

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta

Katedra pozemkových úprav

DIPLOMOVÁ PRÁCE



Vyhodnocení srážkových úhrnů ovlivňujících erozní splachy v lokalitě Jenín.

Evaluation of rainfall totals influencing erosive wash in the locality Jenín.

Vedoucí diplomové práce : Ing. Pavel Ondr, CSc.

Autor diplomové práce : Jaroslava Hoskocová

České Budějovice 2007

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem zpracovala diplomovou práci *Vyhodnocení srážkových úhrnů ovlivňujících erozní splachy v lokalitě Jenín* samostatně s použitím uvedené literatury.

Kynice

11. 4. 2007

Jaroslava Hoskovcová

Za odborné vedení a připomínky v průběhu zpracování diplomové práce si dovoluji poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Ondrovi, CSc.

Za cenné rady a pomoc též děkuji Ing. Pavlu Žlábkovi. Také bych chtěla poděkovat RNDr. Svatavě Křivancové za pomoc při získávání materiálů potřebných ke zpracování této diplomové práce.

Obsah

1.	Úvod	8
2.	Literární přehled	10
2.1.	Pojem eroze	10
2.2.	Třídění eroze podle činitele	11
2.3.	Třídění eroze podle formy	11
2.3.1.	Plošná vodní eroze	12
2.3.2.	Výmolová vodní eroze	13
2.3.3.	Proudová vodní eroze	15
2.3.4.	Podpovrchová vodní eroze	15
2.4.	Intenzita vodní eroze	16
2.4.1.	Vliv vegetace na erozní procesy	18
2.5.	Hodnocení eroze	19
2.6.	Erozní účinnost	21
2.7.	Příčiny vodní eroze	22
2.8.	Činitelé vyvolávající erozi	23
2.9.	Důsledky vodní eroze	28
2.10.	Mechanismus vodní eroze	31
2.11.	Výpočet vodní eroze	37
2.12.	Faktor erozní účinnosti deště	38
2.13.	Kinetická energie deště	41
2.14.	Protierozní opatření	44
3.	Popis území – Jenínský tok	46
3.1.	Geomorfologie a geologie	46
3.2.	Klimatické faktory	46
3.3.	Hydrologická charakteristika	47
3.4.	Pedologie	49
3.5.	Zemědělství	49
4.	Metodika	52
5.	Výsledky a diskuse	57
6.	Závěr	65
7.	Seznam literatury	67
8.	Přílohy	69



Erosion processes are subjected to the influence and interaction of causative factors. Climatic factor is the most important. The influence of climatic conditions has been described with high precision, because the methods of soil wash calculation have been improved all the time. At present the so called universal equation (USLE) is being used to calculate the soil wash. Erosion damage is becoming one of the major problems of landuse in the Czech Republic. A universal equation is used to determine wash-off of soil. The factor of erosion effectiveness of torrential rains R expresses their influence in the universal equation used to calculate the soil wash. The distribution of the erosion effect of rainstorms in the individual months was applied in the calculations. Torrential rains belong to the most important factors influencing the occurrence and intensity of water erosion. The factor of storm rain R is expressed as the product of total kinetic energy of rain E and its maximum thirty-minute intensity I_{30} . Numerical expression of this factor requires much labor. The average annual value of factor R must be calculated for concrete climatic conditions. Proposals for erosion control of soil are based on knowledge of the intensity of erosion processes. For the needs of anti-erosion protection, it is important to know the occurrence and distribution of erosively active rainfall. In this direction, torrential downpours occurring in the Czech Republic within the period starting to the end of April and ending October are of decisive importance.

1. Úvod

Půda jako jeden z hlavních zdrojů biosféry je podle definice OSN "omezený a nenahraditelný přírodní zdroj. V případě postupující degradace a její ztráty se stává tento zdroj v mnoha částech světa hranicí dalšího rozvoje lidské společnosti. Jestliže by půda přestala existovat, přestane existovat biosféra s ničivými následky pro lidstvo". Problém eroze zemědělsky využívaných půd je problémem celosvětovým, který má za následek každoroční úbytek tisíců km² zemědělské půdy. Na celém světě je každoročně postihováno erozí asi 24 miliard tun ornice. V ČR je potenciálně ohroženo cca 50 % orné půdy vodní erozí.

Příčiny eroze jsou různé a projevíly se s různou výrazností v jednotlivých obdobích geologického vývoje naší země. Zvláště účinná byla vodní a větrná eroze v období střídavého zalednění naší země, kdy zanechala výrazné stopy v bohatém členění zemského povrchu. Tzv. historická eroze skončila s posledním zaledněním a byla vystřídána podstatně mírnější erozní činností, označovanou jako soudobá eroze. Ta probíhá již celkem pozvolna a často i zcela neškodně v přírodních poměrech nedotčených lidskou činností, neboť příroda se sama brání, hlavně vegetačním krytem půdy, vzniku a škodlivým účinkům eroze.

V českých zemích bylo osídlení až do 12. století roztroušeno a navzájem od sebe odděleno plochami lesů a bažinatých území, které zaujímaly 96 % celkové plochy. Ve 12. století vzhledem k růstu domácí populace a zájmu feudálů, přestal dosud existující půdní fond stačit a tak docházelo k intenzivnějšímu mýcení lesů, odvodňování zamokřené a bažinaté půdy, upravovaly se pastviny. Jednalo se však především o rovinná území kotlin a nížin. Pohraničí i vnitrozemská pohoří a rozsáhlá podhůří zůstala bez osídlení. Projevy eroze v tomto období byly minimální.

Na počátku 13. století dochází k tzv. velké kolonizaci, kdy přicházejí na naše území noví osadníci především z německých zemí a Holandska. Přistěhovalci zavádějí užívání pluhu a tím vzniká nový protáhlý tvar pozemku (na rozdíl od čtvercového při používání rádlu). Po vyčerpání vhodné půdy v nížinách začalo toto osidlování postupovat do kopcovitého terénu podhůří a hor. V době od 15. do konce 17. století dochází ze strany feudálů především k zabezpečování hranic jejich pozemků, k čemuž sloužila jak přirozená mezní znamení (strouhy, vodní toky, hranice lesů či osaměle stojící stromy), tak i znamení umělá (hraniční kameny a mezníky). Přirozené hranice pozemků tak často plnily funkci protierozní.

Půda se stávala náchylnější k erozi tím, že přirozené louky a pastevní stanoviště byla převáděna na ornou půdu, což spolu se silným odlesňováním a nesprávnými úpravami toků vedlo k poškození krajiny.

Sklon zemědělského pozemku je pro intenzitu vodní eroze základním faktorem. Předpokládá se, že z území České republiky je ročně ve formě plavenin odnášeno asi 4 mil. tun materiálu, a z výrazně poškozených ploch roční úbytky dosahují 250 – 500 tun půdy z 1 ha.

Při hodnocení nepříznivých účinků erozních procesů se dosud vycházelo obvykle z jejich vlivu na kvality půd, a tím na snížení zemědělské produkce. Výrazný rozvoj antropogenní eroze obrátil pozornost k dalším důsledkům eroze, a to k ohrožení prostředí nadměrnou tvorbou splavenin a zejména ke znečišťování vodních zdrojů chemickými látkami uvolněnými erozními procesy na zemědělských půdách. Tato činnost eroze je velmi nepříznivá, neboť eroze působí jako rozptýlený zdroj znečištění na velkých plochách, na nichž je nutno navrhovat účinná opatření plošně i délkově rozsáhlá, která vyžadují značné náklady a jsou často překážkou mechanizovaného obdělávání velkých zemědělských celků.

Protierozní ochrana je, při stále se rozvíjející ekonomické aktivitě společnosti a při snaze účelně a hospodárně využívat přírodních zdrojů, nezbytná. Jejím úkolem je chránit dva nejcennější z těchto zdrojů – půdu a vodu – a zabránit nepříznivým důsledkům, jež by mohlo mít jejich poškození pro různá odvětví národního hospodářství, zejména pro zemědělství a vodní hospodářství i pro utváření prostředí pro život člověka.

Základním požadavkem na protierozní opatření je komplexnost. Při hodnocení erozních procesů a návrhu protierozních opatření je účelné vycházet z povodí jako ze základní jednotky, v níž lze organickou soustavou zásahů vhodně upravit odtokové poměry.

2. Literární přehled

2.1. Pojem eroze

Eroze, z latinského výrazu *erodere*, tj. rozhlodávat, značí rozrušování zemského povrchu působením exogenních sil. Zejména působením vody, ledu, větru a člověka, jako výrazného antropogenního činitele a jiných tzv. erozních činitelů (Holý, 1978).

V nejširším smyslu slova pojmem „eroze“ rozumíme rozrušování litosféry, resp. pedosféry pohybující se hmotou erogenního původu. V současné době se eroze definuje jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic.

Působením eroze se zemský povrch na jedné straně snižuje – degraduje, na druhé straně hromaděním usazených hmot zvyšuje – graduje. Výsledkem toho je zarovnávání zemského povrchu – planace. Podmínkou planačního procesu je, aby hmoty vyvýšených částí zemského povrchu byly rozpojitelné. Tuto podmínku zajišťuje zvětrávání hornin. Čím kypřejší je zvětralinový plášť, tím intenzivněji může probíhat proces zvětrávání.

Výraz eroze půdy se v literatuře začal běžně používat ve 30. a zejména ve 40. letech minulého století (Janeček a kol., 2005).

Kromě jemných částic jsou odnášeny i přirozené i aplikované živiny, půda ztrácí sorpční schopnost, ochuzuje se a devastuje postupně tak, že není vhodná pro zemědělské využívání.

Poškozování půd částečnou nebo úplnou devastací způsobenou činností člověka, nebo přírodními vlivy. Přírodními faktory mohou být erozivní činnost, kalamitní situace (povodně, bouře) nebo i zarůstání ploch lesním náletem apod. Četnější jsou vlivy člověka, především při využívání zemědělské půdy pro jiné účely, dané požadavky a vlivy průmyslu, bytové výstavby, dopravy, těžby apod.

(<http://www.la-ma.cz/pozupr/pu.pho?co=7>).

2.2. Třídění eroze podle činitele

Podle činitele, který způsobuje vznik a působí na průběh erozních procesů, rozeznáváme:

- erozi vodní,
- erozi ledovcovou,
- erozi sněhovou,
- erozi větrnou,
- erozi zemní,
- erozi antropogenní.

Uvedené druhy eroze se mohou vyskytovat jednotlivě nebo v kombinaci, což způsobuje různou intenzitu erozních procesů. V celosvětovém měřítku působí národnímu hospodářství největší škody vodní a větrné eroze. Zvětšují se nepříznivé důsledky antropogenní eroze.

Ve své práci se dále budu zabývat vodní erozí.

Vodní eroze

Vodní eroze spočívá v rozrušování zemského povrchu dešťovými kapkami a mechanickou silou povrchového odtoku vody. A to buď jen občasného po prudkých deštích a tání sněhu, nebo trvale v korytech bystřin, potoků a řek. Stojatá voda v údolních nádržích eroduje pobřeží jenom za vlnobití, podzemní eroze bývá příčinou půdních sesuvů, které často erozní jevy provázejí. Místní podmínky, za kterých vodní eroze vzniká a působí, rozhodují o stupni její intenzity a škodlivosti.

2.3. Třídění eroze podle formy

Formy eroze jsou odvozeny z působení exogenních činitelů na půdním povrchu – eroze povrchová a pod půdním povrchem – eroze podpovrchová.

Formy povrchové vodní eroze

Povrchová vodní eroze může být podle účinků vody na půdní povrch:

- plošná,
- výmolová,
- proudová

(Holý, 1978).

2.3.1. Plošná vodní eroze

Plošná eroze je charakterizována rozrušováním, transportem a smyvem půdní hmoty na celém území. Plošná eroze je nejmírnější formou (též zvaná vrstevní), při které dešťová voda stékající po sklonité půdě tzv. plošným ronem smývá jemné částice souvislé, na pohled nepozorovatelné vrstevnice, a tak zeslabuje a znehodnocuje orniční vrstvu (<http://www.la-ma.cz/pozupr/pu.pho?co=7>). Při plošné erozi je půda erodována téměř rovnoměrně po celé ploše pozemku nebo určité části svahu. Čím je plocha svahu rovnější, tím jsou podmínky pro soustředování vody menší. Avšak ani dokonale urovnaný povrch nemůže zabránit soustředování vody na svahu do rýžek a proto se dá plošná eroze těžko oddělit od rýžkové (*Janeček a kol., 2005*).

Působením plošné eroze se profil půdy postupně snižuje v některých případech až na skalní podloží. První fází plošné eroze je kapková eroze, kterou vznikají v půdě drobné jamky.

Další fází je eroze, která probíhá při pohybu vody po nakloněné ploše půdního povrchu. Při malé kinetické energii vody jsou jí vyplavovány nejjemnější částice a proto má silný výběrový (selektivní) účinek.

Selektivní eroze

Selektivní eroze, je eroze při níž povrchový odtok odnáší jemné půdní částice a na ně vázané chemické a organické látky. Dochází ke změně půdní textury a obsahu živin v půdě. Půdy podléhající selektivní erozi se stávají hrubozrnnějšími a mají snížený obsah živin. Tím se na povrchu půdy tvoří hrubozrnná vrstva skeletu (tzv. kamenná dlažba), která současně chrání půdu před smyvem. Půdy obohacené smyvem jsou jemnozrnnější a bohaté na živiny. Selektivní eroze probíhá zvolna, často nepozorovaně, a nezanechává viditelné stopy. Spolehlivě jí lze dokázat pouze zrnitostním a chemickým rozborem z jemného materiálu akumulovaného v dolních částech svahu po přivalovém dešti. Způsobuje nestejný vývoj vegetace, projevují se rozdílným růstem, rozdílnou barvou a kvalitou v částech svahu, v nichž došlo ke smyvu jemných půdních částic a živin v dolní části svahu, v níž došlo k akumulaci smyvého materiálu.

Vrstevnatá eroze

Při větší kinetické energii povrchově stékající vody a nepříznivém utváření půdního profilu (střídání málo odolných a odolných vrstev) dochází ke smyvu půdní hmoty ve vrstvách. Tato forma eroze se nazývá eroze vrstevnatá. Projevuje se na celé

ploše svahu nebo probíhá v širokých pruzích v závislosti na reliéfu povrchu. Dochází při ní obvykle ke ztrátě celé orniční vrstvy. Vyskytuje se v případech přívalových dešťů, po plošných záplavách a někdy i při nesprávném zavlažování zemědělské půdy. Často jsou jemným materiálem zaneseny příkopy nebo i komunikace (*Janeček a kol., 2005*).

Stružková eroze

Soustředěním plošného odtoku vzniká stružková eroze o hloubce a šířce několik centimetrů. Nerovnosti na povrchu terénu rozdělí plošný odtok vody laminárního charakteru na stružky, v nichž se voda pohybuje turbulentně. Vytvářejí se ronové rýhy o hloubce 5 – 20 cm, které jsou v příčném průřezu ostře ohraničené. Vývoj těchto rýh vzrůstá na svazích se vzdáleností od rozvodnice avšak zpětnou erozí při dlouhodobých srážkách se rýhy zařezávají proti spádu (*Buzek, 1983*).

Při větším soustředění vody a postupném prohlubování stružek vznikají erozní rýhy různé velikosti a tvaru. Podle tvaru příčného profilu lze rozeznávat rýhy ploché, úzké, široké a oblé. Nejvyšší formou eroze jsou strže, jejichž příčný profil má rozměry v řádu větším než 1m.

2.3.2. Výmolová vodní eroze

Výmolová vodní eroze vzniká postupným soustředěním povrchově stékající vody, která vyrývá v půdním povrchu mělké zářezy, postupně se prohlubující. Výmoly a strže zasahují často do podzemních vodonosných horizontů, z nichž odvádějí vodu, čímž snižují hladinu podzemní vody a vysušují okolní území (*Jůva, Krejčíř, 1974*).

Výmolová eroze je přirozeným pokračováním vývoje brázdové eroze. Může však vznikat i samostatně. Často jí zapříčiní nezatravněné údolnice, ve kterých se koncentruje povrchový odtok z kapalných i sněhových srážek, ale i nevhodné založení cest, příkopů nebo koleje vzniklé při jízdách zemědělské mechanizace po rozmočených pozemcích.

Nejnebezpečnějším stupněm erozního vymílání je bystřinná eroze, vznikající v horských polohách s příkrými svahy, na kterých se při nedostatečném vegetačním krytu rychle vytvářejí velké srážkové odtoky. Výsledkem jsou bystřiny, tj. poměrně krátké horské toky zaříznuté ve dně hlubokých a úzkých strží, s velkým podélným sklonem a mimořádným kolísáním průtoků. Za bezdeští i zcela vysychají, kdežto po prudkých deštích a tání sněhu se rychle rozvodňují a odnášejí spousty zemin a horninových zvětralin, kterými pak zanášejí údolí.

Rýžková a brázdová eroze

Prvním stádiem výmolové vodní eroze je eroze rýžková a brázdová. Při rýžkové erozi vznikají v půdním povrchu drobné úzké zářezy, které vytvářejí na postiženém svahu hustou síť. Postupně jak dešťový odtok přechází z plošného ronů k soustředěnému průtoku v praménkách o zvětšujícím se objemu a rychlosti, vzniká jako další forma rýhová eroze (brázdová), charakterizovaná již viditelnými rýžkami, zářezy a brázdami, hlubokými 5 – 20 cm, které se však obděláváním půdy rychle zahlazují, takže bývají rovněž často přehlíženy. Brázdová eroze se vyznačuje mělkými širšími zářezy, jejichž hustota na svahu je menší než u eroze rýžkové. Vzhledem k tomu, že rýžková a brázdová eroze postihují obvykle velkou část povrchu svahu, který rozrušují na celé ploše, označuje se často tato eroze jako nejvyšší stupeň plošné eroze (*Jůva, Krejčíř, 1974*).

