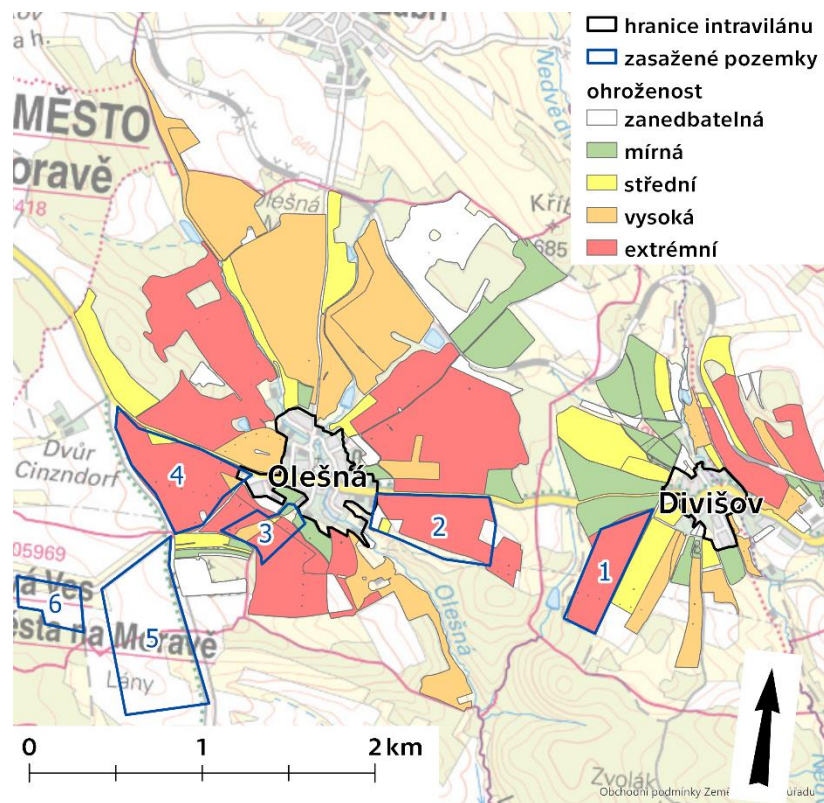
Obrázek 29: procentuální rozdělení ploch podle ohroženosti ztrátou půdy

Transport sedimentu

Pro vyhodnocení množství transportovaného sedimentu byl využit výstup Inflow z modelu WaTEM/SEDEM, který udává množství sedimentu transportovaného do daného pixelu v tunách. Ve vodních tocích dochází k automatickému sčítání vstupujícího sedimentu do toku. Zonální statistika by těmito hodnotami, kvůli geometrické nepřesnosti dat, ovlivnila výsledné hodnoty. Z tohoto důvodu byly hodnoty z vodních toků odebrány. Zonální statistika byla provedena pro každý LPIS pozemek a byla vybrána vždy maximální hodnota transportu sedimentu pro daný pozemek, tedy maximální množství sedimentu, které prochází plochou jednoho pixelu, v tomto případě tedy plochou $10 \times 10 \text{ m}$. Pro lepší znázornění byly hodnoty v tunách převedeny na milimetry. Pro tento převod byla použita objemová hmotnost sedimentu 1350 kg/m^3 . Tato hodnota je převzata z metodiky pro kvantifikaci sedimentu ve vodních nádržích (MARVAL a kol., 2021). Pozemky byly z kategorizovány podle ohroženosti podle následující tabulky (tab. 16).

Tabulka 16: kategorie ohroženosti pozemků podle množství transportovaného sedimentu

kategorie	ohroženost	množství transportovaného sedimentu za rok
1	zanedbatelná	< 10 mm
2	mírná	10–50 mm
3	střední	50–100 mm
4	vysoká	100–200 mm
5	extrémní	> 200 mm

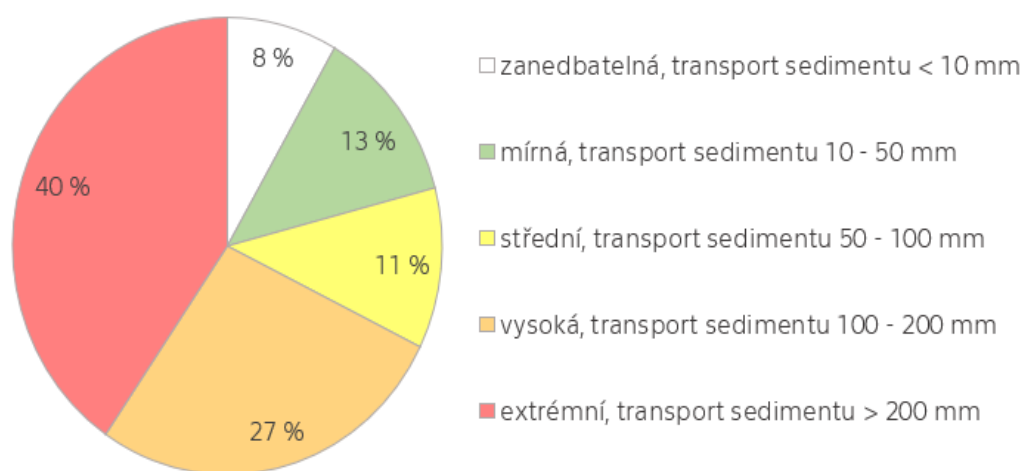


Obrázek 30: ohroženost pozemků podle transportu sedimentu

Do kategorie 1, tedy pozemky se zanedbatelnou ohrožeností, spadá 8 % plochy, jedná se o 24 pozemků. S mírnou ohrožeností, a tedy s maximálním množstvím sedimentu do 50 mm se v řešeném území vyskytuje 25 pozemků, přibližně se jedná o 13 % plochy. Středně ohrožených pozemků je 17, tyto pozemky tvoří přibližně 11 % plochy. Vysoce ohrožených pozemků je 19 a extrémně ohrožených 14. Detailní rozdělení ploch a pozemků je uvedeno v následující tabulce (tab. 17) a zobrazeno na mapě (obr. 30). Procentuální rozdělení ploch je znázorněno v grafu (obr. 31).

Tabulka 17: rozdělení pozemků do kategorií dle ohroženosti transportem sedimentu

kategorie	počet pozemků	plocha [ha]	plocha [%]
1	24	44	8
2	25	66	13
3	17	60	11
4	19	144	27
5	14	213	40

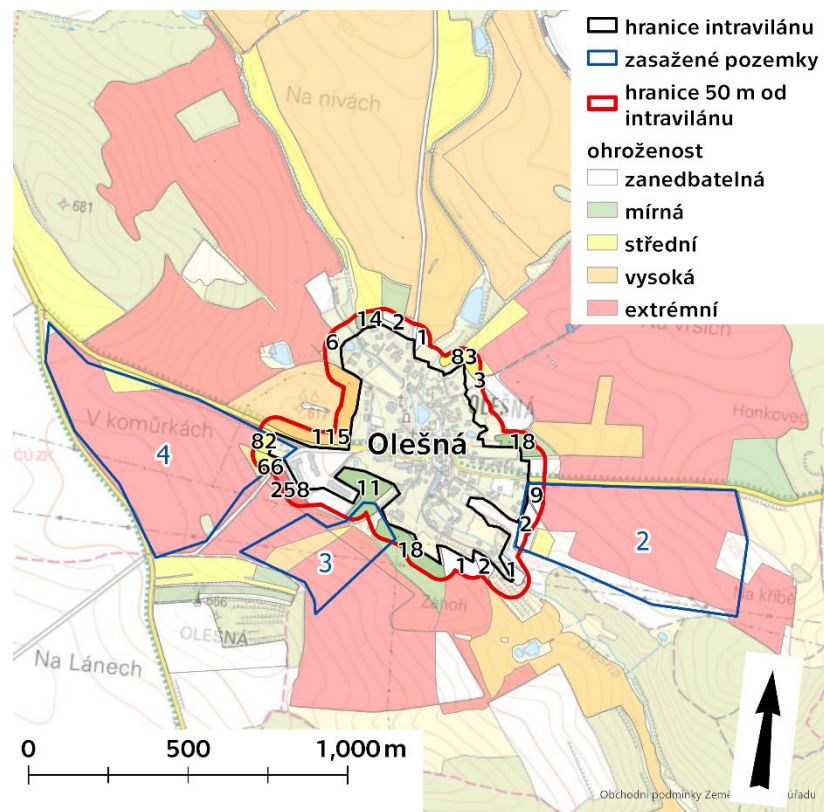


Obrázek 31: procentuální rozdělení ploch podle ohroženosti transportem sedimentu

Transport sedimentu do 50 m od hranice intravilánu

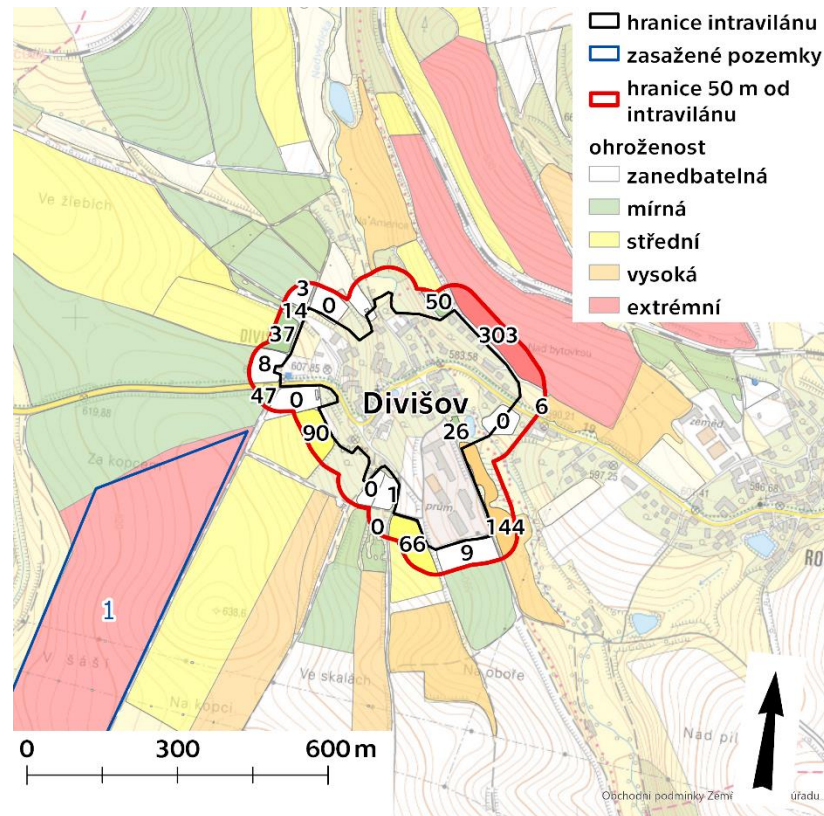
Předchozí analýzy ukazují ohrožení jednotlivých pozemků. Pro lepší znázornění přímého ohrožení intravilánu byla provedena analýza transportu sedimentu do vzdálenosti 50 m od hranice intravilánu sídel. V této vzdálenosti byly oříznuty LPIS pozemky a na částech, které spadají do vybrané vzdálenosti byla provedena zonální statistika. Byly vybrány maximální hodnoty transportu sedimentu, stejně jako při vyhodnocování celých pozemků. A tyto hodnoty jsou vypsány pro vybrané části LPIS pozemků v mapách (obr. 32 a 33). Hodnoty jsou uváděny v mm.

Pro sídlo Olešná se nejvýraznější hodnoty vyskytují v západní a jihozápadní části území. Naopak nejméně ohrožené pozemky se nacházejí na východní okraji řešené oblasti (obr. 32).



Obrázek 32: transport sedimentu 50 m od intravilánu sídla Olešná (hodnoty uvedeny v mm)

Nejohroženější pozemek pro sídlo Divišov se nachází na jeho severovýchodním okraji. Další výrazná čísla pro transport sedimentu se vyskytují v jižní až jihozápadní části území. Nejmenší transport sedimentu byl identifikován v severní části řešené oblasti (obr. 33).



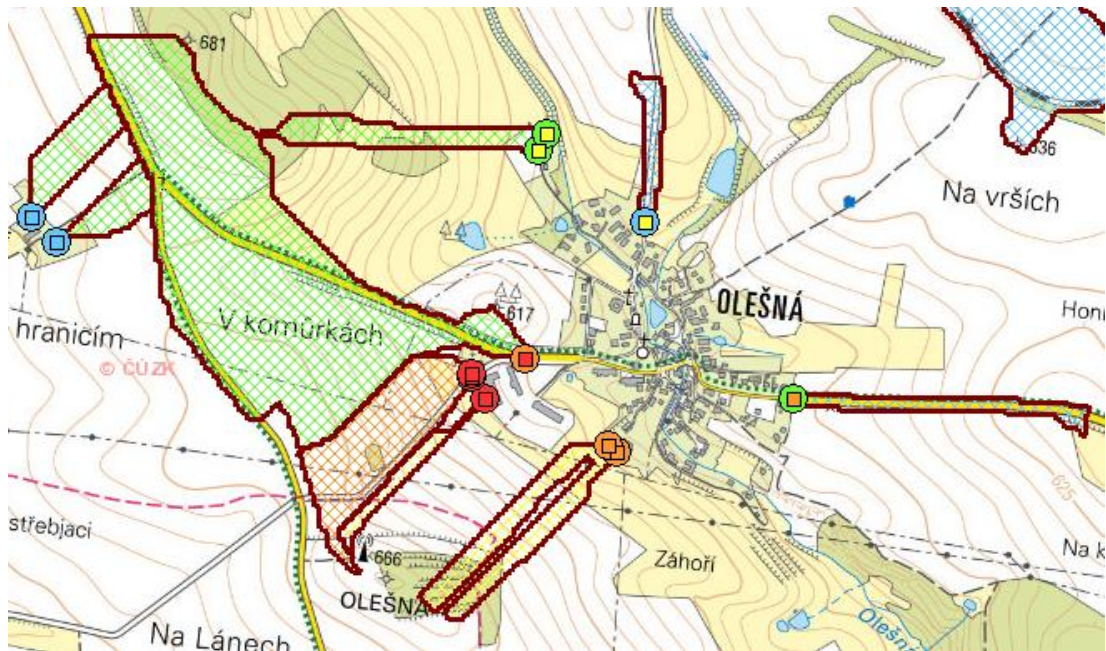
Obrázek 33: transport sedimentu 50 m od intravilánu sídla Divišov (hodnoty uvedeny v mm)