Stržová eroze

Z rýžek a brázd vznikají pokračujícím soustředěním dešťového odtoku v silnější proudy povrchově stékající vody, např. v přirozených úžlabích, v nevhodně založených svahových cestách, příkopech, v místech lesních smyků apod. hlubší rýhy, jež se směrem po svahu postupně spojují a prohlubují. Jsou výsledkem rýhové eroze, která přechází ve vyšší stupeň – erozi výmolovou a tato v nebezpečnou, území devastující erozi stržovou. Zpočátku se tvoří jen mělké výmoly a strže do hloubky nejvýše 1 – 2 m. S postupným vývojem však vznikají výmoly a strže, často značně hluboké a dlouhé několik kilometrů. Výmolové zářezy se také rychle prohlubují a zpětným zařezáváním do svahu rozšiřují a prohlubují, takže postižená území jsou velmi devastovaná a mnohdy zcela znehodnocena pro zemědělství.

Výsledkem výmolové a stržové eroze jsou hluboké výmoly a strže, tyto již nejde zahladit pouhou orbou. Dlouhodobý soustředěný odtok vody podmiňuje vznik výmolů a strží, které mohou dosáhnout délek několika kilometrů a hloubek několika desítek metrů. Tento mezotvar se stává již součástí reliéfu a jeho sanace je velmi nákladná. Každoročně se objevující rýhová eroze přecházející v začínající erozi stržovou způsobuje značnou nevyrovnanost půdních podmínek vlivem neustálého promíchávání níže ležících vrstev s povrchovým horizontem při odstraňování následků těchto škod. Často vznikají efemeritní rýhy, které jsou vlivem orby a jiných technologických operací zarovnané, ale příštím přívalovým deštěm jsou znovu obnaženy (*Dumbrovský, 1992*).

Badland

Strže mohou při svém vývoji značně narušit rovnováhu přírodních procesů a v maximálním vývoji mohou podmínit vznik silně rozčleněného erozního reliéfu – badlandu. Tzv. „badland“ (zlá země), je zvláštní formou eroze, tvořící se v území s měkkými, snadno erodovatelnými horninami v semiaridních oblastech, ve kterých se v době přívalových dešťů vytvářejí hluboké rýhy a rokle oddělené ostrými hřebeny, jejich svahy jsou dále rozrývány sítí dalších rýh, takže půda je zcela zničená (*Buzek, 1983*).

Vodopádová eroze

Jsou-li v postiženém území podorniční půdní vrstvy a zejména je-li geologické podloží odolnější proti účinkům vody než vrchní vrstva, vznikají výmoly a strže s příčným profilem ve tvaru písmene „V“ s různým sklonem svahů, při stejně odolných vrstvách v celém profilu, např. v aluviálních hlínách nebo v mocných sprašových navátinách výmoly a strže s přímými až svislými stěnami s příčným profilem ve tvaru písmene „U“. Voda přitékající do zhlaví výmolů a strží tvoří často vodopád, který svou výmolovou činností prodlužuje výmol nebo strž proti sklonu. Tato forma eroze se nazývá eroze vodopádová.

2.3.3. Proudová vodní eroze

V nížinných tocích nastává konečně říční eroze (proudová), která se projevuje prohlubováním řečišť, podemíláním břehů a svahovými sesuvy. Je účinná zejména za průtoku velkých vod a v úsecích s větším podélným sklonem a prudším proudem. Proudová vodní eroze probíhá ve vodních tocích působením vodního proudu. Je-li rozrušováno pouze dno, mluvíme o erozi dnové, jsou-li rozrušovány břehy, o erozi břehové. Dnová eroze je formou podélné eroze, prohlubující podélné osy toku, břehová eroze je formou eroze, probíhající směrem kolmo na osu toku. Nejvýrazněji se projevuje proudová eroze v bystřinách, jež nesou obvykle velké množství splavenin. Posledním druhem proudové eroze je eroze způsobená vlnobitím, především na břehy velkých rybníků, vodních nádrží, jezer apod. (*Holý, 1978*).

2.3.4. Podpovrchová vodní eroze

Srážková voda působí erozně nejen při povrchovém odtoku, ale i při jejím podpovrchovém odtoku, způsobujícím vnitropůdní erozi. *Zachar (1970)* jí rozumí

mechanické vyplavování jemných, různě dispergovaných frakcí půdy gravitační vodou mezi agregáty, přispívající ke skeletizaci půdy. Zvláštní formou podzemní eroze je tunelová eroze (sufoze), spočívající ve vymílání podpovrchových chodeb vodou nad nepropustným podložím. Konečným stádiem tunelové eroze jsou erozní rýhy, vzniklé probořením stropů (*Janeček a kol., 2005*).

2.4. Intenzita vodní eroze

Vodní eroze je přírodní, obtížně měřitelný proces. Působí všude tam, kde je voda v kontaktu se zemským povrchem. Rozdíly jsou jen v intenzitě eroze, která závisí zejména na energii vody, skonu a délce svahu, odolnosti půdy a vegetačním pokryvu. Čím je půda skeletovitější, tím rychleji klesá intenzita plošné eroze. Intenzitu rýhové eroze je možné vyjadřovat délkou, resp. hustotou rýh v $\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$ (*Janeček a kol., 2005*).

Intenzita eroze, nebo-li míra erozního ohrožení vyjadřuje ztrátu půdy vlivem erozní činnosti za určitý časový úsek, obvykle za 1 rok, přepočítanou na jednotku plochy (např. na 1 ha, 1 km^2 apod.).

Ztrátu půdy můžeme vyjádřit :

- v objemových jednotkách (m^3),
- v hmotnostních jednotkách (kg nebo t),
- jako výšku ztráty půdy (mm).

Podle škodlivosti se pro potřeby návrhu protierozního opatření rozlišuje:

- a) eroze škodlivá,
- b) eroze neškodná.

Základním ukazatelem eroze je intenzita půdního odnosu. V případě, že tvorba půdy je vyšší než odnos, je eroze zcela neškodná, v případě vyrovnanosti obou procesů hovoříme o erozi kompenzační, jestliže její intenzita překročí intenzitu pedogenetických procesů, stává se eroze škodlivým jevem v krajině. Jejími morfologickými projevy jsou pak stružky a výmoly a v místech sedimentace různé akumulární tvary. Intenzita vyrovnané eroze (intenzita přípustné, tolerované eroze) je funkcí hloubky půdy, klimatických podmínek území, vegetace a činnosti člověka.

Škodlivá působnost vodní eroze se projevuje různou intenzitou podle místních poměrů geomorfologických (horniny hrubě zrnité, soudržné až jemné, nesoudržné),

pedologických (struktura půdy, obsah humusu aj.), terénních (sklon a délka svahu), zemědělských (osevní postup, vyhnojenost) aj. Na rovině nebo na mírných svazích o sklonu do 2° vodní eroze nepůsobí. Při sklonu 4° je však patrná, při 5° zdatně působivá, při 8° nebezpečná na orné půdě, při 15° také na půdě zalučněné a lesní (Jůva, Krejčíř, 1974).

Posuzováno podle výšky smyvu, lze považovat vodní erozi za neškodnou při výšce menší než 0,05 mm. rok⁻¹. Smyv o roční výšce 1 mm je však již nepřipustný a projevuje se snížením výnosu plodin o 1 – 2 %. S výškou smyvu se škodlivost eroze progresivně zvětšuje a výnosy se snižují na půdách slabě smytých o 15 – 20 %, na středně smytých o 40 – 50 % a silně smytých až o 75 % (<http://www.la-ma.cz/pozupr/pu.pho?co=7>).

Eroze by měla probíhat pouze s takovou intenzitou, aby způsobená ztráta půdy byla nahrazena přirozenou tvorbou nové. Podle údajů v literatuře, např. Morgan, lze vzhledem k zemědělské produkci připustit roční ztrátu půdy (tzv. toleranci ztráty půdy) 11 t. ha⁻¹ jako maximální hodnotu, nižší hodnoty od 2 do 5 t. ha⁻¹ jsou doporučeny pro území s malou mocností lehce erodovatelných půd. Při půdách hlubších než 2 m, na nichž se snížení úrody neprojevívá v příštích 50 letech připouštějí někteří autoři mezní hodnotu ztráty půdy 15 nebo dokonce 20 t. ha⁻¹ za rok.

Podle intenzity rozlišujeme erozi normální a abnormální, neboli zrychlenou.

Normální eroze

Při normální erozi probíhají erozní procesy s malou intenzitou, ztráta půdních částic je doplňována tvorbou nových částic z půdního podkladu. Mocnost půdního profilu se nesnižuje, mění se však zrnitostní složení vrchního půdního horizontu, který se stává hrubozrnějším.

K normální erozi se řadí eroze sezónní, jež se projevuje v části území v sezóně, v níž je půda kryta erozně málo chránící plodinou, a mikroeroze, při níž dochází k uvolňování půdních částic a rostlinných živin z místních vyvýšenin a k jejich přemístění na malé vzdálenosti. Eroze sezónní se projevuje snížením úrodnosti půdy, mikroeroze se projevuje nestejnoroďostí sklizně.

Zrychlená eroze

Při zrychlené erozi se smývají půdní částice v takovém rozsahu, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem z půdního podkladu. Vzniká ostře modelovaný tvar povrchu území (*Holý, 1978*).

Kumulativní nepříznivé efekty vlivem zrychlené eroze jsou samozřejmě různé na různých půdách, jiné na spraších a jiné na mělkých půdách, kde mohou vyvolat ireversibilní změny, které již nepůjdou maskovat zvýšenými technologickými vstupy tak, jak se to zatím daří na půdách s kvalitními půdními horizonty (*Dumbrovský, 1992*).

Obecně se uznává, že zrychlená eroze půdy je vážným světovým problémem. Obtížně však je určit rozsah, velikost a rychlost půdní eroze a její důsledky pro hospodářství a životní prostředí (*Janeček a kol., 2005*).

Je-li probíhající přirozená eroze (normální) porušena, vzniká eroze zrychlená (abnormální), která pak může vést až k úplné devastaci půdy. Příčiny této zrychlené eroze jsou obecné povahy lesnické, zemědělské nebo technické (<http://www.la-ma.cz/pozupr/pu.pho?co=7>).

2.4.1. Vliv vegetace na erozní procesy

Metodika ochrany zemědělské půdy před erozí doporučuje v podmínkách bývalé ČSFR přípustnou ztrátu půdy u mělkých půd s mocností do 30cm 1 t. ha⁻¹ za rok, u středně hlubokých půd s mocností od 30 do 60 cm 4 t. ha⁻¹ za rok, u hlubokých půd s mocností od 60 cm nemá smyv přesáhnout 10 t. ha⁻¹ za rok.

Limity přípustné intenzity eroze je nutno stanovit rovněž ve vztahu k zabezpečení ochrany vodního zdroje. Zatímco u velkých vodních zdrojů (nádrží) bude patrně vzhledem k transformačním schopnostem nádrže možno pracovat s průměrnými hodnotami odhadu transportu splavenin, u malých vodních zdrojů resp. přímých odběrů z toku bude třeba zavést hledisko pravděpodobnosti výskytu návrhové situace ve vztahu k možnosti vyřazení zdroje z provozu.

Příznivý vliv vegetace na průběh a intenzitu erozních procesů se projevuje různě podle druhu a stavu vegetace. Pozorování a měření v přírodě umožnila sestavit jednotlivé kultury podle protierozní účinnosti do pořadí: les → travní porost → obiloviny → okopaniny.

Intenzita vodní eroze pod různými kulturami podle Musgrava:

Okopaniny – úhor	100 %
Pšenice – úhor	75 %
Strniště – pšenice	10 %
Neohrazené pastviny	5 až 10 %
Velmi dobrý travní porost	0,001 až 1,0 %
Lesní porost	0,001 až 1,0 %

Janeček (2005) odkazuje na *Wischmeiera (1975)*, který uvádí, že intenzita eroze pod přirozenou vegetací dosahuje maxima tam, kde jsou průměrné roční srážky mezi 250 až 380 mm. Při vyšších srážkách zhuštěná vegetace omezuje erozi, při srážkách menších než 250 mm není odtok odnášející sediment tak častý.

Dokonalou protierozní ochranu poskytují porosty trav a jetelovin, zatímco kukuřice, okopaniny, ovocné sady a vinice a další širokořádkové kultury chrání půdu nedostatečně. Ochranný účinek plodin se v průběhu roku mění a při výpočtu se uplatňuje i rozdělení erozní účinnosti přívalových dešťů v jednotlivých měsících (*Toman, 1996*).

Vliv zemědělství na erozi

Na zemědělských půdách má na intenzitu a průběh erozních procesů výrazný vliv polohové a tvarové uspořádání pozemků.

Vliv směru obdělávání na půdní smyv podle Čerkasova:

Vedení řádků kultur	Smyv půdy (t. ha ⁻¹)
po vrstevnicích	1,7
ve sklonu 4,4 %	12,2
ve sklonu 16 %	27,2

(*Holý, 1994*).

2.5. Hodnocení eroze

Kritéria rychlosti poškození půdy je míra její kvantitativní a kvalitativní změny. *Zachar (1970)* třídí projevy plošné vodní eroze a deflace na 6 stupňů od nepatrné až po katastrofální, a to na základě úbytku půdy v m³. ha⁻¹ za rok.

Při 4. stupni, tj. při silné erozi, může být ornice zničena v průběhu jedné generace. Ornice při této intenzitě je odstraněna za 40 – 133 let a odnášené živiny svým množstvím převyšují několikanásobně obsah živin, které spotřebovává vegetace. Hnojením již zpravidla nelze tyto ztráty úplně nahradit. Při velmi silné erozi může být ornice odnesena za 10 – 40 let. Zpravidla se tento druh eroze projevuje sezónně v období katastrofálních srážek nebo silného větru a půdní profil může být zničen v krátkém období. Při katastrofální erozi je ornice rozrušena silnou sítí stružek a odnos může dosáhnout až $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Hodnocení plošné eroze

Stupeň	Intenzita odnosu v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$	Hodnocení plošné eroze
1	do 0,5	Nepatrná
2	0,51 – 5,0	Slabá
3	5,01 – 15,0	Střední
4	15,01 – 50,0	Silná
5	50,01 – 200,0	velmi silná
6	nad 200,0	Katastrofální

Hodnocení stružkové (výmolové) eroze

Intenzita výmolové eroze se zpravidla udává v délce erozních rýh v $\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$. Pro naše poměry je vhodné třídění Bučka a Mazúrové (1958).

Stupeň	Délka výmolů $\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$	Hodnocení stružkové eroze
1	pod 0,5	Nepatrná
2	0,51 – 1,0	Slabá
3	1,01 – 3,0	Střední
4	3,01 – 5,0	Silná
5	5,01 – 10,0	velmi silná
6	nad 10,0	výjimečně silná

V některých případech se také udává rychlost růstu výmolů zpětnou erozí. Zachar (1970) tuto rychlost rozděluje do 6 tříd:

1. nepatrná eroze – nepřekračuje růst rýh 0,5 m za rok,
2. slabá eroze – činí intenzita růstu 0,5 – 1 m za rok,
3. střední eroze – 1 – 3 m za rok,
4. silná eroze 3 – 5 m za rok,
5. velmi silná eroze – 5 – 10 m za rok,
6. výjimečně silná eroze – překračuje intenzita růstu výmolů 10 m za rok.

Výmolová eroze se nejintenzivněji projevuje ve svrchní části půdy nebo zeminy a při zahlubování se výmol stabilizuje na skalním podloží.

Třídění erodovaných orných půd podle Benneta (1939):

Stupeň	Třída	Podíl odnesené vrchní vrstvy půdy v %
0	nepostřehnutelná eroze	Žádný
1	slabá eroze	0 – 25
2	středně silná eroze	25 – 75
3	silná eroze	75 – 100
4	velmi silná eroze	odnesená celá svrchní vrstva
5	mimořádně silná eroze	je odneseno víc jak 75 % spodní vrstvy půdy
6	výskyty jiných erozních jevů	sesuvy aj.

(Buzek, 1983).

2.6. Erozní účinnost

Intenzita procesu vodní eroze, je výsledkem vztahu mezi erozní účinností (je určena především kinetickou energií a představuje schopnost erozních činitelů způsobit uvolnění a transport půdních částic) erozních činitelů a erodovatelností půdy (která je určena především fyzikálními vlastnostmi půdy a způsobem jejího využívání a představuje náchylnost půdy k erozi).

Síly přenesené erozními činiteli na půdní částice mají dvojí účinek:

- destrukční – půdní částice jsou při dopadu dešťových kapek vytrhovány z povrchu půdy a vystřelovány do výše až 0,6 m nebo přemisťovány do stran až na vzdálenost cca 1,5 m,
- zhutňující – výsledkem hutněního účinku kapek je vytváření škraloupu na povrchu půdy v důsledku ucpávání pórů jílovými částicemi, které jsou uvolněny z rozpadajících se půdních agregátů. Výzkum škraloupu ukázal, že je tvořen tenkou povrchovou vrstvičkou tloušťky cca 0,1 mm, která je složena z jílových částic a pod ní je cca 1 – 3 mm silná vrstva, ve které jsou větší póry zaplněny uvolněným jemným materiálem. Uvádí se, že povrchový škraloup způsobuje snížení infiltrační kapacity půdy v průměru o 90 % a významně se tak podílí na rychlém vzniku povrchového odtoku a zvýšení jeho erozního účinku. (*Janeček a kol., 2005*)

Ochranou zemědělské půdy před negativními účinky vodní eroze se sledují dva základní cíle:

- Zabránit vzniku výmolové eroze,
- Udržet intenzitu plošné eroze v hranicích neškodné eroze, tj. dosáhnout takovou účinnost protierozních opatření, při kterých intenzita plošné eroze nepřekročí hodnotu intenzity přípustné eroze.