5.5 Identifikace dalších konfliktních míst pro intravilán sídel

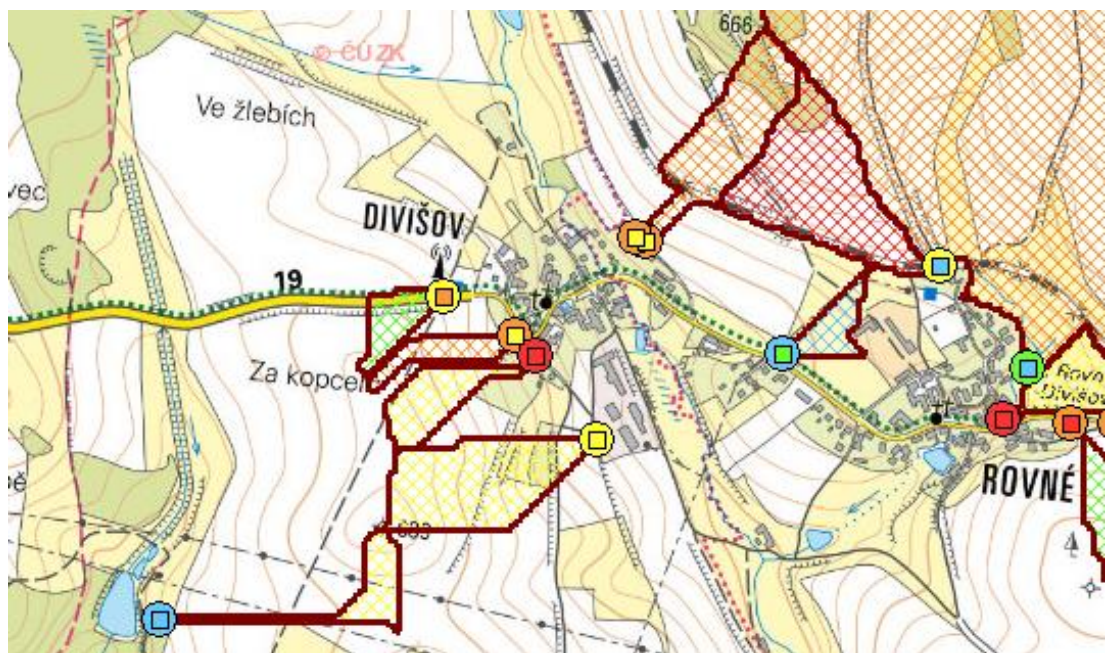
V letech 2010-2015 za podpory Ministerstva vnitra České republiky v Programu bezpečnostního výzkumu České republiky byl vytvořen interaktivní projekt *Erozní smyv – zvýšené riziko ohrožení obyvatel a jakosti vody v souvislosti s očekávanou změnou klimatu*. Cílem tohoto projektu bylo klasifikovat rizikové lokality ohrožených erozí půdy a transportem splavenin s nepříznivými dopady na obyvatelstvo, sídelní infrastrukturu, ale i zdroje povrchové nebo jiné významné prvky a objekty v území. Tato analýza proběhla na celém území České republiky. Výsledky jsou veřejně dostupné v hydroekologickém informačním systému VÚV TGM (VÚV TGM a ČVUT v Praze, 2015). Popis použitých metod v tomto projektu je uveden v článku *Ohrožení obyvatel, infrastruktury a vodních útvarů přívalovými povodněmi a transportem sedimentů* (BAUER a kol., 2019).

Identifikace rizik erozního smyvu pro intravilán sídel Olešná a Divišov

Na níže přiložených obrázcích (obr. 34 a 35) jsou tato riziková místa vyobrazeno pro řešená sídla Olešná a Divišov. Jedná se o situaci za současných klimatických podmínek bez aplikace jakýchkoliv opatření. Je zde vidět zranitelnost objektu pro erozní smyv, která je určována podle významnosti objektu. Dále je vyhodnoceno celkové riziko erozního smyvu a plochy jsou hodnoceny podle hrozby erozního smyvu. Jednotlivé kategorie jsou rozepsány na obrázku 36.



Obrázek 34: rizika erozního smyvu v okolí sídla Olešná (VÚV TGM a ČVUT v Praze, 2015)



Obrázek 35: rizika erozního smyvu v okolí sídla Divišov (VÚV TGM a ČVUT v Praze, 2015)

Riziko erozního smyvu v současných klimatických podmínkách bez aplikace opatření

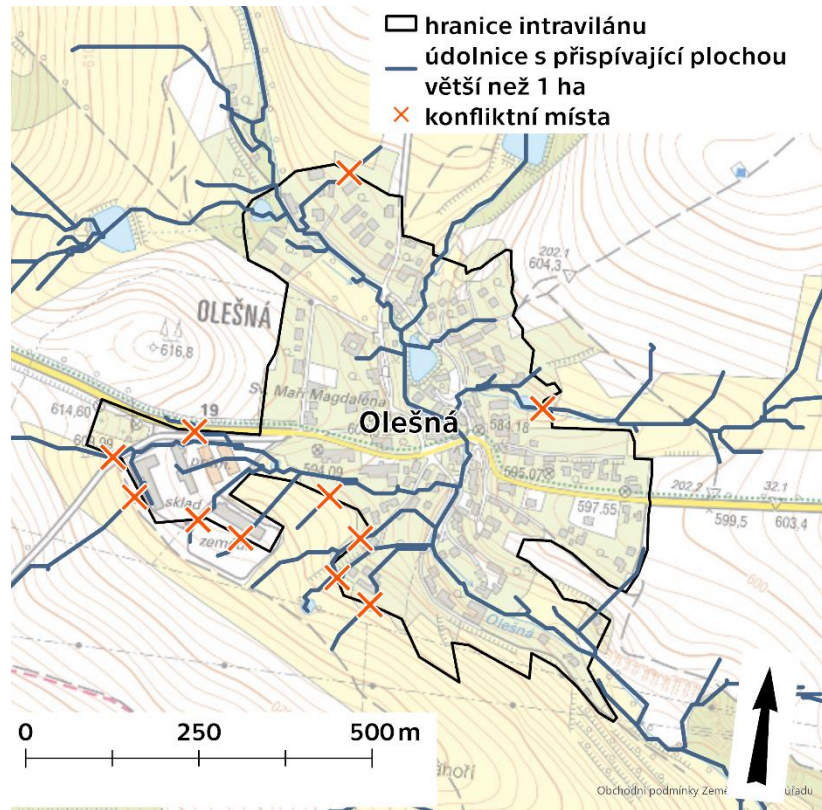
Zranitelnost objektu pro erozní smyv	Celkové riziko erozního smyvu	Hrozba erozního smyvu
■ velmi nízká	● velmi nízké	■ velmi nízká
■ nízká	● nízké	■ nízká
■ střední	● střední	■ střední
■ vysoká	● vysoké	■ vysoká
■ velmi vysoká	● velmi vysoké	■ velmi vysoká

Obrázek 36: riziko erozního smyvu v současných klimatických podmínkách bez aplikace opatření (VÚV TGM a ČVUT v Praze, 2015)

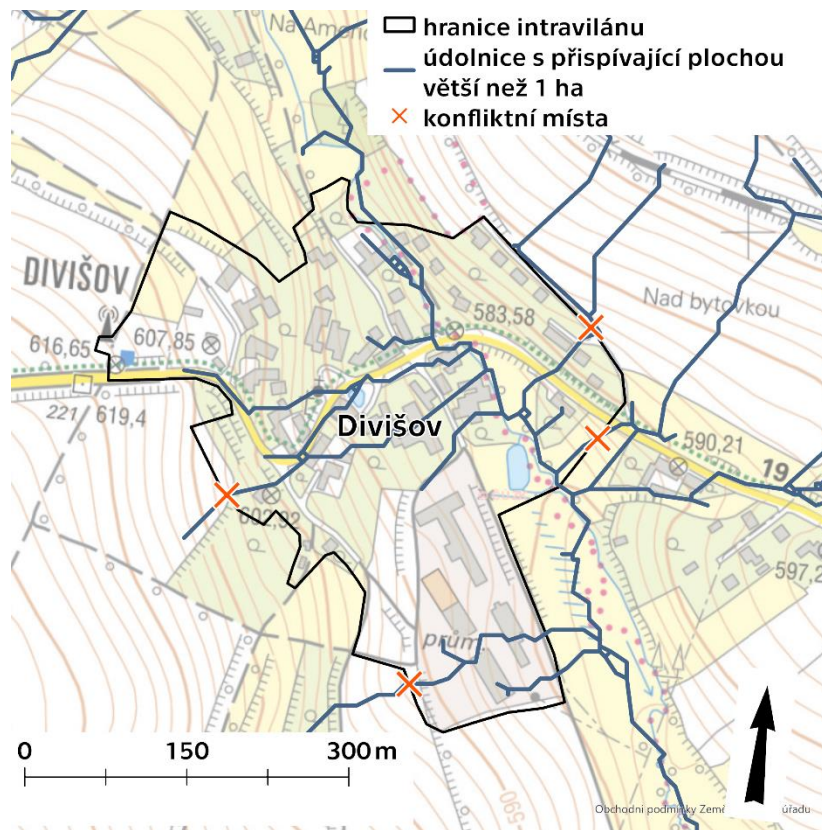
Jako další způsob pro vyhodnocení rizik erozního smyvu pro intravilán sídel bylo zvoleno vykreslení údolnic. Jedná se o identifikaci odtokových linií (dráhy přímého povrchového odtoku) s přispívající plochou povodí větší než 1 ha. Tyto odtokové linie mohou dát za vznik soustředěnému povrchovému odtoku, který může způsobit škody na území sídel. Odtokové linie nezohledňují aktuální využití pozemků ani jiné skutečnosti, které mají vliv na přerušení soustředěného povrchového odtoku.

Tento výstup byl vytvořen v programu ArcGIS Pro pomocí nástroje FlowAccumulation. Jako vstup do tohoto nástroje slouží výstup z FlowDirection, tento nástroj byl použit s nastavením type D8. Jedná se o nejjednodušší způsob, což znamená, že odtok z každého pixelu je směřován pouze jedním směrem a není nijak dělen. Nástroj FlowAccumulation poté už jen načítá plochu povodí pro každý pixel, která je vyjádřena jako počet přispívajících pixelů. Dráhy odtokových linií a konfliktní místa jsou pro každé sídlo vykresleny na přiložených obrázcích (obr. 37 a 38).

Identifikace rizik erozního smyvu pro intravilán sídel Olešná a Divišov

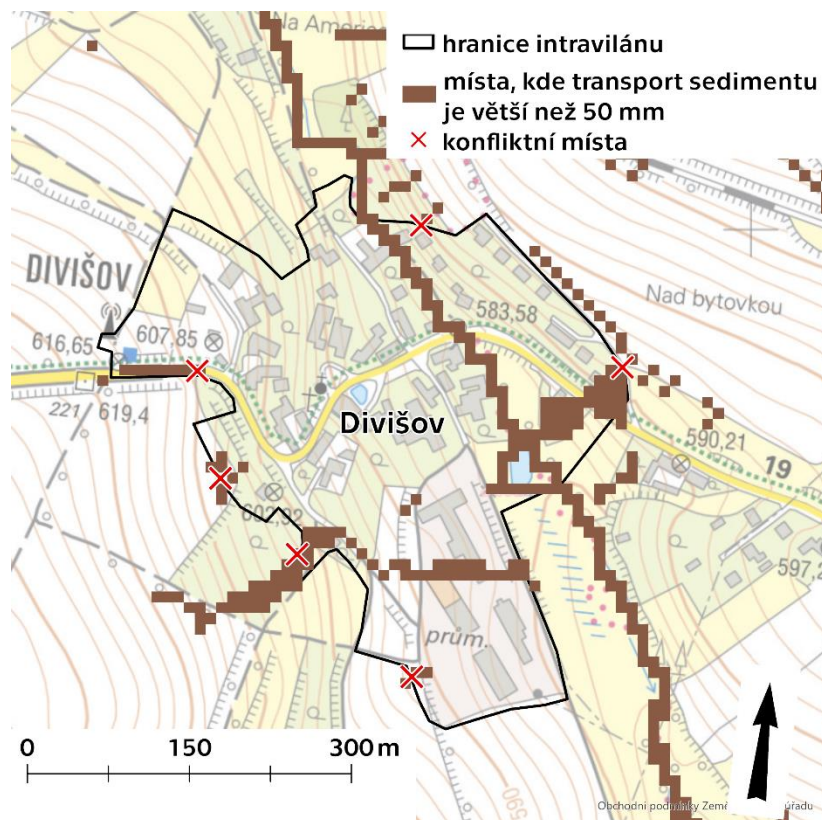


Obrázek 37: konfliktní místa z pohledu soustředěného odtoku pro sídlo Olešná

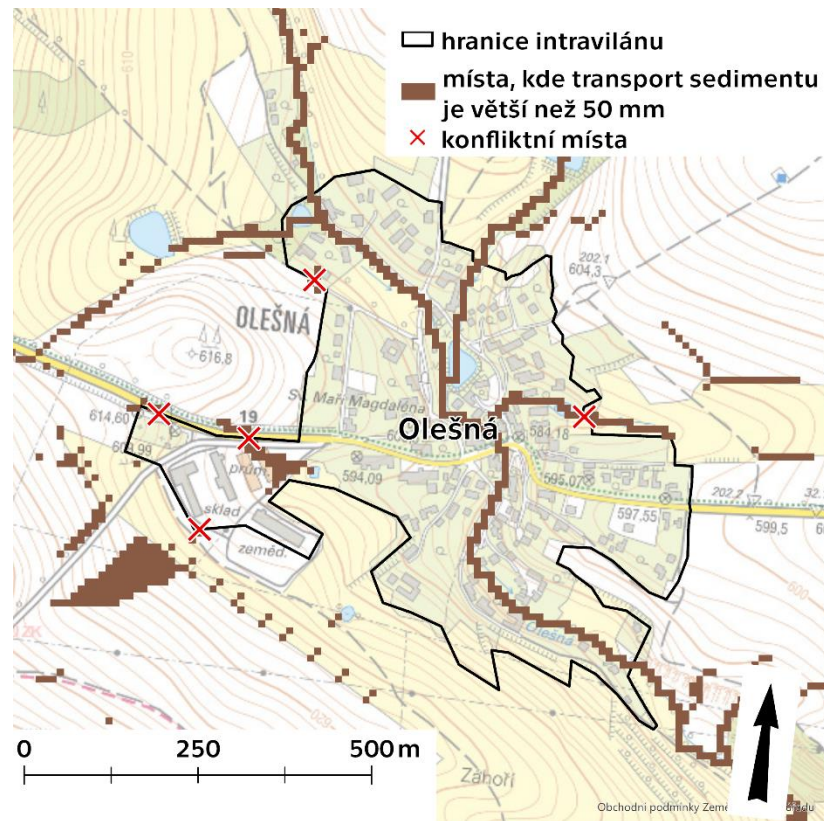


Obrázek 38: konfliktní místa z pohledu soustředěného odtoku pro sídlo Divišov

Dalším podkladem pro vyhodnocení konfliktních míst byl použit výstup Inflow z modelu WaTEM/SEDEM. Inflow, jak již bylo dříve uvedeno, udává množství sedimentu transportovaného do daného pixelu v tunách. Jako riziková hodnota transportu sedimentu byla zvolena 6.5 t za rok. Pro přepočítání na milimetry pro lepší znázornění byla použita objemová hmotnost 1350 kg/m³ (MARVAL a kol., 2021). Jedná se tedy o místa o rozměrech 10 × 10 m (velikost jednoho pixelu), kterými projde ročně 50 a více milimetrů sedimentu. Jednotlivá místa, kde transport sedimentu je v konfliktu s intravilánem sídel jsou vidět na přiložených obrázcích (obr. 39 a 40).



Obrázek 39: konfliktní místa z transportu sedimentu pro sídlo Divišov



Obrázek 40: konfliktní místa z transportu sedimentu pro sídlo Olešná

6 Porovnání modelovaného a monitorovaného stavu

Pro porovnání modelovaného stavu a proběhlých událostí byly pozorovány hodnoty sklonu, dlouhodobé průměrné ztráty půdy a množství transportovaného sedimentu. Hodnoty pro zasažené pozemky jsou uvedeny v příložené tabulce (tab. 18). Kategorie ohroženosti pro modelované pozemky jsou znázorněny v kapitole 5.4 Náchylnost pozemků k erozním a transportním procesům.

Většina zasažených pozemků je z pohledu sklonu středně ohrožena, pozemek č. 3 vykazuje vysokou míru ohrožení. Z modelovaných pozemků do kategorie střední až vysoké ohroženosti podle sklonu spadá 74 pozemků, což představuje přibližně 47 % řešené plochy.

Dle dlouhodobé průměrné ztráty půdy pozemky č. 5 a 6 nepřesahují hodnotu $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, což tedy představuje mírnou ohroženost. Ostatní pozemky byly zařazeny do kategorie střední ohroženosti. Se střední a vyšší ohrožeností se ve zkoumaném území z modelovaných pozemků vyskytuje 34 pozemků, což je asi 59 % řešené plochy.