2.7. Příčiny vodní eroze

Faktory eroze lze rozdělit na:

- a) klimatické a hydrologické
 - zeměpisná poloha,
 - nadmořská výška,
 - množství, rozdělení a intenzita srážek,
 - povrchový odtok,
 - teplota, oslunění, výpar,
 - výskyt, směr a síla větrů.
- b) morfologické
 - sklon území,
 - délka a tvar svahu,
 - expozice, návětrnost.

- c) geologické a půdní
 - povaha horninového substrátu,
 - půdní druh a typ,
 - textura a struktura půdy, její vlhkost a zvrstvení, obsah humusu.
- d) vegetační
 - hustota a délka trvání vegetačního pokryvu.
- e) způsob využívání a obhospodařování půdy
 - poloha a tvar pozemku,
 - směr a technologie obdělávání,
 - střídání plodin.

2.8. Činitelé vyvolávající erozi

Erozní procesy vznikají interaktivním působením přírodních a antropogenních činitelů, které je vyvolávají.

Nejvýznamnějšími činiteli jsou:

Srážky a povrchový odtok

Intenzita vodní a větrné eroze závisí na vlhkosti půdy, která má vliv na hodnotu odtokového součinitele a zároveň působí výrazně na soudržnost půdy. Přílišná půdní vlhkost zmenšuje infiltraci srážkové vody do půdy, čímž se zvětšuje povrchový odtok a rozplavují půdní agregáty. Malá půdní vlhkost zmenšuje odolnost půd zejména vůči větrné erozi. Šetřením se prokázalo, optimální odolnost půdních agregátů je při vlhkosti, při níž se tvoří nejpříznivější struktura (*Holý, 1994*).

Vznik a průběh erozních procesů je ve většině případů vyvolán přívalovými srážkami, které jsou charakterizovány vysokou intenzitou, krátkou dobou trvání a malou zasaženou plochou. Zvláště nebezpečné jsou zejména extrémní přívalové deště, s úhrnem srážek nad 20 mm. Povrchový odtok, vznikající z těchto srážek se rychle kumuluje a má výrazné erozní a transportní charakteristiky. V některých oblastech může být dominantním erozním faktorem povrchový odtok z tajícího sněhu.

Erozní účinek dešťových srážek je dán jejich kvalitativními charakteristikami, především jejich intenzitou a kinetickou energií nebo jejich kombinací. Erozní a transportní činnost povrchového odtoku se obecně vyjadřuje v závislosti na jeho kvantitativních charakteristikách (např. objemu průtokové vlny, kulminačním průtoku apod.) nebo charakteristikách kvalitativních (např. rychlosti proudění, tangenciálním napětí) (*Fidler, Jůva, 1983*).

Morfologie území

Vodní erozi výrazně ovlivňují sklon, délka a tvar svahu, v menší míře se také uplatňuje expozice svahu.

Sklon svahu je jedním z rozhodujících erozních faktorů. Jeho vliv může být ostatními faktory (např. vegetačním, půdním i hospodářsko-technickým faktorem) zeslaben, nikdy však plně potlačen. Prokázaný rozhodující vliv sklonu svahu na vznik a průběh erozních procesů vedl k určení tzv. kritického sklonu svahu. Pro podmínky ČR lze předpokládat, že k nebezpečnému rozrušování půdního povrchu dochází v tom místě svahu, v němž se mění plošný povrchový odtok v odtok soustředěný a v němž přechází plošná vodní eroze v erozi výmolovou.

Podle *Zachara (1970)*, který zpracoval různé údaje, se kritický sklon pro akutní erozi na málo odolných půdách pohybuje od 1 do 2°, na středně odolných půdách od 3 do 5° a na značně odolných půdách od 6 do 7°.

Pro podmínky bývalé ČSFR uvádí *Cáblík a Jůva*, citovaní *Holým (1994)*, že vodní eroze není na zemědělských půdách nebezpečná do sklonu 2°, stává se patrnou při sklonu 4° a zřetelně výraznou na půdách o sklonu větším než 8°.

Vliv délky svahu není jednoznačný a v důsledku působení ostatních faktorů se neprojevuje vždy stejně výrazně. Zpravidla však při rostoucí délce svahu a dostatečně dlouhé době trvání deště, převyšující dobu koncentrace povrchového odtoku, se intenzita eroze zvyšuje podle exponenciální závislosti (<http://www.sweb.cz/eroze/index.htm>).

Tvar svahu (konvexní, konkávní, kombinovaný svah) výrazně ovlivňuje intenzitu eroze v důsledku možné nepřirozené kombinace sklonu a délky svahu v určitých jeho částech. Ze srovnání intenzity erozních procesů na jednotlivých svazích vyplývá, že nejvyšší intenzitu mají tyto procesy na svazích vypuklého tvaru a nejnižší na svazích vydutého tvaru, a to při stejné délce a při témže převýšení. Bylo zjištěno, že na svazích vypuklého tvaru je přibližně 1,25 krát větší smyv půdy, než na svazích přímých a vydutých (*Holý, 1994*).

Vodní eroze je podmíněna povrchovým odtokem vody po skloněném území. Stékající voda nabývá se zvětšováním sklonu a délky svahu – za předpokladu trvání deště – vyšší rychlost a tangenciální napětí, a tím i větší destrukční účinek na půdní povrch a schopnost transportovat uvolněné půdní částice. Intenzita erozních procesů se obvykle snižuje se zmenšováním sklonu, až dojde k poklesu rychlosti a tangenciálního napětí do té míry, že nastane usazování půdních částic

transportovaných po povrchu území. Z průběhu erozních procesů vyplývá, že vodní erozi jsou nejvíce postiženy oblasti s členitým reliéfem, který napomáhá soustředování povrchově stékající vody a rychlejšímu odtoku (Holý, 1994).

Půdní a geologické poměry

Působení geologických poměrů na vznik a průběh eroze se uplatňuje přímo, a to odolností obnaženého geologického podkladu vystaveného styku s tekoucí vodou a ovzduším, a nepřímo působením na povrchu půdního substrátu, jehož vlastnosti jsou dány druhem geologického podkladu.

Přímý vliv geologického podkladu se projevuje zejména v místech, v nichž snadno větrající podložní hornina vystupuje těsně k povrchu území a je obnažena různými formami výmolové vodní eroze. Potom obvykle dochází k rychlému rozrušování této horniny a ke vzniku rýh, výmolů a strží, jež se postupně rozšiřují a prohlubují.

Nepřímý vliv geologického podkladu se projevuje ve vlastnostech půdotvorného substrátu, který podmiňuje význačné vlastnosti půd. Poměrně příznivé podmínky pro tvorbu půd vzhledem k protierozní odolnosti nacházíme v územích vápencových a dolomitických, méně příznivé v územích vyvřelin, zejména starších, a nejméně příznivé na různých sedimentech, zejména na písčítých, hlinitých, jílovitých a křídových slínech. Velmi nepříznivé podmínky vytváří flyš, mimořádně nepříznivé jsou sprašové usazeniny. Vliv obsahu částic různé velikosti na odolnost půd vůči vodní erozi pokládají někteří autoři za tak významný, že jím vyjadřují náchyllost půdy k erozi, tzv. erodovatelnost.

Půdní poměry jsou charakterizovány fyzikálními vlastnostmi půdy, zejména, texturou, strukturou, obsahem organické hmoty, vlhkostí, apod. Tyto vlastnosti určují velikost a časový průběh infiltrace vody do půdy a tím ovlivňují tvorbu povrchového odtoku. Současně určují odolnost půdy proti destrukčním účinkům dešťových kapek a povrchového odtoku a transportovatelnost uvolněných půdních částic. Při zkoumání vlivu půdní textury na erozní procesy se prokázalo, že k erozi jsou nejméně náchylné písčité půdy, jež se vyznačují – ve srovnání s ostatními druhy půd – velkou propustností. Při malé soudržnosti vzdoruje převažující podíl těžkých půdních částic nejdéle kinetické energii vody i kinetické energii větru. Na druhé místo lze zařadit jílovité půdy, jež jsou sice málo propustné, vyznačují se však vzhledem ke značnému obsahu koloidních částic v mírně vlhkém stavu vysokým stupněm soudržnosti.

Následují hlinité půdy, jež se vyznačují střední propustností a značnou nesoudržností, způsobenou velkým podílem prachových částic. Nejméně příznivé vlastnosti mají nehumózní spraše a sprašové hlíny s nedostatkem tmelících koloidních částic. Jejich disperzita se zvětšuje vyluhováním, jímž se ztrácí poslední složka vazby, zejména CaCO_3 a humus (*Fídlér, Jůva, 1983*).

Skeletové půdy, které obsahují poměrně malé procento koloidní frakce, se vyznačují obvykle velkou propustností. Propustnost půd a snížená pohyblivost půdních částic zmenšuje intenzitu vodní i větrné eroze.

Půdní struktura, jež je dána vzájemným uspořádáním a vazbou půdních částic, určuje obsah nekapilárních pórů v půdě a stabilitu půdních agregátů. Příznivý vliv struktury se projevuje nejvýrazněji u půd s drobtovitou strukturou, jež propouštějí nekapilární póry srážkovou vodu do hlubších vrstev a zároveň poutají její značnou část v kapilárních pórech drobtů, což zabezpečuje příznivou vlhkost, a tím i soudržnost půdy.

Vegetační kryt půdy

Působení vegetace na průběh a intenzitu erozních procesů se projevuje ochranou půdního povrchu před přímým dopadem dešťových kapek a před působením větru, podporou vsaku srážkové vody do půdy, zpomalením povrchového odtoku a zlepšením fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy. Významné je zpevnění půdy kořenovým systémem vegetace. V zimním období způsobuje vegetace pravidelné rozložení sněhové pokrývky a podle míry vývoje zmenšuje nebezpečí zamrzání půdy.

Ochrana půdního povrchu před přímým dopadem dešťových kapek spočívá v jejich zachycení nadzemními částmi vegetace. Dochází k útlumu energie vodních kapek, která dosahuje značných hodnot zejména při přívalových deštích o velké intenzitě, čímž se zmenšuje nebezpečí rozrušování půdních agregátů. Odrazem dešťových kapek od nadzemních orgánů vegetace a jejich postupným stékáním na půdní povrch dochází k prodloužení doby dopadu srážkové vody na půdu (*Holý, 1994*).

Podle erozivní účinnosti vegetačního krytu je možno seřadit jednotlivé druhy vegetace do pořadí:

- lesní porost,
- trvalé travní porosty,
- dočasné travní porosty,
- úzkořádkové plodiny (obiloviny, řepka, apod.),
- širokořádkové plodiny (kukuřice, řepa, brambory).

Zemědělské příčiny eroze

Eroze vzniká, jsou-li pole zakládána v nevhodných polohách a jsou-li nesprávně obdělávána nebo osévána plodinami, které neodpovídají daným stanovištním podmínkám. Nebezpečné je zejména zakládat pole na svazích se sklonem nad $10 - 15^{\circ}$, umisťovat je délkovým rozměrem po svahu a v tomto svahu také orat, jednostranně pěstovat plodiny, např. obilniny, snižující protierozní odolnost půdy porušováním její drobtovité struktury, špatně provozovat pastvu aj.

Také různé technické zásahy mohou být příčinou zrychlené eroze, jestliže porušují přirozenou stabilitu zemin, zhoršují odtok srážkových vod, obnažují půdu mýcením porostů aj. Nebezpečné jsou hluboké komunikační zářezy, nesprávně vedené cestní nebo odvodňovací příkopy, hluboce zaříznutá koryta vodních toků apod.

Půda se vyznačuje určitou protierozní odolností, která ji chrání před účinky vodní a větrné eroze. Všeobecně platí, že odolnější jsou půdy s dostatkem humusu, přiměřeně vlhké, s dobře vyvinutou drobtovitou strukturou nebo s hrubší zrnitostí. Naopak vyschlé, prašné hlíny a zejména bezhumózní spraše s nedostatkem tmelivých částic podléhají často erozi. Z plodin jsou proti erozi nejodolnější travní porosty, jeteloviny a luskoviny, méně odolné jsou obilniny, zejména kukuřice, a nejméně odolné jsou okopaniny (*Fídlar, Jůva, 1983*).

Určení ohroženosti pozemků vodní erozí

Hlavním činitelem eroze je klima, topografie, vegetace, půda a lidský faktor. Hlavním vlivem klimatu je typ, množství a časové rozdělení srážek. Lidský faktor zahrnuje např. hospodaření s půdou, pěstování plodin a protierozní opatření.

Hlavní faktory podílející se na vzniku a průběhu erozního procesu:

- náchylnost půdy k erozi (erodovatelnost),
- potenciální erozní účinnost deště a povrchového odtoku,
- vliv sklonu a délky svahu,
- vliv ochranného účinku vegetačního krytu (*Janeček a kol., 2005*).

2.9. Důsledky vodní eroze

Vodní eroze u nás více nebo méně ohrožuje asi 3,3 mil. ha zemědělské půdy, tj. téměř 48 % její celkové rozlohy. Nejvíce je ohrožena orná půda, a to výrazně na rozloze 473 000 ha a středně na rozloze 2 426 000 ha, v menším rozsahu však také pastviny a horské louky na rozloze 431 000 ha. Tento stav velmi poškozuje úrodnost našich svahových půd tím, že voda smývá a vymílá ornici, vyplavuje živiny a odnáší půdu ve vodních tocích nenávratně z území státu (*Fidler, Jůva, 1983*).

Hlavní důsledky vodní eroze můžeme rozdělit do následujících tří skupin.

Ztráta půdy

Ztráta půdy při erozních procesech postihuje nejvíce zemědělství a je trvalá, protože ani v případě, že půda ve formě sedimentu je po svém zachycení vytěžena, pouze zcela výjimečně se vrací zpět na pozemek. Uvolňování a odnos částic se často děje ve velkém měřítku. Mnohdy se při intenzivních srážkách smyje mělká půdní vrstva a obnaží se půdní podklad, což má při dlouhodobém procesu tvorby nové půdy pro zemědělskou i lesní výrobu velmi nepříznivé důsledky.

Vodní eroze postupuje selektivně - t.j. odnáší nejprve nejjemnější nebo nejlehčí půdní částice. V praxi to znamená ztrátu organické složky, snížení schopnosti vázat živiny, vyrovnávat pH a vůbec celkové snížení sorpční kapacity. Spolu s jemnou frakcí půdních částic a organickým materiálem dochází k přímé ztrátě vázaných živin. Ztráta rostlinných živin znamená vedle snížení výnosu i zhoršení kvality sklizně. Koncentrace těžkých kovů (Hg, Pb, Cd, Cr), reziduí pesticidů atd. v produktech erozní činnosti způsobuje vázání těchto látek na jemné půdní částice. Negativní účinek produktů erozní činnosti se mimořádně výrazně projeví tehdy, když se dostanou až do povrchových vod (*Jůva, Krejčíř, 1974*).

Při erozních procesech s nižší intenzitou dochází ke ztrátě jemných půdních částic. Tím se mění půdní textura a struktura a snižuje se vodní kapacita půdy. Při procesech vodní eroze s vyšší intenzitou, při nichž dochází ke smyvu značné části vrchního horizontu, nepřijímá nižší horizont, obvykle s menším obsahem organické hmoty a s menší propustností, v dostatečné míře srážkovou vodu. Půdní profil je ochuzen o zásobu vláhy, což má v suchých obdobích výrazný vliv na vývoj vegetace.

Následkem plošné eroze dochází ke změně zrnitostního složení půdy směrem po svahu. V horní části je materiál hrubozrnější, v dolní naopak převažuje jemnozrný. Následkem je nerovnoměrné rozložení vlhkosti po svahu - (horní, hrubozrnější část vysychá podstatně dříve a snadněji než jemné sedimenty v dolní části svahu).

Dlouhodobé působení procesů vodní eroze snížilo podle zpracovaných BPEJ naturální výnosy na orné půdě se sklony 3° - 7° o 21 %.

Transport a sedimentace půdních částic

Půdní částice uvolněné povrchově stékající vodou jsou ukládány po poklesu jejich tangenciálního napětí a rychlosti na úpatí svahů. Jemný materiál je však transportován vodou do hydrografické sítě, v níž tvoří převážnou část splavenin. Určitý podíl částic, nesených vodou ze zemědělských nebo jiných pozemků je zachycen dříve, než se dostane do recipientu. Vyskytují-li se v hojné míře v krajině prvky s vysokou drsností, brzdící odtok a zachycující splaveniny a podporující infiltraci (meze, remízky, lesy, průlehy, travní pásy, mokřady apod.), je množství půdních částic, které dosáhnou vodoteče, malé. Naopak v případě homogenních, nevhodným způsobem obdělávaných pozemků a nepřiměřeně velkých pozemků při absenci přirozených překážek je zachycení půdy v povodí velmi nízké a téměř veškerý uvolněný a nesený materiál se dostává do hydrografické sítě (*Janeček a kol., 2005*).

Splaveniny zanášejí přirozené i umělé vodní toky (plavební, odvodňovací, závlahové i jiné kanály), vodní nádrže a stavby na tocích. Dále zanášejí koryto toku a zmenšují jeho hloubku. Úroveň dna a s ní i hladina toku zvolna stoupá a postupně působí zamokření okolních pozemků. Silný zákal vody při erozních událostech negativně ovlivňuje oživení toku a snižuje kvalitu vody pro další její využití.