Při porovnávání množství transportovaného sedimentu zjistíme, že pouze jeden monitorovaný pozemek spadá do kategorie mírné ohroženosti. Další dva do vysoké a zbylé tři do extrémní ohroženosti. Z modelovaných pozemků do kategorie vysoké až extrémní ohroženosti spadá 33 pozemků, které představují přibližně 67 % řešené plochy.

Tabulka 18: hodnoty sledovaných vlastností pro monitorované pozemky

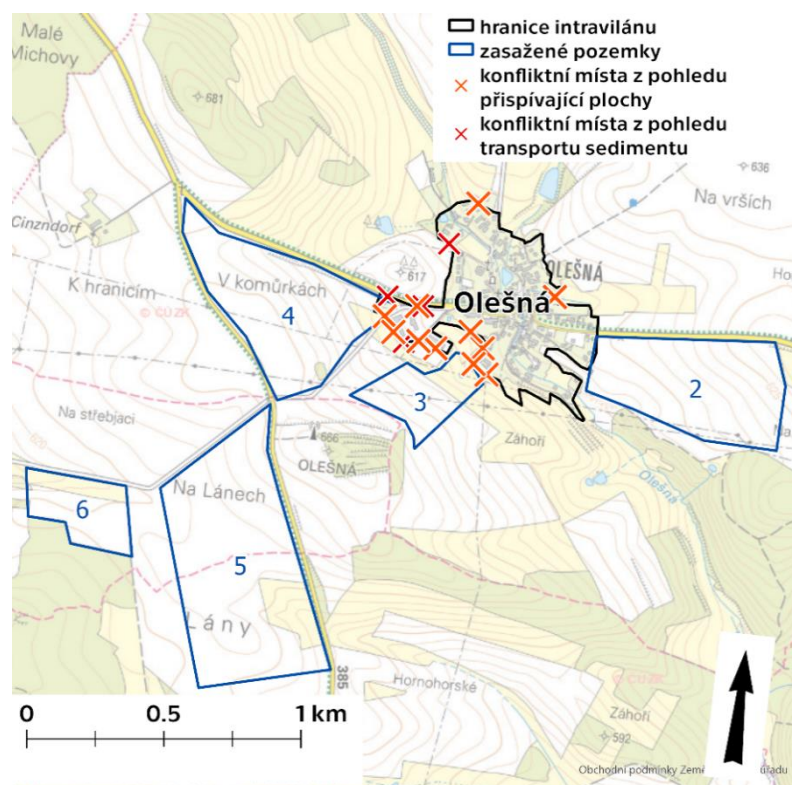
zasažený pozemek	sklon	dlouhodobá průměrná ztráta půdy G	maximální kumulované množství v odtokovém profilu 10 × 10 m
1	7.9 %	$9.7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$	421 mm
2	8.2 %	$7.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$	266 mm
3	11.0 %	$10.0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$	116 mm
4	8.5 %	$9.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$	254 mm
5	5.1 %	$3.6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$	135 mm
6	6.1 %	$2.4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$	28 mm

Z tohoto porovnání vyplývá, že přibližně 50 a více procent řešené plochy modelovaných pozemků je ohrožena stejně nebo více než pozemky, na kterých v minulosti byla zaznamenána nějaká erozní událost.

Identifikace rizik erozního smyvu pro intravilán sídel Olešná a Divišov

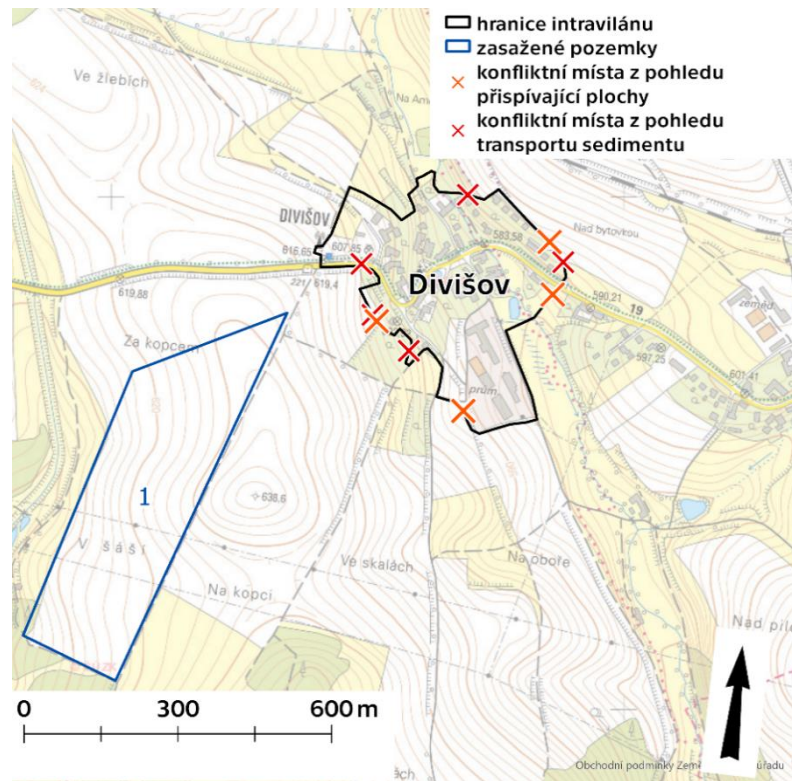
Pro další porovnání byla použita výtvarovaná konfliktní místa podle transportu sedimentu, kde přesahuje hodnotu 50 mm, a podle údolnic, které mají přispívající plochu 1 ha a více.

Z přiloženého obrázku (obr. 41) je patrné, že riziková místa pro sídlo Olešná se nacházejí na západní a jihozápadní hranici intravilánu, čemuž tedy odpovídají i zaznamenané události, a to především pozemek č. 3 a 4. Naopak podle modelovaného stavu pozemek č. 2 není vyhodnocen jako riziko pro intravilán.



Obrázek 41: monitorovaný stav a modelovaná konfliktní místa pro sídlo Olešná

Na dalším obrázku (obr. 42) je vidět zaznamenaná událost v blízkosti sídla Divišov a vytipovaná modelovaná konfliktní místa. Proběhlá událost odpovídá modelovaným rizikovým místům v západní části hranice intravilánu. Dále zde existuje několik dalších možných rizik v jižní a východní části řešeného území.



Obrázek 42: monitorovaný stav a modelovaná konfliktní místa pro sídlo Divišov

7 Zpětná vazba místní samosprávy

S prosbou o zpětnou vazbu a informace týkající se eroze půdy a jejího řešení byly kontaktovány samosprávy měst Bystřice nad Perštejnem i Nového Města na Moravě. Odpovědi na otázky byly poskytnuty pouze z městského úřadu Bystřice. Nové Město na Moravě odpovědi přislíbilo, ale z důvodu vytíženosti dosud odpověď nebyla poskytnuta.

Otázky byly následující:

- Z webové aplikace Monitoring eroze je patrné, že v blízkosti Divišova byla zaznamenána jedna událost v roce 2019. Od té doby se zde žádná podobná událost, která by poškodila intravilán obce, nestala?
- Jak celkově řešíte problematiku eroze? Jste v nějakém blízkém kontaktu se zemědělci? Dá se se zemědělci účelně komunikovat a případné problémy řešit?
- Jsou v blízké budoucnosti v plánu komplexní pozemkové úpravy nebo nějaká jiná opatření?
- Máte nějaké informace, jak tuto problematiku a rizika erozního smyvu při extrémních srážkách vnímají obyvatelé?

Samospráva ORP Bystřice nad Perštejnem odpověděla (email ze dne 10. 5. 2023):

„V k. ú. Divišov nedošlo k žádné další zaznamenané události, pouze v k. ú. Rovné došlo v poslední době ke dvěma událostem.

Problematiku eroze řešíme na základě hlášených událostí. Vzhledem k neaplikovatelnosti současné Protierozní kalkulačky nemají správní orgány možnost erozi samostatně, pouze ve spojení se Státním pozemkovým úřadem, ČIZP, případně s Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským.“

I když jsou pověřeni pracovníci povinni prověřit a zadokumentovat situaci pouze na ohlášení, řada pracovníků SPÚ pracuje proaktivně a v případě významné srážkové události udělá průzkum území, které mají na starosti. Od loňského roku pracují také s tzv. pravděpodobnostní databází. Mají tedy k dispozici podklady, které pomohou lokalizovat místa, kde by se zvýšenou pravděpodobností mělo docházet k erozním projevům.

Na další otázku uvedla:

„Zemědělci události nehlásí, obávají se zásahu do podnikání přes opatření k nápravě – nařízení vysadit jiné druhy plodin, zvolit jiné osevní postupy nebo nařízení stavebních opatření (svahové průlehy). Když už dojde na jednání, tak bývají vstřícní a jsou ochotni závadné stavy odstranit, pokud je možnost vyřešit vzniklý stav přímo se zemědělcem a správní orgán nemusí vydávat opatření, tak se jedná o nejlepší možné řešení.

Nevíme o tom, že by měly v našem ORP byly chystány nové pozemkové úpravy. Mezi opatření bych klidně zmínil aktivitu města vzhledem k Živé půdě.“

Živá půda je projekt Nadace Partnerství, který pomáhá zastavit masivní znehodnocování půdy. Tým expertů radí vlastníkům, jak zlepšit kvalitu půdy a hodnotit ji, zemědělcům pomáhá hospodařit lépe a udržitelně, z veřejnosti buduje komunitu půdochránců a u politiků lobuje za udržitelné zemědělství a ochranu půdy. (NADACE PARTNERSTVÍ, 2023)

Dále sdělila:

„Dobrou změnou by mohla být změna protierozní vyhlášky, kde by nebylo nutné využít systému protierozní kalkulačky, ale počítaly by se hlášené erozní události na jednom půdním bloku. Pokud by nastala 2x na stejné kultuře, bylo by nutné kulturu změnit.“

Aktuální Vyhláška o ochraně zemědělské půdy před erozí (Vyhláška č. 240/2021 Sb.), která je účinná od 1. 7. 2021 právě tuto problematiku řeší. A v případě, že se od 1. 7. 2021 objeví opakovaná událost na stejném pozemku, spustí se proces podrobného vyhodnocení hospodaření v dané lokalitě (vyhodnocení osevních postupů, vyhodnocení přípustné ztráty půdy).

Na poslední otázku odpověděla:

„Obyvatelé začnou riziko vnímat až když se jich přímo týká, tzn. je přímo ohrožena jejich nemovitost nebo majetek. Pokud už k této situaci dojde, tak celou věc ohlašují správnímu orgánu. Dle mého předpokladu je cca víc jak 50 % erozních událostí ohlášena právě osobou přímo postiženou takovou situací a ne vlastníkem/uživatelem zemědělské půdy.“

8 Diskuze a závěr

Cílem analýzy bylo identifikovat rizika z pohledu erozních a transportních procesů na úrovni jednotlivých pozemků pro intravilán sídel. K určení rizikových pozemků a míst bylo přistupováno z několika pohledů. Rozbor rizik probíhal pomocí výstupů z modelu WaTEM/SEDEM a z analýz a výsledků z programu ArcGIS Pro.

Nejdříve bylo přistupováno k analýze z většího měřítka, výpočty proběhly na všech třech povodích jako celku. Postupně bylo v analýze postupováno do větších podrobností, aby mohla být rizika vyhodnocena ve větším prostorovém detailu.

Základní rozbor území proběhl na celém řešeném území. Díky modelu WaTEM/SEDEM bylo zjištěno, že celková ztráta půdy na ploše všech tří řešených povodí IV. řádu je 17 500 t/rok. Celková suma transportovaného sedimentu je 10 000 t/rok a celkové množství sedimentu, které vstupuje do vodních toků je 2 700 t/rok. Použitý model je založen na empirickém způsobu výpočtu, jedná se tedy o dlouhodobé průměrné hodnoty.

Z monitorovaných událostí vyplývá, že v minulosti (v letech 2017 a 2019) v řešeném území došlo k 11 erozním událostem, které byly zaznamenány na 6 pozemcích. Některé z těchto událostí zasáhly a poškodily intravilán vesnic.

Aby byla podrobněji zhodnocena rizika pro intravilán vesnic, byly vybrány pro každé sídlo pozemky v jeho těsné blízkosti. Pro hodnocení ohroženosti jednotlivých LPIS pozemků se nejdříve vycházelo z průměrné sklonitosti na každém pozemku. Z této charakteristiky vyplývá, že se sklonem nad 5 %, tedy s ohrožeností střední a vyšší, se vyskytuje 74 pozemků z celkového počtu 99 a představují tak 47 % z celkové plochy pozemků.

Dalším ukazatelem ohroženosti pozemků byla dlouhodobá průměrná ztráta půdy. Se střední až extrémní ohrožeností, tedy se ztrátou půdy nad $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, se vyskytuje 34 pozemků a představují 59 % plochy z řešených pozemků. Dle metodiky Ochrana zemědělské půdy před erozí (JANEČEK a kol., 2012) je doporučeno aplikovat hodnotu přípustné ztráty půdy $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, což tedy tyto pozemky nesplňují.

Ohroženost jednotlivých pozemků byla sledována také pomocí transportu sedimentu. Transport sedimentu je proces, kdy dochází k přemísťování erodované půdy dále do nižších oblastí povodí. Z tohoto pohledu je se střední ohrožeností a vyšší v řešeném území 50 pozemků, které představují 78 % řešené plochy. Střední a vyšší ohroženost

znamená, že maximální hodnota transportu sedimentu za rok v úzkém profilu (jednom pixelu), v tomto případě tedy na ploše 10 × 10 m, je 50 mm a více.

V těchto třech případech byly hodnoceny celé pozemky. Není zde patrná přesná spojitost mezi výsledky a přímým ohrožením intravilánu, proto byly zvoleny ještě další způsoby pro vytipování rizikových míst.

Jedním z nich bylo zjištění maximálního transportovaného sedimentu ve vzdálenosti 50 m od intravilánu sídel. Tento přístup ukázal, že i když některé pozemky jako celek byly kategorizovány jako ohrožené, pro intravilán riziko představovat nemusí. Může to být způsobeno tím, že transportovaný materiál sedimentuje dříve, než doputuje k hranici intravilánu nebo je transportován jiným směrem.

Jako další způsob pro vyhodnocení rizik erozního smyvu pro intravilán sídel byl zvolen identifikace odtokových linií, které mají přispívající plochu větší než 1 ha. Riziková místa jsou ta, kde se tyto linie protínají s hranicí intravilánu. Dalším podkladem pro vytipování konfliktních míst byla místa, kde transport sedimentu dosahuje vyšších hodnot než 50 mm za rok a kde toto místo je v konfliktu s intravilánem.

Všechny monitorované pozemky (pozemky na kterých byla v minulosti zaznamenána erozní událost) ve všech sledovaných kategoriích (sklon, ztráta půdy a transport sedimentu) byly vždy vyhodnoceny minimálně jako středně ohrožené. Pouze dva pozemky u sídla Olešná podle sklonitosti vyšly jako mírně ohrožené. Z tohoto lze usuzovat, že modelovaný stav dobře popisuje náchylnost pozemků k erozním a transportním procesům.

Z modelovaného stavu vyplývá, že se mezi řešenými pozemky nachází i takové, které jsou svojí ohrožeností podobné těm, na kterých v minulosti byla zaznamenána nějaká erozní událost. Z tohoto pohledu by se takovým pozemkům měla věnovat větší pozornost. Takto vytipované pozemky lze dále spojit s vyhodnocením jednotlivých konfliktních míst podle transportu sedimentu a soustředěného odtoku. A na těchto pozemcích a místech provést taková opatření, aby byla snížena rizika ohroženosti.