Transport chemických látek

Spolu s půdními částicemi je ze zemědělských pozemků přinášeno i velké množství živin. Jemnozrnné sedimenty v toku pak negativně ovlivňují kvalitu vody a poskytují životní podmínky organismům a rostlinám náročným na živiny ve vodě i v půdě, čímž dochází ke změnám v biologických charakteristikách toku - změna oživení i břehového porostu. Bujná vegetace zvyšuje drsnost břehů, snižuje kapacitu koryta a průtočnou rychlost, čímž se opět urychluje zanášení a zvyšuje hladina vody. Negativní dopady těchto nežádoucích skutečností se projevují zejména při povodňových situacích. Spolu s jemnými půdními částicemi jsou do toku přinášeny i toxické látky, aplikované při ochraně rostlin nebo hnojení (zejména pesticidy a těžké kovy). Živiny transportované do nádrže (hlavně N a P) jsou zdrojem eutrofizace, která sice zvyšuje biologickou hodnotu vody, ale současně hrozí kyslíkovou havárií.

Při kvalifikaci vlivu eroze na produkční schopnost půd vždy narazíme na komplex vzájemných vztahů mezi mnoha faktory, které jsou navíc velmi variabilní jak v prostoru tak čase. U půdy je variabilita dána charakteristikou půdního profilu (strukturou, texturou, polohou v terénu) krajinou a komplexem fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy. U všech těchto zdrojů variability dochází vlivem postupující eroze ke změnám, které se následně projevují ve snížení přirozené produkční schopnosti půd. K tomuto snížení produkční schopnosti půd dochází ve většině případů postupně a poměrně pozvolna, takže ve vyspělých oblastech i přes neustálé přirozené snižování produkční schopnosti dochází vlivem zdokonalených agrotechnologií k udržování a ke zvyšování výnosů plodin.

Vliv eroze na produkční schopnost půdy je ve většině případů závislý na mocnosti a kvalitě povrchového humusového horizontu a následujících horizontů ležících pod povrchovým humusovým horizontem (*Janeček a kol., 2005*).

Přípustný smyv

Přípustný smyv (= přípustná ztráta půdy) je označení maximální úrovně eroze, která ještě dovoluje ekonomicky efektivně udržovat a zachovávat neomezeně vysokou hladinu produkční schopnosti půd.

Pokles úrodnosti půdy ztrátou půdních částic záleží na druhu půdy a hloubce půdního profilu. Šetření na hlubokých obilnářských půdách ukázalo, že ztráta vrstvy půdy 50,8 mm znamenala snížení výnosů o 15 %, 101,6 mm o 22 %, 152,4 mm o 30 %, 203,2 mm o 41 %, 254 mm o 57 % a 304,8 mm o 75% (*Holý, 1994*).

2.10. Mechanismus vodní eroze

Mechanismus vodní eroze se řídí působením a vzájemnou interakcí uvedených erozních faktorů, které proces eroze vyvolávají a ovlivňují.

Míra ohrožení území, resp. jeho části (např. jednotlivého pozemku) procesy vodní eroze je určena vztahem mezi schopností erozních činitelů způsobit erozi a schopností povrchu půdy tomuto působení odolávat. Erozními činiteli při procesu vodní eroze jsou dešťové srážky a z nich vzniklý povrchový odtok. Schopnost erozních činitelů způsobit uvolnění a transport půdních částic (tzv. erozivita) je určena především jejich kvalitativními znaky, zejména kinetickou energií. Schopnost odolávat eroznímu působení (tzv. erodibilita) je v širším pojetí dána fyzikálními vlastnostmi půdy (zrnitostní složení, struktura, obsah organické hmoty, apod.) a způsobem jejího využívání, ke kterému patří organizace půdního fondu, druh vegetačního krytu, používané agrotechnice, atd.

Erozivita dešťových srážek se projevuje nejvýrazněji na počátku erozního procesu, kdy na půdní povrch, na kterém se dosud nevytvořila vrstva povrchově odtékající vody, dopadají dešťové kapky se značnou kinetickou energií.

Povrchový odtok vzniká v okamžiku, kdy intenzita deště překročí vsakovací schopnost půdy. Z hlediska teorie erozních procesů se předpokládá, že povrchový odtok na svahu vzniká a probíhá jako plošný odtok v tenké vrstvě, který se začíná v určité vzdálenosti od rozvodí (resp. místa vzniku odtoku) soustřeďovat do nepravidelně se vytvářející sítě rýžek a větších odtokových drah, jejichž hustota a geometrický tvar jsou závislé na charakteristikách deště a fyzicko - geografických parametrech odtokové plochy. Tato vzdálenost, která se nazývá *přípustná (limitní) délka svahu*, má z hlediska protierozní ochrany mimořádný význam, neboť signalizuje přechod plošné selektivní eroze ve vyšší formy eroze (eroze rýhová), a tedy nutnost přerušení dráhy povrchového odtoku protierozním opatřením.

Erozní proces se rozděluje do čtyř fází:

- uvolnění půdních částic deštěm,
- přemístění půdních částic deštěm,
- uvolnění půdních částic povrchovým odtokem,
- transport půdních částic povrchovým odtokem,

(Holý, 1994).

V reliéfu lze podle účinků eroze rozlišit čtyři výrazné úseky:

- eluviální zónu kolem rozvodnice, kde odnos je minimální,
- pluviální zónu svahovou, kde se vymílání a smyv projevují s největší intenzitou,
- aluviální zónu podsvahovou, kde dochází k akumulaci unášeného materiálu,
- údolní zónu, kde sice dochází k akumulaci ze svahů, ale kde již působí také SVOZ.

Svahy exponované k jihu, jihozápadu a západu jsou pro zemědělství nejcennější, protože ve vegetačním období mají příhodnější stanovištní podmínky. Rychleji však vysychají ve srovnání se svahy jiných expozicí, a proto jsou náchylnější k erozi. Dochází na nich k rychlejšímu rozkladu organických látek, a tím se zmenšuje soudržnost půdních částic, což zmenšuje nejen jejich odolnost vůči vodní erozi, ale také vůči eolitické (*Buzek, 1983*).

Vznik eroze

Pro vznik a intenzitu erozních procesů jsou ve většině případů rozhodující přívalové srážky. Jejich erozní účinek, způsobený povrchovým odtokem o značné intenzitě, je zesílen účinky kinetické energie dešťových kapek na půdní povrch, na němž tyto srážky rozbíjejí půdní agregáty a připravují stékající vodě materiál k odnosu (*Holý, 1978*).

Srážky a erozní účinek deště

Vodní eroze je vyvolána kinetickou energií dešťových kapek dopadajících na půdní povrch a mechanickou silou povrchově stékající vody. Povrchový odtok vzniká z přívalových nebo dlouhotrvajících srážek, ze sněhových vod při jarním tání a také koncentrací vody v přirozené i umělé hydrografické síti.

V oblastech s malým množstvím srážek dochází obvykle k malému povrchovému odtoku, neboť srážková voda infiltruje do půdy a je spotřebována vegetací. Větší množství srážek, obvykle více než 1 000 mm za rok, vede k vytvoření husté vegetace, jež brání rozvinutí erozních procesů. Z toho důvodu usuzují někteří autoři, že k největšímu rozšíření vodní eroze dochází v oblastech se středními hodnotami ročních srážek, v nichž je porušen přirozený kryt půdního povrchu, a v oblastech s velkým množstvím srážek, v nichž došlo k odstranění přirozeného lesního porostu.

Na výskyt vodní eroze a její intenzitu má výrazný vliv charakter srážek. Přívalové srážky o značných intenzitách jsou v mnoha případech rozhodující pro intenzitu erozních procesů. Je-li déšť provázen větrem, projevuje se jeho vliv na rychlost letu kapek a výsledný vektor rychlosti může být větší než v klidném vzduchu. Vliv větru je výraznější při regionálních srážkách s menším průměrem kapek než u přívalových dešťů, vyznačujících se většími kapkami (*Holý, 1978*).

Srážky

Srážky H_s vznikají kondenzací vodních par na kondenzačních jádrech. Jsou sledovány a uváděny denní úhrny srážek, měsíční, vegetační a celoroční úhrny srážek v mm. Pro klimatické účely jsou uváděny průměrné srážkové úhrny z dlouhodobých pozorování. Je-li délka období, ze kterého je průměr srážek určen delší než 50 let, je takový údaj nazýván srážkovým normálem. Srážkové údaje za dlouhá období lze zpracovávat statistickými metodami.

Intenzitu deště lze určit z ombrografického záznamu. Při deštích klesá průměrná intenzita deště s rostoucí dobou trvání deště t . Určité intenzity se vyskytují více nebo méně často, což je vyjádřeno periodicitou. Při dešťové srážce část vody se zadrží na nadzemních částech rostlin. Tento jev se nazývá intercepce a zadržené množství může činit i 10% z dopadajících srážek, při menších úhrnech srážek může být intercepce i větší než srážka. Voda ze srážek, která se dostane na povrch území, vsakuje do půdy. Pokud její dopadající množství (intenzita srážky) je větší, než je rychlost vsaku, zůstává nevsáklé množství na povrchu půdy. Postupně vyplňuje mikrodeprese a je-li povrch území ve sklonu, odtéká, spojuje se v drobných stružkách z okolních makrodepresí a vytváří tzv. povrchový odtok. Ta část srážek, která vytváří tento odtok, je nazývána efektivní srážkou povrchového odtoku (*Fidler, Jiřina, 1983*).

Erozní účinek srážek (erozivita srážek) je dán jejich kinetickou energií. Bývá někdy označován jako index erozivity (E_d). Je funkcí intenzity deště a jeho trvání a hmotnosti, průměru a rychlosti dopadu vodních kapek. Ke zjištění vlivu erozního účinku deště, daného jeho kinetickou energií, je nutno znát rozdělení velikosti dešťových kapek. Kapky o průměru menším než 0,28 mm zachovávají při pádu tvar koule. Kapky o průměru 0,28 – 1 mm mají tvar elipsoidu, u kapek větších dochází k prohnutí spodní plochy dovnitř a počínaje průměrem 5,8 – 6 mm se kapky stávají nestabilními se zvýšenou náchylností k rozpadu. Při fázi rozpadu se vzniklý toroid

(prostorové těleso ve tvaru prstence se stejnou plochou kruhového příčného profilu), jehož průměr je 8 až 10krát větší než průměr původní kapky, rozpadá na větší počet (až 12) kapek menšího průměru.

Další charakteristikou, která rozhoduje o energetických vlastnostech dešťů a jejich přetvorném účinku na půdní povrch, je rychlost pádu kapek. Pád kapky představuje zpočátku zrychlený pohyb, který trvá do doby, než dojde k vyrovnání mezi tíhou kapky a odporem, který jejímu pohybu klade vzduch (*Janeček a kol., 2005*).

Měření prokázalo, že horní hranice průměru dešťových kapek je 5 mm. Kapky o průměru > 5 mm se při letu rozdělují na větší počet menších kapek. Velké kapky mohou na povrch reliéfu dopadnout podle různých měření maximální rychlostí až $9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a při dopadu na nechráněný povrch jsou půdní částice jejich dopadem vymrštěvány do výšky až 40 cm. Po úderech kapek se na povrchu půdy mohou vytvořit malé kráterky o průměru 3 – 6 mm a na jejich obvodě se vytvářejí miniaturní valy z vymrštěného materiálu, kdy působením bombardující a povrchově odtékající vody se tvoří zemní pyramidy. Při silném dešti může na 1 m^2 spadnout až 1300 kapek o průměru 1 mm při rychlosti dopadu $4,4 - 5,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Přívalové srážky o vysokých intenzitách zpravidla postihují menší území o rozloze $10 - 70 \text{ km}^2$, maximálně 200 km^2 . V členitém horském reliéfu i toto malé území může postihnout celé povodí a podmínit tak katastrofální odtok vody a následnou erozi (*Buzek, 1983*).

Na rychlost letu vodní kapky má vliv gravitace a odpor vzduchu. Kapka padá volným pádem zvětšující se rychlostí do okamžiku, v němž nastane rovnováha mezi gravitační silou a odporem vzduchu, a pokračuje v letu konstantní rychlostí. Tato konečná rychlost závisí na velikosti a tvaru kapky. Vliv větru je výraznější při regionálních srážkách s menším průměrem kapek než u přívalových dešťů vyznačujících se většími kapkami (*Holý, 1994*).

Vsáklé množství vody do půdního profilu postupně vyplňuje volné půdní póry, především kapilární. Po jejich zaplnění odtéká voda většími gravitačními póry do větších hloubek a může vytvářet zásoby podzemní vody. Často tato část prosakující vody odtéká gravitačními póry mimo místo vsaku a vytváří tak podpovrchový odtok.

Rozhodujícím faktorem rozdělení srážkové vody na povrchový a podzemní odtok včetně vytváření zásob podzemní vody je proces vsaku do půdy (infiltrace).

Ta část deště, která vytváří skutečný odtok je nazývána efektivním deštěm. Stanovení efektivního deště je velmi obtížné, ale velmi důležité, chceme-li správně posoudit velikost odtoků (*Fidler, Jůva, 1983*).

Přívalové srážky

Pro intenzitu erozních procesů je ve většině případů rozhodující odtok z přívalových dešťů. Přívalové deště, charakterizované vysokou intenzitou a krátkou dobou trvání, vyvolávají maximální odtok na malých a velmi malých povodích. Na velkých povodích jsou maximální odtoky vyvolány převážně táním sněhu (velký jarní odtok), popř. v kombinaci s deští. Hranici mezi malým a velkým povodím určuje tady maximální zasažená plocha přívalovým deštěm nejdelší doby trvání. Tato hranice se pohybuje v širokém rozmezí 30 až 250 km². Velmi malá povodí se svým charakterem blíží elementárním odtokovým plochám, jejich velikost se obvykle uvažuje do 1 až 5 km² (*Holý, 1994*).

Při posuzování eroze půdy a povodí na malých tocích, jsou důležité jednotlivé deště, zvláště deště přívalové. Jsou charakterizovány délkou trvání, zpravidla udanou ve vteřinách, respektive v minutách a celkovým úhrnem srážky H_s a intenzitou deště (průměrnou, příp. maximální). Zasahují poměrně malé rozlohy 10 – 70 km², max. 200 km² a mají krátké trvání 900 – 1800 s (15 – 30 min) a mají vysokou intenzitu okamžitou až $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 17 \text{ m}^* \cdot \text{s}^{-1} = 170 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, ale i čtyřnásobek této hodnoty (*Fidler, Jůva, 1983*).

Pro potřebu protierozní ochrany je důležité znát výskyt a rozdělení erozně účinných srážek. Rozhodující jsou vydatné přívalové srážky, které se vyskytují v podmínkách České republiky převážně v období od konce dubna do října. Pro vyhodnocení četnosti výskytu takových srážek byly vybrány denní srážkové úhrny o vydatnosti nad 10, 20 a 30 mm. Výsledky ukazují na rostoucí trend výskytu vyšších denních srážkových úhrnů, zejména s vydatností nad 20 mm. Při hodnocení sezonality výskytu denních srážkových úhrnů nad 10 mm byl zjištěn rostoucí trend v měsíci dubnu, tedy v době, kdy je půda erozně nejvíce ohrožená. Z tohoto zjištění vyplývá, že nebezpečí výskytu erozních jevů se může zvýšit, přestože roční úhrny srážek vykazují mírný klesající trend. Z výsledků vyplývá, že vyšší denní srážkové úhrny nemusí mít vždy charakter erozně nebezpečných dešťů (*Toman, 1997*).

Proudící přívalové deště mají rozhodující význam. Wischmeier a Smith uvažovali srážky nad 12,5 mm a s intenzitou vyšší než 24 mm. h⁻¹, které můžou být klasifikovány jako deště s erozní schopností. Při rozboru rajonizace průměrných ročních hodnot faktoru erozní efektivity proudících přívalových dešťů se jako dostačující vzaly v úvahu srážky nad 10 mm s intenzitou větší než 20 mm. h⁻¹. Výsledky byly získány z hodnot přívalových srážek, které se vyskytovaly od konce dubna do začátku října a jsou klasifikovány jako erozně nebezpečné (Toman, 1992).

Pro takové deště byly počítány: maximální 30minutové intenzity, maximální intenzity, kinetická energie a hodnoty faktoru erozní účinnosti jednoho deště:

$$R = E * I_{30},$$

Přívalové srážky a jejich vysoká intenzita, jejímž důsledkem je destrukční vliv kinetické energie dešťových kapek na povrch půdy a rychlé formování povrchového odtoku.

Minimální hodnoty přívalových dešťů podle Berga:

Trvání (min)	5	10	15	20	25	30	40	45	50
H _s (mm)	2,5	3,8	5,0	6,0	7,0	8,0	9,6	10,25	11
i (mm.min ⁻¹)	0,50	0,38	0,33	0,30	0,27	0,27	0,24	0,23	0,22
Trvání (min)	1 h	2 h	4 h	12 h	24 h				
H _s (mm)	12	18	27	45	60				
i (mm.min ⁻¹)	0,20	0,15	0,11	0,06	0,04				

V některých horských oblastech dochází působením přívalových dešťů k pohybu sůvových proudů, které ohrožují technické stavby i celá města. Rekreační hodnota erodovaného území, zejména zanesením vodních toků a vodních nádrží, se značně zmenšuje. Erodované břehy toků a vodních nádrží jsou pro rekreaci nevhodné.

V protierozní ochraně se podle Hellmanna považují obvykle v mírném klimatickém pásmu za přívalové deště s dobou trvání do 180 minut s výškou 10 až 80 mm. V podmínkách České a Slovenské Republiky je podle Cablíka a Jůvy (1963) trvání přívalových dešťů zřídka delší než 3 hodiny, střední doba trvání největších přívalů bývá 15 až 20 minut, jen výjimečně delší než 30 minut. V průběhu deště kolísá jeho intenzita, zpočátku je obvykle malá, rychle se zvyšuje do maxima, ke konci deště opět klesá.

Zvětší-li se intenzita deště po dočasném poklesu, označuje se dešť jako dvojnásobný, trojnásobný atd. Přívalové deště se vyskytují nejvýše trojnásobně.

2.11. Výpočet vodní eroze

Nejvýznamnější rovnicí pro určení půdního smyvu je tzv. Univerzální rovnice ztráty půdy - Universal Soil Loss Equation – USLE, Wischmeier, Smith (1965), která se stala základní metodou hodnocení intenzity erozního procesu nejen v USA, ale i v mnoha dalších zemích.

Rovnice má tvar:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [\text{t. ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}]$$

- G - průměrná roční ztráta půdy,
- R - faktor erozní účinnosti srážek, vyjádřený v závislosti na četnosti jejich výskytu, kinetické energii, intenzitě a úhrnu,
- K - faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a infiltrační schopnosti půdy,
- L - faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy,
- S - faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu na velikost ztráty půdy,
- C - faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na druhu a vývoji vegetace a použité agrotechnice,
- P - faktor účinnosti protierozních opatření.

Ztráta půdy na konkrétním pozemku se při použití USLE odvozuje ze ztráty půdy na tzv. jednotkovém pozemku, jehož parametry byly přesně definovány a odvozeny z rozměrů standardních elementárních výzkumných odtokových ploch: délka pozemku 22,13 m, sklon 9 %, povrch pozemku udržován mechanickou kultivací ve směru sklonu svahu jako úhor po dobu minimálně dvou let. Pro jednotkový pozemek jsou faktory L, S, C, a P rovny 1,0.

Je zřejmé, že způsob využívání pozemku nezabezpečuje dostatečnou ochranu půdy před erozí. Proto je nutné uplatnit protierozní opatření, jejichž účinnost je vyjádřena změnou příslušného faktoru univerzální rovnice.

RUSLE – Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy

Na základě zkušeností s používáním tzv. univerzální rovnice ztráty půdy (USLE), došlo v 90. letech k jejímu prověření, aktualizaci a úpravě. Tato úpravy vedly k určitým změnám ve způsobu stanovení jednotlivých faktorů rovnice a proto byla tato rovnice nazvána „Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy“ (RUSLE).

Možnosti RUSLE při řešení erozní ohroženosti

RUSLE se stejně jako USLE používá pro predikci dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy vodní erozí ze zemědělsky využívaných pozemků ležících v klimatické oblasti daného typu, s daným druhem půdy, o určitém sklonu a délce svahu, při určitém systému pěstování plodin, obdělávání půdy a uplatňování protierozních opatření. Lze ji však aplikovat i pro území s nezemědělským využitím, např. na staveništích. Její předností je jednoduchost, účelnost, rychlost výpočtu a možnost využití velkého množství v databázích uvedených vstupních údajů, zahrnujících hlavní erozní faktory (*Janeček a kol., 2005*).

2.12. Faktor erozní účinnosti deště

Faktor erozního účinku deště R je jedním ze základních parametrů určujících erozivitu dešťových srážek. Nicméně v řadě zemí neexistuje síť pluviografických dat dostatečně hustá, nebo R faktor je zjišťován z relativně krátkých časových řad, což znemožňuje jeho regionalizaci. Řada autorů upozorňuje na obtíže při extrapolaci registrovaných hodnot vzhledem k místnímu rozložení a časovému výskytu erozně nebezpečných dešťů. Jednou z nevýhod výpočtu faktoru R z univerzální rovnice pro výpočet ztráty půdy (USLE) je dlouhá časová řada. Wischmeier doporučuje 50 let. Proto řada autorů usilovala o nalezení vztahu mezi faktorem R a parametry, které lze snadněji získat a spočítat (*Toman, 2003*).

V univerzální rovnici pro stanovení dlouhodobého průměrného smyvu půdy použili Wischmeier a Smith (1978) k vyjádření erozního účinku dešťů tzv. dešťový faktor R. Problematikou stanovení tohoto faktoru pro podmínky České republiky se zabývala celá řada autorů např. Pasák (1984), Janeček (1992), Toman (1995). Výsledkem jejich prací je stanovení průměrné roční hodnoty faktoru R. V podmínkách ČR se erozně nebezpečné deště vyskytují v době od konce dubna do počátku října. Znalost rozdělení faktoru R v jednotlivých měsících umožňuje zpřesnit výpočet faktoru ochranného účinku vegetace C v konkrétních hospodářsko-ekologických podmínkách.

Faktor erozní účinnosti přívalového deště R je určen vztahem:

$$R = E * i_{30} / 100 ,$$

kde: R = faktor erozní účinnosti deště (MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹),

E = celková kinetická energie deště (J.m⁻²),

i₃₀ = max. 30-ti minutová intenzita deště (cm.h⁻¹).

Hodnoty faktoru R jednotlivých dešťů lze buď třídit podle četnosti jejich výskytu, nebo sčítat a průměrovat pro stanovení průměrné roční (měsíční) hodnoty faktoru R. Pro získání reprezentativních údajů o průměrné roční hodnotě faktoru R pro jednotlivá místa je třeba zpracovat úplné údaje, nejlépe za období alespoň 50 let (*Toman, 1998*).

Pro výpočet dešťového faktoru R byly analyzovány deště s vydatností nad 12,5 mm, oddělené od předchozích a následných dešťů šestihodinovou či delší přestávkou. Deště, jejichž maximální intenzita nepřekročí 24 mm. h⁻¹, se neuvažují (*Wischmeier a Smith, 1978*) a předpokládá se, že při nich nedochází k odtoku vody po povrchu pozemku (*Toman, 2002*).

Z dlouhodobého pozorování srážek a jejich intenzit lze získat průměrnou roční hodnotu součinitele R. V ČR a SR, kde jsou hlavním zdrojem erozních procesů přívalové srážky, se používá hodnota součinitele R pro vegetační období. Pro větší území lze zkonstruovat příslušné izoliny. Pro území ČR sestavil mapu izolinií průměrného ročního dešťového součinitele R Pretl.

Součinitel R s různou četností výskytu.

četnost výskytu (roky)	1	2	5	10	20	50
součinitel R	16,0	27,5	47,4	63,8	76,2	92,3

(*Holý, 1994*).

Intenzity přívalových dešťů.

Trvání deště	Intenzita (mm. min ⁻¹)		a = max i / i
	Střední i	max i	
5 – 15 min	1,405	3,743	2,7
16 – 30 min	0,980	2,240	2,3
31 – 45 min	0,740	1,922	2,6
46 min – 1 h	0,580	1,300	2,2
1 – 2 h	0,420	1,022	2,5
2 – 3 h	0,256	0,517	2,0
3 – 4 h	0,204	0,475	2,6
4 – 5 h	0,151	0,291	1,9
5 – 6 h	0,111	0,242	2,2

Pro získání reprezentativních údajů o maximálních ročních hodnotách faktoru R pro jednotlivá místa je třeba zpracovat úplné údaje, nejlépe za období alespoň 50 let. Pokud nejsou k dispozici konkrétní hodnoty faktoru R pro místní podmínky, lze pro území ČR počítat s průměrnou hodnotou $R = 20$. K výpočtu této hodnoty faktoru R byly použity výsledky srážkoměrných (ombrografických) pozorování ze tří stanic ČHMÚ za období 50 let. Vyhodnoceny byly jen deště, jejichž úhrn překračoval 12,5 mm a intenzita 24 mm. h⁻¹.

Rozdělení R – faktoru pro území Čech v jednotlivých měsících:

Měsíc	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen
%	0,5	7,0	26,8	32,2	31,1	2,0	0,4

Z rozdělení jasně vyplývá, že v období od června do srpna se vyskytuje 90 % přívalových dešťů a proto v této době je ochrana půdy nejdůležitější.

V současné době se postupně odborně zpracovává regionalizace R – faktoru pro území ČR na základě posledních údajů ČHMÚ, jako tomu už je v sousedních a některých ostatních zemích světa (*Janeček a kol., 2005*).

2.13. Kinetická energie deště

Pro erozní proces má základní význam kinetické energie vodních kapek dopadajících na půdu. Je příčinou rozbití půdních agregátů a tím uvolnění půdních částic, jejich přemístění na krátkou vzdálenost rozstříknutím a zvýšením turbulence povrchového odtoku.

Přímé měření kinetické energie deště je obtížné, neboť příslušné síly vyvolané dopadem jednotlivých kapek jsou tak malé, že je obtížné zkonstatovat dostatečně citlivé měřicí přístroje, na než by neměl vliv vítr. Výhodnější je přeměna kinetické energie v jiný druh energie, snáze měřitelný v malých hodnotách. Tak např. při dopadu dešťových kapek na membránu lze zjistit energii dopadu měřením intenzity zvuku, jež kapky vydávají, apod.

Obvykle se však energie dopadajících dešťových kapek zjišťuje výpočtem z hmoty kapek a jejich konečné rychlosti. Kinetická energie deště je součet kinetických energií jednotlivých kapek.

Nejvýraznější charakteristikou deště je kinetická energie kapek dopadajících na půdu, jež je značně vyšší než energie povrchového odtoku. Vyplývá to ze srovnání kinetické energie deště a povrchového odtoku.

Wischmeier a Smith udávají vztah mezi kinetickou energií deště a jeho intenzitou výrazem:

$$E = 206 + 87 \log_i$$

kde: E - je kinetická energie deště ($J \cdot m^{-2}$ na 1 cm výšky deště),
 i - je intenzita deště ($cm \cdot h^{-1}$).

Závislost smyvu na kinetické energii deště, vyjádřeno i dalšími autory podle laboratorních měření, prokázal Wischmeier pro přirozené srážky. Po zpracování 8 250 dat z 35 výzkumných stanic v USA dospěl k názoru, že nejvhodnějším ukazatelem vztahu smyvu a dešťů je parametr vyjadřující společný vliv kinetické energie deště a jeho největší 30-ti minutové intenzity.

Uvedený parametr označil Wischmeier EI_{30} . Lze jej stanovit pro jednotlivé deště a sčítat, čímž lze získat denní, týdenní, měsíční, roční nebo n-letou hodnotu parametru. Wischmeier uvažoval vzhledem k eroznímu účinku deště o výšce $\geq 12,7$ mm.

Parametr EI_{30} , jehož použití se osvědčilo v USA, není možno přejímat bez úvah pro jiné podmínky, čehož jsme často svědky. Z toho, že dešť o nízké intenzitě s malým průměrem kapek často nepůsobí erozně do té míry, aby jej bylo účelné uvažovat, vyplývá při sumaci EI_{30} všech dešťů, že tento parametr za delší období nevystihuje skutečnou erozní schopnost srážek. Proto Hudson vyloučil pro podmínky v Africe z úvah deště o intenzitách nižších než $0,4 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ a zavedl index $KE > 25$, což je násobek kinetické energie a intenzity deště s větší intenzitou než $25 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$.

Celková kinetická energie deště E je:

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

kde: E_i = kinetická energie i-tého úseku deště,

n = počet úseků deště,

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

kde: i_{si} = intenzita deště i-tého úseku ($\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$),

H_{si} = úhrn deště v i-tém úseku (cm).

Na základě výsledků výzkumu a dosavadních znalostí byla provedena analýza srážek s úhrnem větším než 10 mm a maximální intenzitou nad $20 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$.

Maximální intenzita deště se zjišťuje z ombrogramu. Je to maximální úhrn srážky trvající 30 minut. Jestliže trvání přívalových dešťů je kratší než 30 minut, za I_{30} se dosadí dvojnásobek úhrnu deště (Toman, 1998).

I_{30} = maximální třicetiminutová intenzita deště ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$).

Celková kinetická energie deště je dána součtem součinu kinetických energií i-tého úseku deště a úhrnu deště v i-tém odpovídajícím úseku. Na základě znalosti velikosti kapek deště v závislosti na intenzitě a konečné rychlosti kapek Foster (1981) určil vztah mezi energií a intenzitou:

$$e_i = (0,119 + 0,0873 \log_{10} i_{mi}) * H_i ,$$

kde: e_i = kinetická energie i-tého úseku deště (MJ. ha⁻¹. mm⁻¹),

i_{mi} = intenzita deště i-tého úseku (mm. h⁻¹),

H_i = úhrn deště v i-tém úseku (mm)

(Toman, 2002).

Pro podmínky býv. ČSFR vyšetřoval hodnotu Ei_{30} Pretl. Na základě dlouhodobých výzkumů vyloučil při zjišťování Ei_{30} deště s intenzitou < 0,05 mm. min⁻¹, které nevyvolávají erozní smyvy.

Při bližším rozboru parametru Ei_{30} a příslušných dešťů zjistil, že existuje těsná korelační závislost mezi průměrnou roční hodnotou Ei_{30} a průměrným ročním srážkovým úhrnem H_r (mm). Pro oblast severních Čech ji vyjádřil korelačním vztahem

$$Ei_{30} = 0,0679 H_r + 4,2793$$

$$H_r = 10,156Ei_{30} + 183,347,$$

Se součinitelem korelace $r_{x,y} = 0,83$ (Holý, 1994).

Kinetická energie přívalových srážek je vzhledem ke hmotě dešťových kapek a ustálené pádové rychlosti (do 9 m. s⁻¹) poměrně vysoká. Často se hovoří přímo o bombardování půdního povrchu. Meyer (1965) uvádí, že v USA v oblastech s ročním srážkovým úhrnem 760 mm se celková roční kinetická energie srážek rovná přibližně 40 miliardám joulů, což odpovídá energetickému potenciálu cca 10 kilotun klasické trhaviny (TNT).

Z tohoto obrovského množství kinetické energie deště se však pouze 0,2 % využije pro vlastní erozní činnost. Při dopadu dešťové kapky na povrch půdy se složka dopadové síly rovnoběžné s povrchem zcela přenáší na půdní povrch, malá část složky

kolmé k povrchu je rovněž na tento povrch přenesená, zbylá část se rozptýlí třením nebo se odráží zpět (*Janeček a kol., 2005*).

2.14. Protierozní opatření

Protierozní ochrana půdy se stává ve všech vyspělých státech součástí péče o půdu, protože při jejím stále intenzivnějším využívání jsou narušeny přírodní procesy její obnovy.

Ochrana půdy před vodní erozí je taková, která plní některou z těchto funkcí:

- zvyšuje protierozní odolnost půdy,
- podporuje vsakování vody do půdy,
- chrání půdu před účinkem dopadajících kapek deště,
- chrání půdu před účinkem povrchově odtékající vody,
- zmenší rychlost a objem povrchově odtékající vody,
- neškodné odvádění přebytečné vody mimo dané území.

U nás se z protierozních opatření dosud používalo nejčastěji ochranného zalesňování, zatravnování, terasování a úprav podélných a příčných profilů toků, bystřin a strží, avšak méně se přihlíželo k agrotechnickým opatřením, zvláště rozmístění kultur a pozemků. Protierozní opatření musí mít komplexní charakter a v našich morfogenetických poměrech s převládající erozí vodní musí být opatření realizována v rámci povodí jako základní odtokové jednotky.

Podle *Holého (1978)* můžeme protierozní opatření hodnotit z několika hledisek:

- zemědělskolesnická opatření,
- technická opatření proti důsledkům plošného povrchového odtoku,
- technická opatření proti důsledkům soustředěného povrchového odtoku.

Výše uvedené skupiny opatření vyžadují přihlédnutí k základním přírodním faktorům, především sklonu a délce svahu. Důležitá je především tzv. kritická délka svahu, kterou chápeme jako vzdálenost, na níž dochází k přeměně povrchového plošného odtoku na odtok soustředěný, tzn. že se plošná eroze mění v erozi výmolovou (*Buzek, 1983*).

Snížení půdního smyvu lze dosáhnout protierozními opatřeními:

- organizačními,
- agrotechnickými a vegetačními,
- technickými.

Organizační opatření zahrnují:

- návrh vhodného umístění pěstovaných plodin (snížení součinu faktorů C a L),
- návrh pásového pěstování plodin (ovlivní velikost faktoru P),
- návrh optimálního tvaru a velikosti pozemku,
- návrh vegetačních pásů mezi pozemky,
- návrh záchytných travních pásů (snížení faktoru C),
- návrh ochranného zalesnění.

Agrotechnická a vegetační opatření zahrnují:

- hrázkování a důlkování (ovlivní faktor P),
- mulčování (ovlivní faktor C),
- krátkodobé porosty a zatravnění v meziřadí (snížení faktoru C a P),
- výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče nebo posklizňových zbytků (snížení faktoru C).

Technická opatření zahrnují:

- terénní urovnávky,
- zasakovací pásy,
- průlehy,
- terasy,
- ochranné hrázkové,
- protierozní nádrže,
- protierozní cesty,
- systém protierozních mezí,
- asanace drah soustředěného povrchového odtoku.

(Fídl, Jůva, 1983).

3. Popis území - Jenínský tok

Povodí Jenínského potoka leží v katastrálním území obce Jenín a Dolní Kaliště. Náleží do správního území obce Horní Dvořiště. Nachází se v JV části okresu Český Krumlov, při hranicích s Rakouskem.

3.1. Geomorfologie a geologie

Z hlediska geomorfologického členění území ČR patří území do České vysočiny, celek IB– 4 Novohradské podhůří. Do území zasahuje podčepek IB – 4A Kaplická brázda.

Nejvyšším vrcholem povodí je Žibřidovský vrch 870,3 m.n.m v nejsevernější části povodí.

Skalní podklad tvoří zhruba v hranicích Šumavského podhůří odděleného zlomovým pásmem od Kaplické brázdy biotiticko – muskovitické svorové ruly a svory moldanubika s vložkami kvarcitů a kvarcitických rul. Podklad zbylé části území je tvořen převážně vyvřelinami moldanubického plutonu, především biotitickým granodioritem a křemenným dioritem. K nejrozšířenějším typům migmatitu náleží porfyrický granodiorit weinsberského typu a dále biotitický a křemenný diorit (zčásti porfyrický) freistadtského typu. Čtvrtohorní pokryv tvoří v bezprostředním okolí vodních toků deluviofluviální, převážně písčitohlinité až hlinitopísčité sedimenty, v jejich širším okolí pak nacházíme deluviální a soliflukční sedimenty.

3.2. Klimatické faktory

Území leží v nadmořské výšce 637 – 870,3 m.n.m.. Povodí Jenínského potoka se nachází v klimatické oblasti B₁₀ (mírně teplá oblast, velmi vlhká, okrsek mírně teplý, velmi vlhký, vrchovinový), s průměrnou nadmořskou výškou 650 m n. m., s průměrným ročním úhrnem srážek 715 mm, s průměrnou roční teplotou 6,7° C.

Povodí Jenínského potoka spadá do bývalého okresu Český Krumlov.

Sledovaná malá povodí se nacházejí západně od obce Jenín v katastrálním území Vyšší Brod v nadmořské výšce 655 až 820 m.

Teplota

Průměrná roční teplota	6 – 7 °C
Průměrná teplota ve vegetačním období (IV. – IX.)	12 – 13 °C
Začátek období s průměrnou denní teplotou vyšší než 0°C	26.2. – 1.3.
Konec období s průměrnou denní teplotou vyšší než 0°C	21.11. – 1.12.
Délka období s průměrnou denní teplotou vyšší než 0°C	260 – 280 dní
Začátek období s průměrnou denní teplotou vyšší než 5°C	1. – 11.4.
Konec období s průměrnou denní teplotou vyšší než 5°C	21. – 26.10.
Délka období s průměrnou denní teplotou vyšší než 5°C	200 – 210 dní
Počet letních dnů v roce (max. teplota vyšší než 25°C)	20 – 30
Počet ledových dnů v roce (max. teplota nižší než – 0,1°C)	40 – 50
Počet mrazových dnů v roce (min. teplota nižší než – 0,1°C)	130 – 140
První mráz	1. – 11.10.
Poslední mráz	1. – 11.5.

Srážky

Na množství srážek má vliv převažující směr proudění a tvar reliéfu.

Roční úhrn srážek	650 – 800 mm
Srážky ve vegetačním období (IV. – IX.)	400 – 600 mm
Počet dnů s průměrnými srážkami 1,0 mm a více	100 – 110 dní
Počet dnů s průměrnými srážkami 10 mm a více	17,5 – 25 dní
Počet dnů se sněžením	40 – 50 dní
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 – 80 dní
Maximální sněhová pokrývka	30 – 40 cm

Oblačnost a sluneční svit

Sluneční svit ve vegetačním období (IV. – IX.)	1100 – 1300 hodin
Počet dnů s bouřkou	20 – 25 dní

3.3. Hydrologická charakteristika

Hydrologicky náleží do povodí Vltavy , číslo dílčího povodí 1 – 06 – 01 - 138
Rybnický potok. Převážná část vodoteče je neupravená, vede údolím, které je většinou doprovázeno stromovou a keřovou zelení. Tato niva se většinou nesklízí, vzhledem k zamokřenosti půdy. Travní porost tvoří většinou mokřadní byliny a dřeviny.

Nevyvážený vodní režim se stal v roce 1978 - 79 podnětem k provedení odvodnění pozemků. Příčinou zamokření byly vysoké srážky a infiltrace ve vrcholových partiích povodí, které způsobovaly tvorbu svahové vody s napjatou i volnou hladinou. Další příčinou nevyrovnaného vodního režimu byla stagnace povrchové vody v depresních polohách. Při odvodnění byl volen diferencovaný přístup. V povodí Jenín I. byla provedena sporadická drenáž a v povodí Jenín II. klasická systematická drenáž. Oba drenážní zásahy byly doplněny podle potřeby záchytnými příkopy pro separaci cizích povrchových vod a hlubokými záchytnými drény za účelem odvedení cizích podzemních svahových vod. Bodové prameny byly asanovány hlubokými pramennými jámkami.

Charakteristika toku a jeho okolí

Km 1,000 – 1,500: úzké koryto, hluboké zaříznuté v terénu s bohatou břehovou zelení, olše, bříza. Dno je kamenité s balvany.

Km 1,500 – 2,000: údolí v intravilánu bývalé obce Jenín.

Km 2,000 – 2,850: niva široká cca 100m, nesklízená s bohatou zelení se soustavou rybníků a význačným mokřadním porostem. V km 2,400 malý rybník má charakter mokřadu. Je zde zastoupena především skřípina a lesknice rákosovitá. V km 2,700 pravostranný přítok, zatrubená vodoteč je zakončena melioračním odpadem končícím v rybníku s provizorně upravenou zemní hrází. Bezpečnostní přeliv je bez brlení, jen korýtko 30 x 30 cm. Voda v rybníku je silně eutrofizovaná. V km 2,800 je též rybník.

Km 2,850 – 3,200: je zde krytý kanál v rolích – poničené pastvou skotu. Pozemek je erozně ohrožený – nacházíme zde erozní rýhy.

Číselné fyzicko – geografické charakteristiky

Délka toku	2,250 km
Výšková poloha prameniště	691,0 m.n.m
Výšková poloha ústí	637,0 m.n.m
Spád	23,8 ‰
Délka údolí	4,10 km
Plocha povodí	4,64 km ²
Zalesněnost	10 %
Absolutní spád povodí	232 m

Sklon údolnice	4,2 %
Průměrný sklon povodí	10,5 %
Absolutní spád toku	53,9 m
Sklon toku	2,4 %
Typ povodí	vějířovité

Toky daného území se řadí mezi toky horského charakteru s vysokou vymílací a unášecí schopností. Poměrně vysoký specifický odtok, jakož i dlouhodobý srážkový průměr charakterizuje velmi vysokou promyvnost půd a korelující s charakteristikou půdních představitelů.

3.4. Pedologie

Z pedologického hlediska lze lokalitu charakterizovat půdami HPa, Hpa(g), Hpag, HPG, OG, GL. Mateční horninou jsou svory až svorové ruly, z nichž zvětráním vznikly půdní druhy s vysokým obsahem slídy.

dle HPJ

- 34 - kambizemě dystrické, modální mezobazické, kryptopodzoly modální
- 37 - mělké kambizemě na všech horninách, kromě vlhkých oblastí výsušné půdy
- 73 - kambizemě oglejené, pseudogleje oglejené, gleje hydroeluviální, gleje povrchové, pseudogleje hydroeluviální
- 75 - kambizemě oglejené, glejové, pseudogleje, gleje

3.5. Zemědělství

Dříve se vzhledem k zornění dnešních pastvin v povodí vyskytovaly polní hnojiště i skládky minerálních hnojiv. Jsou zde rovněž pozůstatky po zařízeních pro chov drůbeže, skotu a prasat přímo v obci Jenín se starými silážními žlaby a jámkami.

Pastvina na levé straně silnice

Přibližná rozloha pastvy : 120 ha + 23 ha

Počet krav : 180 krav

136 telat

Pastvina na pravé straně silnice

Přibližná rozloha pastvy : 106 ha

Počet krav : 196 krav
62 telat

Plemeno : masná plemena skotu
85 % Aberdeen Angus
10 % Masný simentál
5% Charolais

Způsob pastvy : stáda jsou na pastvinách přibližně od 1. 5 do 1. 11. , přes zimu ustájená, prakticky celé období pastvy je stádo na jedné pastvině, maximálně se pastvina příčně přehradí a zamezí se tak vstup do jednotlivých částí, podle potřeby

Přírůstky : nesledují se, jenom se eviduje hmotnost telat po narození

Přikrmování : přikrmuje se jenom senem, především po začátku pastvy a před ukončení pastvy (přechod na systém krmení při ustájení, prodloužení období pastvy)

System napájení : napaječky s každodenním doplňováním pitné vody
přírodní zdroje vody z pramenů – prohloubení zdroje a svedení do trubky

Obměna stáda : obměna stáda je pouze z vlastních zdrojů, na konci pastevního období se veškerý skot veterinárně prohlédne; stádo se rozdělí – nechají se zdravé a silné kusy, slabší se zapojí do ozdravného stáda, část na porážku; doplní se mladé kusy do stáda

Struktura stáda : na pastvinách jsou pouze krávy a telata, býci jsou ke stádu připojeni jen po potřebnou dobu, jinak jsou ustájeni zvlášť

Reprodukce a péče o telata : u všech kusů se provede nejprve inseminace ve dvou kolech, potom jsou ke stádu připojeni býci, pouze na omezenou dobu; měla by být jistota, že jsou všechny kusy březí; k otelení dochází přímo na pastvině – sleduje se hmotnost telat – o telata se nijak nepečuje – vše je ponecháno na přírodě

Sečení pastvin : pastviny se většinou nesečou. Pouze v případě, že jsou na pastvině výrazné nedopasky, nebo v případě brzkého nástupu jara.

Hnojení pastvin, obnova pastvin, obnova drnu, použití chemie : pastviny se nehnojí, ani se nepoužívá žádná chemie, nedosévá se, k obnově drnu dochází pouze vláčením; Situace by se měla výhledově změnit – plánuje se používání hnojení, chemie a intenzivnější obnovy pastvin. Druhové složení pastvy se nesleduje.

Další možné vstupy : další vstupy ze zemědělské výroby by být neměly

Staré zátěže – skládka hnojiv, polní hnojiště ... : dříve vzhledem k zornění dnešních pastvin se v povodí vyskytovaly polní hnojiště i skládky minerálních hnojiv; větším problémem jsou pozůstatky po zařízeních pro chov drůbeže, skotu a prasat přímo v obci Jenín – měly by tam být staré silážní žlaby a jímky

Osídlení a kanalizace objektů v povodí : ani v obci Jenín ani v rekreačních objektech v povodí určitě není kanalizace, odpady jsou svedeny do septiků – podle dohody s vlastníky by na požádání měla septiky vyvážet společnost ZEMAV Rybník s.r.o

V povodí se nachází ještě stádo několika kusů koní a krav, které nejsou ve vlastnictví společnosti ZEMAV Rybník s.r.o., ale ve vlastnictví soukromé osoby.

4. Metodika

Nejvýznamnější rovnicí pro určení půdního smyvu je tzv. Univerzální rovnice ztráty půdy - Universal Soil Loss Equation – USLE, Wischmeier, Smith (1965), která se stala základní metodou hodnocení intenzity erozního procesu nejen v USA, ale i v mnoha dalších zemích. Rovnice má tvar:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [\text{t. ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}]$$

Pro potřeby mé diplomové práce se budu dále zabývat jen R faktorem účinnosti srážek, vyjádřený v závislosti na četnosti jejich výskytu, kinetické energii, intenzitě a úhrnu

Ztráta půdy na konkrétním pozemku se při použití USLE odvozuje ze ztráty půdy na tzv. jednotkovém pozemku, jehož parametry byly přesně definovány a odvozeny z rozměrů standardních elementárních výzkumných odtokových ploch: délka pozemku 22,13 m, sklon 9 %, povrch pozemku udržován mechanickou kultivací ve směru sklonu svahu jako úhor po dobu minimálně dvou let. Pro jednotkový pozemek jsou faktory L, S, C, a P rovny 1,0

Faktor erozní účinnosti přívalového deště R definovali Wischmeier a Smith (1978) vztahem:

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

kde: R = faktor erozní účinnosti deště ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$),

E = celková kinetická energie deště ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$),

i_{30} = max. 30-ti minutová intenzita deště ($\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$).

Celková kinetická energie deště E je:

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

kde: E_i = kinetická energie i -tého úseku deště,

n = počet úseků deště.

Kinetická energie i-tého úseku deště:

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

kde: i_{si} = intenzita deště i-tého úseku (cm. h⁻¹),

H_{si} = úhrn deště v i-tém úseku (cm).

Na základě výsledků výzkumu a dosavadních znalostí byla provedena analýza srážek s úhrnem větším než 10 mm a maximální intenzitou nad 20 mm. h⁻¹.

Maximální intenzita deště se zjišťuje z ombrogramu. Je to maximální úhrn srážky trvající 30 minut. Jestliže trvání přívalových dešťů je kratší než 30 minut, za I_{30} se dosadí dvojnásobek úhrnu deště.

Hodnoty faktoru R jednotlivých dešťů lze třídit podle četnosti jejich výskytu.

Výskyt deště jednou za /let/	50	20	10	5	2	1
Hodnoty faktoru R (MJ. ha ⁻¹ . cm. h ⁻¹)	92,3	76,2	63,8	47,4	27,5	16,0

Rozdělení R – faktoru pro území Čech v jednotlivých měsících:

Měsíc	duben	květen	Červen	červenec	srpen	září	říjen
%	0,5	7,0	26,8	32,2	31,1	2,0	0,4

Metody výpočtu faktoru R v zahraničí

Kolektiv vědců v Srbsku stanovil jiný způsob výpočtu faktoru erozní účinnosti deště na tamní experimentální stanici Snagovo, která je západně od Zvorníku. Výpočet situovali do měsíce června, kdy je v tamních podmínkách nejvíce srážek a půda byla bez vegetačního pokryvu. Experimentální stanice byla postavena v roce 1973 a měla za cíl zkoumat intenzitu eroze na ukázkových parcelách, které jsou situovány do třech různých sklonů svahu.

Výpočet faktoru erozní účinnosti deště byl proveden na jednotlivých úsecích deště, po malých časových intervalech 5 – 10 minut o stejné intenzitě. Kinetická energie byla vypočtena pro každý úsek deště. Sumou kinetických energií všech úseků dostali celkovou kinetickou energii daného deště, tu následně vynásobili maximální

třicetiminutovou intenzitou a získali tak faktor erozní účinnosti deště. Sumou hodnot faktoru R v měsíci se získají měsíční, sumou měsíčních pak roční hodnoty faktoru R. Průměrná hodnota R je pro konečné období vypočtena na základě aritmetického průměru ročních hodnot.

Faktor erozní účinnosti deště se vypočte ze základního vztahu:

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n (210,3 + 0,89 \log I_j) * I_j * T_j * \max I_{30}}{100},$$

kde : R = faktor jednoho deště (MJ. cm. ha⁻¹. h⁻¹),

I = intenzita deště v úseku (cm. h⁻¹),

T = doba trvání deště v daném úseku (h),

max I₃₀ = maximální třicetiminutová intenzita (cm. h⁻¹).

Výpočty na této stanici probíhali v letech 1973 – 1990. Faktor R počítali podle uvedené rovnice a použili pro výpočet úseky deště s úhrnem větším než 5 mm, které současně trvaly minimálně 30 minut.

Pro roky 1973 – 1990 získali hodnotu faktoru erozní účinnosti deště R = 147,33 (MJ. cm. ha⁻¹. h⁻¹). Podle sklonu svahu se dále hodnoty upravovaly a konečným výsledkem jsou maximální měsíční hodnoty pro měsíc červen rovny 37,42 a pro září 35,49 (<http://www.balwois.mpl.pdf>).

Renard se zabýval výpočtem faktoru R na téměř 200 stanicích na východě USA a více než tisíci oblastech na západě USA pro vysvětlení proměnlivosti podnebí způsobenou pohořím. Vypočtené hodnoty faktoru R byly zaneseny do map a používají se dodnes i pro oblast Havaje. Použil data za 22 let a výzkum vyhodnotil v roce 1997.

Faktor R se používá následně do RUSLE, a hodnoty byly vypočteny z přesných srážkových záznamů a doplňuje se do matematického vztahu:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=i}^n \left[\sum_{k=1}^m (E) * (I_{30})_r \right],$$

kde: E = celková přívalová kinetická energie,

I_{30} = maximální 30-ti minutová srážka,
 j = index počtu let použitých pro průměr,
 k = index počtu bouřek v roce,
 n = počet let nutných k získání průměru R (minimálně 22 let),
 m = počet bouřek v každém roce,
 R = průměrný roční faktor erozní účinnosti.

Tato rovnice ukazuje roční R faktor, který je vypočten jako suma výsledku přívalové kinetické energie násobené maximální 30-ti minutovou intenzitou pro každý přívalový déšť za „ n “ let je popsána vztahem:

$$EI = (E) * (I_{30}) = \left[\sum_{k=1}^m e_r \cdot v_r \right] * I_{30} ,$$

kde: e_r = energie deště daná úhrnem srážek na jednotku plochy,
 v_r = úhrn srážek při zvýšeném objemu přívalového deště, zaznamenaného v mapě srážek, který je rozdělen do „ m “ částí, každá z částí má v podstatě konstantní intenzitu srážky (<http://www.ott.wrcc.osmre.gov>).

Diodato prováděl studii v části Itálie, kde se pokusil odhalit závislost přímořského klimatu na hodnotu faktoru R . Studie probíhala v letech 1987 až 2001. Pro každou ombrografickou stanicí se počítaly hodnoty faktoru R , které byly odvozeny z dat zkoumaných na ostatních stanicích. Pro tento účel byly použity a aplikovány tři vztahy, které se již dříve zpracovaly v jiných oblastech.