Ze zpětné vazby od samosprávy vyplývá, že problematiku eroze půdy řeší spíše až po nahlášení proběhlých událostí než preventivními opatřeními. Sami zemědělci události spíše nehlásí, obávají se zásahu do podnikání skrze opatření k nápravě. Pokud dojde na jednání, zemědělci bývají vstřícní a jsou ochotni závadné stavy odstranit. Je evidentní, že erozní problematika pro samosprávu není klíčová záležitost. Není

jednoduché se v legislativě orientovat, ale jejich požadavky se potkávají s opatřeními, ke kterým monitoring eroze směřuje neboli opakovaná událost vyvolá individuální prověření a její případné řešení.

Seznam obrázků

Obrázek 1: druhy eroze (HOLÝ, 1994)	11
Obrázek 2: eroze na orné půdě, erozní událost V Šáší 2019 (MONITORING EROZE, 2023)	14
Obrázek 3: erozní rýha, erozní událost Na Lánech 2019 (MONITORING EROZE, 2023).....	14
Obrázek 4: zanesená kolej sedimentem, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Perštejnem	14
Obrázek 5: zakalení povrchových vod, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Perštejnem	14
Obrázek 6: poničená dešťová kanalizace, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Pernštejnem	15
Obrázek 7: zanesený dvůr sedimentem, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Pernštejnem	15
Obrázek 8: erozní odtok způsobený erozní srážkou, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Pernštejnem	15
Obrázek 9: škoda na majetku, událost Rovné 2008, archiv Městského úřadu Bystřice nad Pernštejnem	15
Obrázek 10: monitorová erozní události, stav k 5. 5. 2023 (VÚMOP, 2018)	17
Obrázek 11: vstupní dialogová okna modelu	23
Obrázek 12: řešené území na základní mapě ČR (upraveno ČÚZK, 2022)	25
Obrázek 13: hranice řešených povodí IV. řádu	26
Obrázek 14: klimatické oblasti ČR (QUITT, 1971).....	30
Obrázek 15: procentuální zastoupení druhů využití území	32
Obrázek 16: využití území	32
Obrázek 17: zasažené pozemky	35
Obrázek 18: událost č. 2027, (MONITORING EROZE,2023)	36
Obrázek 19: událost č. 1145 (MONITORING EROZE, 2023).....	36
Obrázek 20: událost č. 1871 (MONITORING EROZE, 2023).....	37
Obrázek 21: událost č. 2028 (MONITORING EROZE, 2023).....	37
Obrázek 22: událost č. 1777 (MONITORING EROZE, 2023).....	38
Obrázek 23: událost č. 1776 (MONITORING EROZE, 2023).....	38
Obrázek 24: hranice povodí a intravilánu sídel.....	45
Obrázek 25: vybrané pozemky LPIS.....	45
Obrázek 26: ohroženost pozemků podle sklonu.....	46
Obrázek 27: procentuální rozdělení ploch podle ohroženosti sklonem.....	47
Obrázek 28: ohroženost pozemků podle dlouhodobé průměrné ztráty půdy	48

Obrázek 29: procentuální rozdělení ploch podle ohroženosti ztrátou půdy	49
Obrázek 30: ohroženost pozemků podle transportu sedimentu	50
Obrázek 31: procentuální rozdělení ploch podle ohroženosti transportem sedimentu..	51
Obrázek 32: transport sedimentu 50 m od intravilánu sídla Olešná (hodnoty uvedeny v mm)	52
Obrázek 33: transport sedimentu 50 m od intravilánu sídla Divišov (hodnoty uvedeny v mm)	53
Obrázek 34: rizika erozního smyvu v okolí sídla Olešná (VÚV TGM a ČVUT v Praze, 2015)	54
Obrázek 35: rizika erozního smyvu v okolí sídla Divišov (VÚV TGM a ČVUT v Praze, 2015)	54
Obrázek 36: riziko erozního smyvu v současných klimatických podmínkách bez aplikace opatření (VÚV TGM a ČVUT v Praze, 2015).....	55
Obrázek 37: konfliktní místa z pohledu soustředěného odtoku pro sídlo Olešná	56
Obrázek 38: konfliktní místa z pohledu soustředěného odtoku pro sídlo Divišov	56
Obrázek 39: konfliktní místa z transportu sedimentu pro sídlo Divišov	57
Obrázek 40: konfliktní místa z transportu sedimentu pro sídlo Olešná	58
Obrázek 41: monitorovaný stav a modelovaná konfliktní místa pro sídlo Olešná.....	60
Obrázek 42: monitorovaný stav a modelovaná konfliktní místa pro sídlo Divišov	61

Seznam tabulek

Tabulka 1: průměrné měsíční a roční územní srážkové úhrny [mm] v obdobích 1961–1990 a 1991–2020, zdroj dat ČHMÚ	16
Tabulka 2: řešená povodí IV. řádu	26
Tabulka 3: začlenění území do geomorfologických jednotek (ČÚZK, 1998)	27
Tabulka 4: klimatické charakteristika oblastí MT3, MT5 a CH7 (QUITT, 1971)	29
Tabulka 5: zastoupení druhů využití území.....	31
Tabulka 6: přehled erozních událostí z Monitoringu eroze	34
Tabulka 7: základní informace k zasaženým pozemkům	35
Tabulka 8: přiřazení hodnot pro model WaTEM/SEDEM podle způsobu využití (ROSENDORF, 2022).....	39
Tabulka 9: hodnoty faktoru K pro jednotlivé HPJ (JANEČEK a kol., 2012)	41
Tabulka 10: vstupní parametry modelu WaTEM/SEDEM – odpovídající hodnoty v ČR (KRÁSA, 2013).....	43
Tabulka 11: výsledky z modelu WaTEM/SEDEM.....	43
Tabulka 12: ohroženost pozemků dle sklonitosti (upraveno podle VLČEK, 2019).....	46

Tabulka 13: rozdělení pozemků do kategorií dle ohroženosti sklonem	47
Tabulka 14: ohroženost pozemků podle dlouhodobé průměrné ztráty půdy (upraveno podle VÚMOP, 2023).....	48
Tabulka 15: rozdělení pozemků do kategorií dle ohroženosti erozí.....	49
Tabulka 16: kategorie ohroženosti pozemků podle množství transportovaného sedimentu	50
Tabulka 17: rozdělení pozemků do kategorií dle ohroženosti transportem sedimentu..	51
Tabulka 18: hodnoty sledovaných vlastností pro monitorované pozemky.....	59

Zdroje

BAUER, M., 2018. *Posuzování erozní ohroženosti vodních nádrží sedimentem s využitím modelu WATEM/SEDEM*. ČVUT v Praze.

BAUER, M., DOSTÁL, T. a KRÁSA, J., 2019. *Risk to residents, infrastructure, and water bodies from flash floods and sediment transport* [online]. 2019. [vid. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7216-7>

CLARK UNIVERSITY, 2012. *IDRISI Selva*. 2012.

ČGS, Česká geologická služba, 2023. *Geovědní mapy 1 : 50 000* [online] [vid. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>

ČGS, Česká geologická služba, 2023. *Půdní mapa 1 : 50 000* [online] [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/pudy/>

ČHMÚ, Český hydrometeorologický ústav, 2022. *Historická data - meteorologie a klimatologie* [online] [vid. 2023-05-06]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace>

ČÚZK, Český úřad zeměměřický a katastrální, 1998. *Geomorfologické jednotky* [online] [vid. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/arcgis/rest/services/GeomorfologickeJednotky/MapServer>

DOSTÁL, T., 2022. *Predikce erozních smyvů*. 2022. [online] Praha: ČVUT v Praze. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: https://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/YPEO/eroze%2005_USLE.pdf

ESRI ©, 2022. ArcGIS Pro 3.0.2.

HERBER, V. a SUDA, J., 2001. *Cvičení z fyzické geografie I. Hydrologie* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, fakulta pedagogická [vid. 2023-05-06]. ISBN 80-7082-810-2. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Herber/publication/346061321_Cviceni_z_fyzicke_geografie_I_Hydrologie/links/5fb9826c299bf104cf68f10a/Cviceni-z-fyzicke-geografie-I-Hydrologie.pdf

HOLÝ, M., 1994. *Eroze a životní prostředí*. ISBN 80-01-01078-3.