První z nich:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^{12} (7,05 * rain_{10} - 88,92 * days_{10}),$$

kde: $rain_{10}$ = je měsíční srážka ≥ 10 mm,
 $days_{10}$ = je počet dnů s deštěm v měsíci s úhrnem ≥ 10 mm.

Další:

$$R = 0,21 * q^{-0,096} * p^{2,3} * NGP^{-2},$$

kde: q = je nadmořská výška ombrografické stanice,

p = je průměrná roční srážka v mm,

NGP = je průměrný počet dnů v roce s deštěm.

Poslední je:

$$R = 0,0483 * p^{1,61},$$

p = je průměrná roční srážka v mm ([http://www. hydrol-earth-syst-sci. net](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net)).

5. Výsledky a diskuse

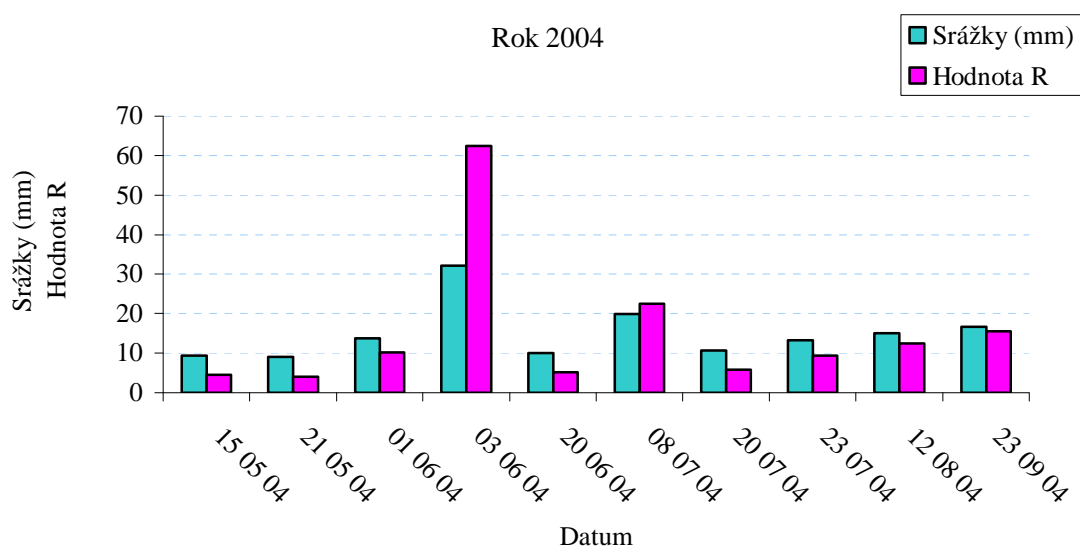
Při výpočtech jsem postupovala podle metodiky, která byla již pro území České republiky používána. Výpočty jsem prováděla podle vzorců uvedených v kapitole č.4. Pomocné výpočty a jejich princip jsou popsány v textu.

V následujících tabulkách jsou vypsány dny s hodnotou srážky, která byla pro výpočet použita a dále dílčí výsledky kinetické energie i-tého úseku deště. Kinetická energie i-tého úseku deště je jedním ze členů v rovnici pro určení hodnoty R toho konkrétního deště. Na tabulky navazují grafy, které porovnávají srážku a hodnotu R.

Tab.: Srážky, kinetické energie a hodnoty R pro každý jeden dešť - rok 2004.

Datum	Srážky v mm	Kinetická energie i-tého úseku deště $E_i=(206+87\log i_{si})\cdot H_s$	Hodnota R deště $R=(E_i\cdot I_{30})/100$
15.5.04	9,4	240,68	4,52
21.5.04	9	228,96	4,12
1.6.04	13,7	370,28	10,15
3.6.04	32,1	970,85	62,33
20.6.04	10	258,38	5,17
8.7.04	19,9	565,92	22,52
20.7.04	10,6	276,22	5,86
23.7.04	13,2	354,91	9,37
12.8.04	15,1	413,67	12,49
23.9.04	16,7	463,85	15,49

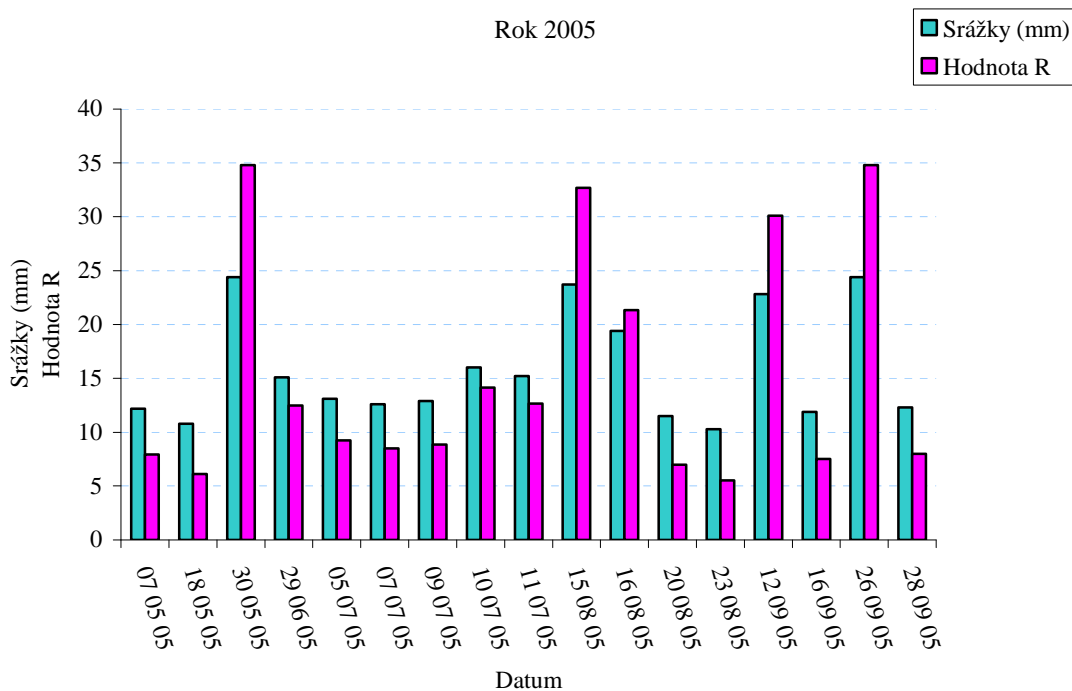
Graf: Porovnání úhrnu srážek a k nim vypočtené hodnoty R.



Tab.: Srážky, kinetické energie a hodnoty R pro každý jeden dešť - rok 2005.

Datum	Srážky v mm	Kinetická energie i-tého úseku deště $E_i=(206+87\log_{10}i_s).H_s$	Hodnota R deště $R=(E_i.I_{30})/100$
7.5.05	12,2	324,39	7,92
18.5.05	10,8	282,19	6,1
30.5.05	24,4	712,68	34,78
29.6.05	15,1	413,66	12,49
5.7.05	13,1	351,84	9,22
7.7.05	12,6	336,56	8,48
9.7.05	12,9	345,72	8,85
10.7.05	16	441,82	14,14
11.7.05	15,2	416,78	12,67
15.8.05	23,7	689,63	32,69
16.8.05	19,4	549,83	21,33
20.8.05	11,5	303,21	6,97
23.8.05	10,3	267,28	5,51
12.9.05	22,8	660,11	30,1
16.9.05	11,9	315,29	7,5
26.9.05	24,4	712,68	34,78
28.9.05	12,3	324,43	7,98

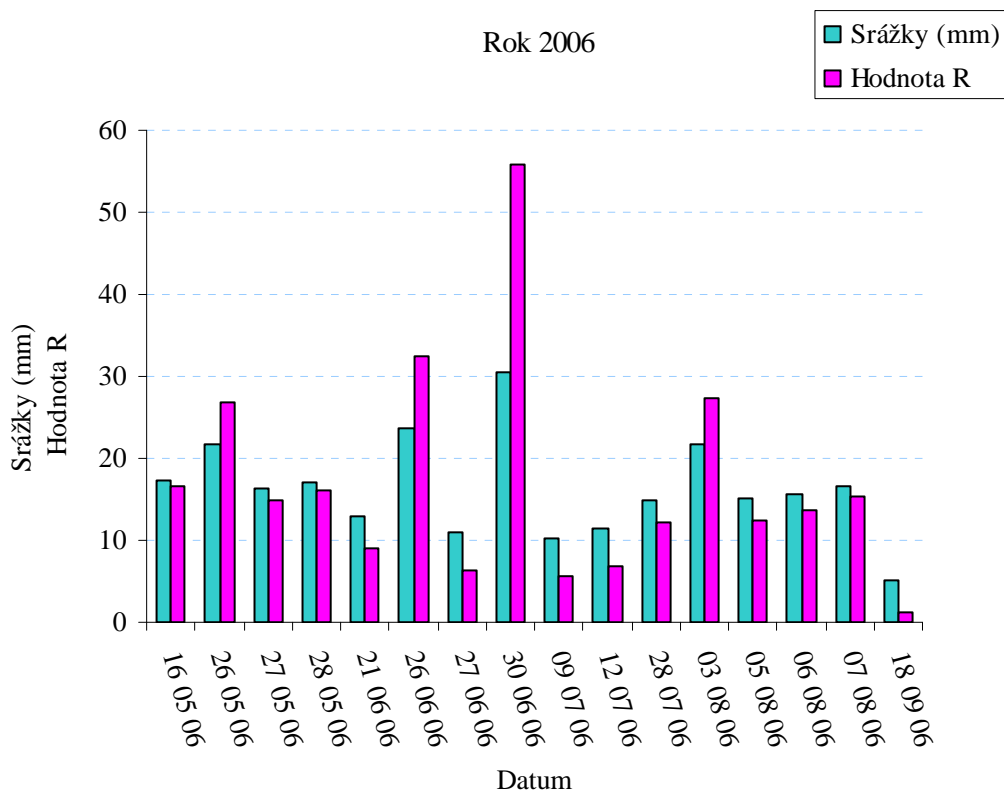
Graf: Porovnání úhrnu srážek a k nim vypočtené hodnoty R.



Tab.: Srážky, kinetické energie a hodnoty R pro každý jeden dešť - rok 2006.

Datum	Srážky v mm	Kinetická energie i-tého úseku deště $E_i=(206+87\log i_{si}) \cdot H_s$	Hodnota R deště $R=(E_i \cdot I_{30})/100$
16.5.06	17,2	479,66	16,5
26.5.06	21,6	620,95	26,8
27.5.06	16,4	454,4	14,9
28.5.06	17	473,33	16,09
21.6.06	12,9	345,72	8,92
26.6.06	23,6	686,34	32,4
27.6.06	10,9	285,83	6,28
30.6.06	30,5	916,57	55,91
9.7.06	10,3	267,28	5,5
12.7.06	11,4	300,2	6,8
28.7.06	15	410,55	12,3
3.8.06	21,8	627,46	27,4
5.8.06	15,1	413,67	12,5
6.8.06	15,7	432,41	13,6
7.8.06	16,6	460,7	15,39
18.9.06	5,2	121,51	1,26

Graf: Porovnání úhrnu srážek a k nim vypočtené hodnoty R.



Pro další výpočty jsem dále stanovila hodnotu R jednoho deště a to z již vypočtených hodnot R faktoru pro jednotlivé deště uvedené v tabulkách, viz. Srážky, kinetické energie a hodnoty R pro každý jeden dešť - rok 2004-2006. Postupovala jsem podle *Tomana (1999)*.

Průměrná hodnota R jednoho deště za vegetační období se vypočte jako vážený průměr vypočtených průměrných měsíčních hodnot faktorů R dešťů, vynásobených počtem dešťů v daném měsíci. Vahou je suma sledovaných dešťů za daný rok.

Pro průkaznější hodnoty jsem ovšem počítala se srážkami nižšími, než se podle metodiky určené Wishmeirem a Smithem (1978) má. Proto jsou srážky zavedené do výpočtů nižší než je udávaná vydatnost 12,5 mm, oddělená od předchozích a následných dešťů šestihodinovou či delší přestávkou a deště, pokud jejich maximální intenzita nepřekročila 24 mm. h⁻¹.

Ve svých výpočtech jsem tedy počítala se srážkami, které jsou vyšší nebo rovny 9 mm. V roce 2006, konkrétně 18. 9. byla srážka pouhých 5,2 mm.

Průměrnou hodnotu faktoru R jednoho deště jsem dostala vynásobením průměrné měsíční hodnoty R se sumou dešťů v daném měsíci a vše jsem dělila počtem dešťů ve vegetačním období roku 2004 až 2006.

V následujících tabulkách je přehled sumy dešťů ve vegetačních období sledovaných let.

Tab.: Sumy dešťů a průměrné měsíční hodnoty faktoru R - rok 2004.

Měsíc	Suma dešťů v měsíci	Průměrná měsíční hodnota R
Květen	2	4,32
Červen	3	25,88
Červenec	3	12,58
Srpen	1	12,49
Září	1	15,49
Průměrná hodnota jednoho deště		15,2

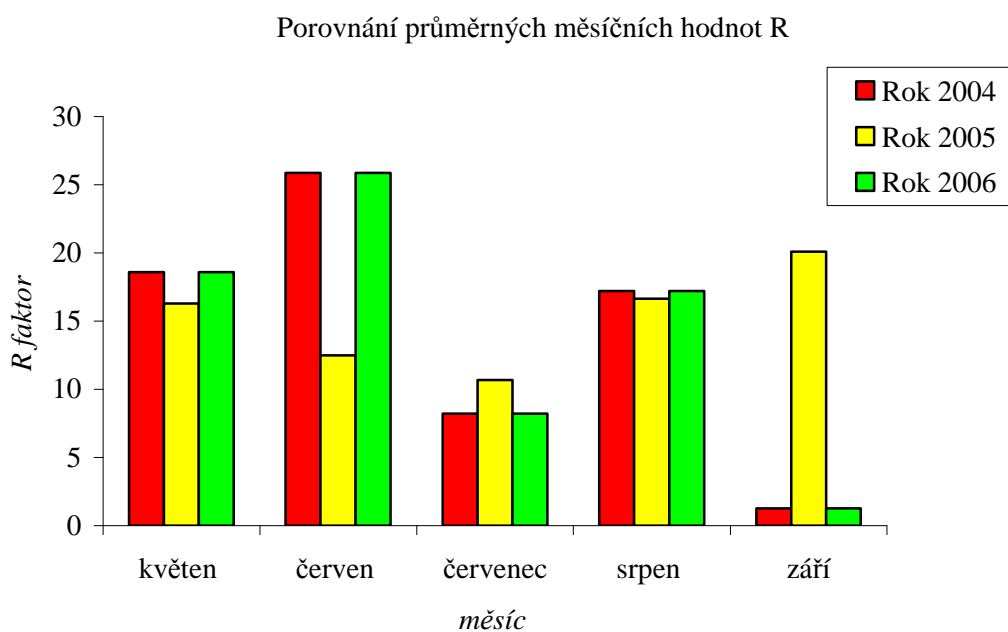
Tab.: Sumy dešťů a průměrné měsíční hodnoty faktoru R - rok 2005.

Měsíc	Suma dešťů v měsíci	Průměrná měsíční hodnota R
Květen	3	16,27
Červen	1	12,49
Červenec	5	10,67
Srpen	4	16,63
Září	4	20,09
Průměrná hodnota jednoho deště		15,4

Tab.: Sumy dešťů a průměrné měsíční hodnoty faktoru R - rok 2006.

Měsíc	Suma dešťů v měsíci	Průměrná měsíční hodnota R
Květen	4	18,57
Červen	4	25,86
Červenec	3	8,2
Srpen	4	17,2
Září	1	1,26
Průměrná hodnota jednoho deště		17,0

Graf: Porovnání průměrných měsíčních hodnot R ve vegetačním období sledovaných let.



Výsledkem výpočtů je získání průměrného ročního faktoru R. Opět jsem postupovala podle Toman. Z poskytnutých hodnot jsem stanovila průměrnou četnost výskytu erozně nebezpečných dešťů za hodnocené období. Tuto četnost jsem pak vynásobila průměrnou roční hodnotou jednoho deště.

Postup výpočtu pro rok 2004 je následující: počítala jsem s 10ti dešti, ovšem svými hodnotami jako erozně nebezpečné vyhovovalo pouze 6 dešťů. Z toho je tedy průměrná četnost erozně nebezpečných dešťů 1,67. Průměrná roční hodnota R jednoho deště je pro tento rok 15,2. Prostým vynásobením těchto čísel dostaneme konečnou průměrnou roční hodnotu faktoru R. Hodnota průměrného ročního faktoru erozní účinnosti deště R se pak dosazuje do USLE.

Podobně jsem postupovala i v letech 2005 a 2006.

Tab.: Výsledky průměrné roční hodnoty R- podle Toman.

Rok	Počet dešťů	Počet erozně nebezpečných dešťů	Průměrná četnost erozně nebezpečných dešťů	Roční hodnota R jednoho deště	Průměrná roční hodnota R
2004	10	6	1,67	15,2	25,4
2005	17	11	1,55	15,38	23,8
2006	16	12	1,33	17,0	22,6

Při porovnání výsledků dosažených v této práci s Tomanem (1999) lze říct, že se svými výsledky přibližně shodujeme. Toman zjistil hodnotu faktoru R jednoho deště za 50 let sledování v rozmezí od 6,0 – 15,8. Ve své práci jsem dospěla za sledované 3 roky k průměrné hodnotě 15,9. A pokud srovnám průměrnou roční hodnotu faktoru R, pak Toman získal hodnoty v rozmezí 15,3 – 28,3. Svou práci jsem dospěla po dobu sledovaných 3 let k průměrné hodnotě 23,9, nejvyšší je v roce 2004 a to 25,4.

Pro srovnání jsem průměrnou roční hodnotu R faktoru spočítala ještě podle postupu prof. Janečka. Ten udává jako roční hodnotu R faktoru získanou jako průměr maximálních hodnot R za vegetační období. Proto jsem tedy zde již počítala pouze s těmi srážkami, které splňovaly charakteristiku erozně nebezpečných dešťů.

Tab.: Erozně nebezpečné deště v roce 2004.

Datum	Srážky v mm	Hodnota R deště $R=(E_i \cdot I_{30})/100$
1.6.04	13,7	10,15
3.6.04	32,1	62,33
8.7.04	19,9	22,52
23.7.04	13,2	9,37
12.8.04	15,1	12,49
23.9.04	16,7	15,49

Tab.: Erozně nebezpečné deště v roce 2005.

Datum	Srážky v mm	Hodnota R deště $R=(E_i \cdot I_{30})/100$
30.5.05	24,4	34,78
29.6.05	15,1	12,49
5.7.05	13,1	9,22
7.7.05	12,6	8,48
9.7.05	12,9	8,85
10.7.05	16	14,14
11.7.05	15,2	12,67
15.8.05	23,7	32,69
16.8.05	19,4	21,33
12.9.05	22,8	30,1
26.9.05	24,4	34,78

Tab.: Erozně nebezpečné deště v roce 2006.

Datum	Srážky v mm	Hodnota R deště $R=(E_i \cdot I_{30})/100$
16.5.06	17,2	16,5
26.5.06	21,6	26,8
27.5.06	16,4	14,9
28.5.06	17	16,09
21.6.06	12,9	8,92
26.6.06	23,6	32,4
30.6.06	30,5	55,91
28.7.06	15	12,3
3.8.06	21,8	27,4
5.8.06	15,1	12,5
6.8.06	15,7	13,6
7.8.06	16,6	15,39

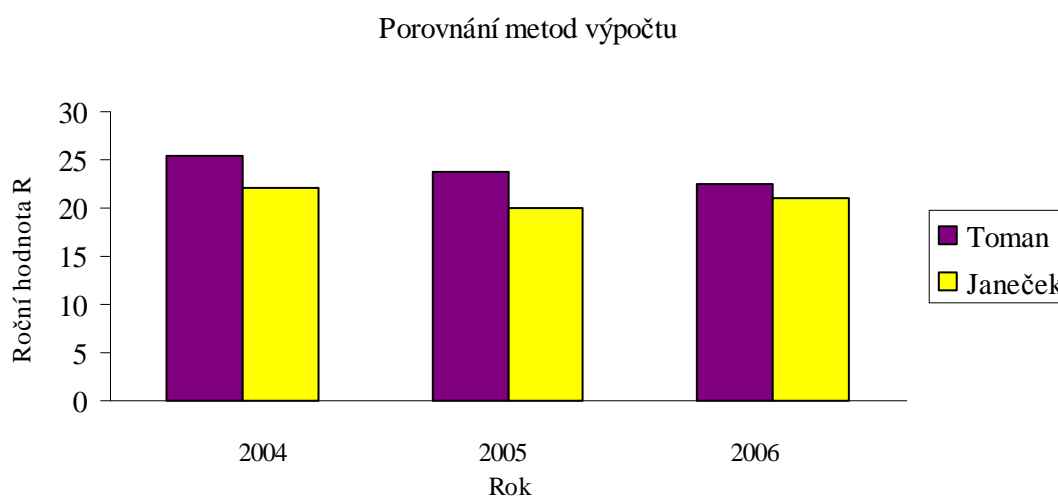
Poté se již suma hodnot R za daný rok vydělí počtem erozně nebezpečných dešťů v témže roce.

Tab.: Výsledky průměrné roční hodnoty R- podle Janečka.

Rok	Suma hodnot R	Počet dešťů	Průměrná roční hodnota R
2004	132,35	6	22,1
2005	219,53	11	20,0
2006	252,62	12	21,1

Tyto výsledky jsou sice nižší, ale pouze minimálním rozdílem. Mohu říci, že jsem se podle obou metod dostala do rozmezí udávané Janečkem, a to 15 – 30, ale také jsem dospěla k výsledku, který ukazuje na hodnoty přesahující používaný průměr hodnoty erozní účinnosti deště rovné 20.

Graf.: Porovnání obou metod výpočtu průměrných ročních hodnot faktoru R.



Ze srovnání obou metod jsem zjistila vyšší hodnoty které vycházejí z metody podle Tomana. Ovšem rozdíly nejsou tak markantní. Přesto pokud uvažujeme, že je za průměrnou roční hodnotu faktoru R v naší republice plošně brána hodnota 20, pak je i na sledování pouhých třech let jasný předpoklad růstu této hodnoty a následný problém pro projektanty pozemkových úprav. Jelikož se v rámci pozemkových úprav projektanti zabývají výpočtem vodní eroze a tím i navržením dostatečných protierozních opatření, pak se v budoucnu můžou navržená opatření stát naprosto nedostačující ochranou proti vodní erozi.

6. Závěr

Půdní eroze je v současnosti označována jako jeden z nejvýznamnějších problémů životního prostředí. Eroze půdy narůstá vzhledem k rostoucímu počtu obyvatel, nedostatečné znalosti metod sloužících k odhadu potenciální ztráty půdy erozí a konečně vzhledem k nevhodnému způsobu využití půdy, které snižuje produktivitu půdy. Znalost intenzity erozních procesů je základem pro návrh ekonomické protierozní ochrany území. Vytvořené mapy průměrných ročních hodnot faktoru R pak mohou sloužit k přesnějším výpočtům míry erozního ohrožení pozemků a tím projektantům pomoci zvolit co možná nejekonomičtější a nejvhodnější způsob protierozní ochrany půdy. Pedosféra představuje styčnou zónu s ostatními složkami fyzickogeografické sféry, je aktivním činitelem procesu výměny látek a energie s těmito sférami. Je jednou ze základních složek životního prostředí člověka.

V této práci jsem se zabývala vodní erozí a cílem určit průměrné roční hodnoty faktoru erozní účinnosti deště - R. Pozorování a výpočty jsem aplikovala na povodí Jenínského potoka. K získání výsledků jsem použila srážek, které spadly ve sledovaném povodí za poslední tři roky, tedy rok 2004, 2005 a 2006. Hodnoty byly z ombrografické stanice Vyšší Brod. K hodnocení jsem použila úhrn srážek ≥ 9 mm. Podle používané metodiky jsem z těchto úhrnů zjistila maximální 30minutovou intenzitu srážky, kinetickou energii i-tého úseku deště a hodnotu R daného deště. Právě hodnota R konkrétního deště vystupovala v dalším výpočtu, a to zjištění průměrné hodnoty jednoho deště. Za sledované tři roky byla tato hodnota průměrně $R=15,8$ a průměrná četnost erozně nebezpečných dešťů byla 1,52.

Cílem mých výpočtů bylo určení průměrné roční hodnoty faktoru R. Postupovala jsem podle metodiky Tomana, ten tuto hodnotu počítal pro oblast jižní Moravy. Podle této metody se získá průměrná roční hodnota R vynásobením průměrné četnosti erozně nebezpečných dešťů a průměrné hodnoty R jednoho deště. Pro porovnání jsem ještě použila postup prof. Janečka, ten průměrnou roční hodnotu R počítá jako prostý průměr maximálních hodnot R za vegetační období.

V prvním případě mi pro rok 2004 vyšly hodnoty R 25,4, rok 2005 23,8 a rok 2006 hodnota 22,6. V porovnávací metodě, tedy podle prof. Janečka se hodnoty pohybují od 20,0 v roce 2005, až 22,1 v roce 2004.

Hodnoty podle Tomana vycházejí vyšší, ale obecně lze říci, že obě metody prokázaly faktor R přesahující stanovenou průměrnou hodnotu R pro podmínky ČR. Ta je udávaná rovna 20, s touto hodnotou počítají projektanti při navrhování protierozních opatření při pozemkových úpravách.

Dosažené výsledky této práce nelze úplně a přesně zobecnit. Ukazují však na nebezpečí zvyšujícího se výskytu erozních jevů v důsledku rostoucích úhrnů denních srážek ve vegetačním období. Předpokládá se možný nárůst hodnot R faktoru v budoucích letech až cca 2,5x. V současní době se přehodnocují a upřesňují výpočty a dosud používané výsledky. Pokud se oficiálně prokáže nárůst hodnoty faktoru R, pak tu vznikne zásadní problém pro projektanty pozemkových úprav. Tím se stanou dosud navrhované protierozní opatření jako nedostatečná ochrana proti vodní erozi.

Mohu tedy vzhledem k výsledkům, ke kterým jsem dospěla říci, že hodnoty faktoru R pro sledované povodí Jenínského potoka jsou vyšší než je zatím udávaný a používaný celorepublikový průměr rovný 20. Proto si myslím, že je zcela oprávněné přehodnotit a upřesnit jak faktor erozní účinnosti deště R, tak i protierozní opatření, která by měla chránit půdu a majetek lidí.

7. Seznam literatury

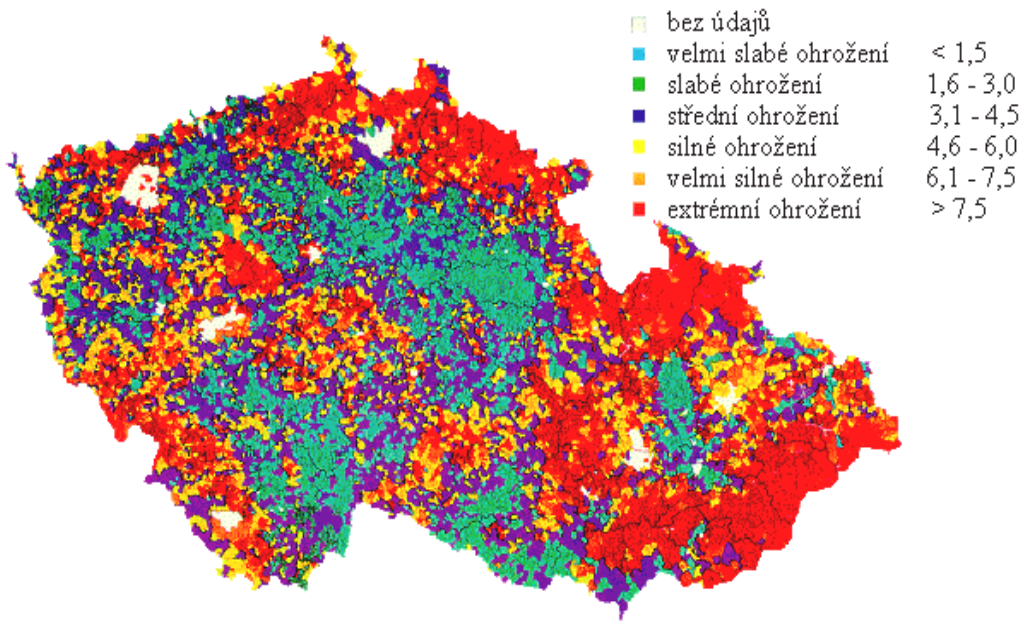
1. Buzek, L. Eroze půdy. Ostrava: Pedagogická fakulta v Ostravě, 1983.
2. Cáblik, J., Jůva, K. Protierozní ochrana půdy. 2. vyd., Praha: SZN, 1963.
3. Dumbrovský, M. Vliv eroze na produkční schopnost půdy. Praha: VÚMOP, 1992.
4. Dumbrovský, M., Spitz, P., Pivcová, J. Prozatímní metodický návod pro komplexní pozemkové úpravy. Praha: VÚMOP, 1995.
5. Fídl, J., Jůva, K. Meliorace. Praha: SZN, 1983.
6. Holý, M. Protierozní ochrana. Praha: SNTL/ALFA, 1978, 280 s.
7. Holý, M. Eroze a životní prostředí. Praha: ČVUT vydavatelství, 1994.
8. Holý, M. Protierozní ochrana. Praha: SNTL/ALFA, 1997.
9. Jůva, K. a kol. Pozemkové úpravy, Praha: SZN, 1978.
10. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: ISV nakladatelství Praha, 2005.
11. Janeček, M. a kol. Ochrana půdy před erozí. Metodika ÚVTIZ č. 5., Praha, 1992, 110 s.
12. Kolektiv. Atlas podnebí ČSR. Ústřední správa geodézie a kartografie, Praha, 1958.
13. Podnebí ČSSR – tabulky. Vydává hydrometeorologický ústav, Polygrafia 1., n.p.: Praha, 1961, 379s.
14. Toman, F. Výskyt erozně nebezpečných dešťů v oblasti jižní Moravy. Úroda, 1992, roč. XXX, č. 12, s. 531- 532.
15. Toman, F. Protierozní účinnost jarních obilovin. Sborník Mendlovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, Brno MZLU, 1996, roč. XLIV, č. 1-4, s. 45-49.
16. Toman, F. Senzonalita a trend výskytu vyšších srážkových úhrnů z hlediska jejich extrémní účinnosti. Sborník Mendlovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, Brno MZLU, 1997, roč. XLV, č. 1, s. 57-64.
17. Toman, F. Stanovení faktoru ochranného vlivu vegetace C u zimních obilovin. Sborník Mendlovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, Brno MZLU, 1997, roč. XLV, č. 1, s. 65-69.
18. Toman, F. Výskyt erozně nebezpečných dešťů ve stanici Telč. Sborník Mendlovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, Brno MZLU, 1998, roč. XLVI, č. 4, s. 65-68.

19. Toman, F. Monografie: Vliv klimatických podmínek na výskyt vodní eroze v oblasti jižní Moravy. MZLU Brno, Brno, 1999, 54 s.
20. Toman, F. Vliv indexu předchozích srážek na stanovení potenciální retence povodí. Sborník Mendlovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, Brno MZLU, 1999, roč. XLVII, č. 5, s. 7-12.
21. Toman, F., Dvořáková, A. Výskyt erozně nebezpečných dešťů v Manizales (Kolumbie). Sborník Mendlovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, Brno MZLU, 2002, roč. L, č. 1, s. 135-138.
22. Toman, F. Stanovení intenzity eroze způsobené táním sněhu. Sborník Mendlovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, Brno MZLU, 2002, roč. L, č. 5, s. 77-82.
23. Toman, F. Analýza erozní účinnosti dešťů v oblasti středních kolumbijských And. Sborník Mendlovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, Brno MZLU, 2003, roč. LI, č. 4, s. 23-29.
24. Zachar, D. Protierózna ochrana pôdy a pozemkové úpravy. Příroda Bratislava, 1981, s. 170-198.

WWW Stránky

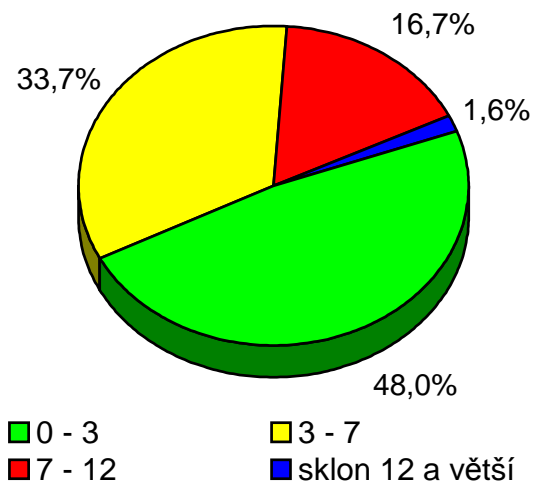
25. Bilibajkic, S., Stefanovic, T., Braunovi S. Definition of Rainfall Erosivity in the Area of the Experimental Station Snagovo. <http://www.balwois.mpl.pdf>, 2001.
26. Diodato, N. Estimating RUSLE's rainfall factor in the part of Italy with a Mediterranean rainfall regime. <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net>, 2004.
27. <http://www.la-ma.cz/pozupr/pu.php?co=7>
28. Renard, K. G. Chapter two. <http://www.ott.wrcc.osmre.gov>, 1997.
29. <http://www.sweb.cz/eroze/index.htm>

8. Přílohy



Obr. 1: Potenciální ztráta půdy vodní erozí v katastrech České republiky (www. MZe. cz)

Podíl sklonitosti na orné půdě ČR



Obr. 2: Podíl jednotlivých kategorií sklonitosti na celkové výměře orné půdy v ČR (www. Mze. cz)



Obr. 3: Projev vodní eroze



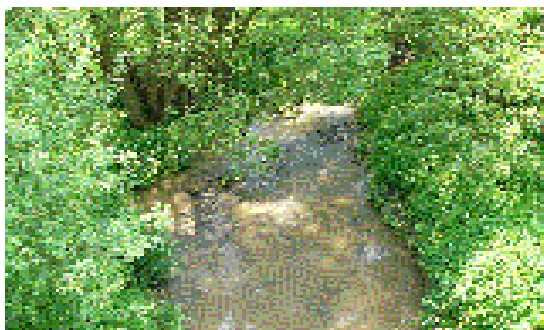
Obr. 4: Vodní eroze na jenínském toku



Obr. 5: Okolí jenínského toku



Obr. 6: Okolí jenínského toku



Obr. 7: Jenínský tok



Obr. 8: Okolí jenínského toku



Obr. 9: Splaveniny ve vodním toku po přívalové srážce



Obr. 10: Projev vodní eroze