JÁCHYMOVÁ, B., KRÁSA, J., DOSTÁL, T. a BAUER, M., 2017. Vlastnosti povodí z hlediska jejich významu pro riziko vzniku intenzivního erozního odtoku. *VTEI* [online]. [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2017/02/5672-VTEI-Vlastnosti-povodi-z-hlediska-jejich-vyznamu.pdf>

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

JANEČEK, M. a kol., 2012. *Metodika Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ČZU Praha.

KLIMENT, Z. a LANGHAMMER, J., 2005. *Modelování erozního ohrožení ve velkých územních celcích*.

KLÍMOVÁ, H., 2022. Kvantifikace zdrojů erozního sedimentu v povodí Výrovky. ČVUT v Praze.

KRÁSA, J., 2010. *Empirické modely vodní eroze v ČR-nástroje, data, možnosti a rizika výpočtů*. Praha: ČVUT, Fakulta stavební.

KRÁSA, J., 2013. *Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy*. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. ISBN 9788001054284.

KRÁSA, J., 1999. Testování různých algoritmů pro výpočet transportu sedimentu z povodí za podpory GIS, ČVUT v Praze, Fakulta stavební.

KRÁSA, J., DOSTÁL, T., JÁCHYMOVÁ, B., BAUER, M. a DEVÁTÝ, J., 2019. Soil erosion as a source of sediment and phosphorus in rivers and reservoirs – Watershed analyses using WaTEM/SEDEM. *Environmental Research* [online]. [vid. 2023-05-13]. ISSN 0013-9351. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30739021/>

KRÁSA, J., DOSTÁL, T. a BAUER, M., 2020. Vyhodnocení zanášení Dobroměřického rybníka sedimenty. *Ochrana přírody* [online] [vid. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/vyzkum-a-dokumentace/vyhodnoceni-zanaseni-dobromerickeho-rybnika-sedimenty/>

MARVAL, Š., HEJDUK, T., DUŠKOVÁ, K., VYBÍRAL, T., TOMEK, M., ROUB, R., ZAJÍČEK, A., FUČÍK, P., VACEK, M. a Technologická agentura České republiky, 2021. *Sedimenty v zemědělsky využívaných povodích (interakce půda, voda, sediment): certifikovaná metodika*. ISBN 9788088323389.

MZE, Ministerstvo zemědělství, 2018. Situační a výhledová zpráva půda. [online] [vid. 2023-05-13]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/611976/SVZ_Puda_11_2018.pdf

MZE, Ministerstvo zemědělství, Odbor strategie a trvale udržitelného rozvoje oddělení ochrany půdy, Státní pozemkový úřad, Odbor metodiky pozemkových úprav oddělení rozvojových činností, v.v.i. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy a půdní služba, 2017. *Monitoring eroze zemědělské půdy* [online]. 2017. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/615869/Monitoring_eroze_ZP_A4_skl_nahled.pdf

MZE, Ministerstvo zemědělství, 2023. *Vodní eroze půdy* [online] [vid. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vodni-eroze-pudy/>

MŽP, Ministerstvo životního prostředí, 2015. *Definice, význam a funkce půdy*. [online] [vid. 2023-03-17]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/\\$FILE/OOHP-Definice_pudy-20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHP-Definice_pudy-20080820.pdf)

NADACE PARTNERSTVÍ, 2023. *Živá půda*. [online] [vid. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.ziva-puda.cz/o-nas>

NOVOTNÝ, I., DOSTÁL, T., KAPIČKA, J., BAUER, M., KRÁSA, J., PAPAJ, V., BEITLEROVÁ, H., KAVKA, P., JÁCHYMOVÁ, B., STROUHAL, L., KOUDELKA, P., DEVÁTÝ, J., NEUMANN, M., LABURDA, T., PETRUS, D., ŽÍŽALA, D., BRÁZDA, J., SKOKANOVÁ, E., VOJTĚCHOVSKÝ, T. a MISTR, M., 2015. *Podklady pro návrhy opatření včetně návrhu opatření na zemědělské půdě*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i.

NOVOTNÝ, I. a kol., 2017. Příručka proti erozi zemědělské půdy [online]. 2017. Praha: Ministerstvo zemědělství. [vid. 2023-05-12]. ISBN 978-80-87361-67-2. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/293635/MZE_prirucka_ochrany_proti_erozi_zemedske_pudy_2017.pdf

PLOCEK, J., 2005. Studie transportu sedimentu v povodí VN Hostivař – aplikace modelu WaTEM/SEDEM. 2005. Praha: ČVUT v Praze.

PONDĚLÍČEK, M. a ŠILHÁNKOVÁ, V., 2016. *Změna klimatu a adaptace (Bezpečnost a rozvoj v krajině)* [online]. Praha: Civitas per Populi o.p.s. [vid. 2023-05-12]. ISBN 9788087756102. Dostupné z: http://www.adaptacesidel.cz/data/upload/2017/10/zmena_klimatu_a_adaptace.pdf

QUITT, E., 1971. *Klimatické oblasti Československa Climatic regions of Czechoslovakia*.

RENARD, K. G., FOSTER, G. R., WEESIES, G. A., MCCOOL, D. K. a YODER, D. C., 1997. *Predicting Soil Erosion by Water: a Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington, D.C: U.S. Government Printing Office.

ROSENDORF, P., 2022. *Modelování významnosti zdrojů znečištění fosforem a návrhy efektivních opatření k naplnění cílů Strategie ke snížení obsahu živin ve vodách v povodí Labe – Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2022*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

ROŽNOVSKÝ, J. a kol., 2015. *Zpracování podkladů pro výpočet R faktoru*. Brno: Český hydrometeorologický ústav.

STEHLÍK, O., 1975. *Potenciální eroze půdy proudící vodou na území ČSR*. Brno: Geografický ústav ČSAV.

TOMÁŠEK, M., 1995. *Atlas půd České republiky* [online]. Praha: Český geologický ústav [vid. 2023-05-06]. ISBN 80-7075-198-3. Dostupné z: <http://www.geology.cz/1919/historie/publikace/1995-atlas-komplet-web.pdf>

VAN OOST, K., GOVERS, G. a DESMET, P. 2000. *Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage*.

VAN ROMPAEY, A., VERSTRAETEN, G., VAN OOST, K., GOVERS, G. a POESEN, J., 2001. *Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach*.

VLČEK, V., 2019. *Vodní eroze a protierozní opatření v podmínkách České republiky* [online] [vid. 2023-04-21]. Dostupné z: <https://www.ctpz.cz/vyzkum/vodni-eroze-a-protierozni-opatreni-v-podminkach-ceske-republiky-862>

VRBA, M., 2019. *Nahlášené erozní události nově putují i k zástupcům samospráv*. 9. červenec 2019. Praha: Státní pozemkový úřad. [online] [vid. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.spucr.cz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/2019/nahlasene-erozni-udalosti-nove-putuji-i-k-zastupcum-samosprav.html>

VÚMOP, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2018. *Monitoring eroze* [online] [vid. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://me.vumop.cz/>

VÚMOP, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2022. *Aktualizace konceptu přípustné ztráty půdy ze zemědělských pozemků*.

VÚMOP, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2023. *Vodní eroze* [online] [vid. 2023-04-22]. Dostupné z: https://mapy.vumop.cz/popis/popis__mapovnik.php

VÚV TGM a ČVUT V PRAZE, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce a Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství ČVUT V PRAZE, 2015. *Erozní smyv - zvýšené riziko ohrožení obyvatel a jakosti vody v souvislosti s očekávanou změnou klimatu. Program bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2010-2015* [online] [vid. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/eroznismyv/default.asp>

Vyhláška č. 240/2021 Sb., o ochraně zemědělské půdy před erozí

WISCHMEIER, W.H. a SMITH, D.D., 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning* [online]. Washington, DC: USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office [vid. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>

Zákon České národní rady č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu