

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra pozemkových úprav

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**ŘEŠENÍ PROTIEROZNÍ OCHRANY NA VYBRANÉM
MODELOVÉM POVODÍ**

Autor diplomové práce: **Štěpán Smrčka**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Ondr, CSc.**

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci na téma „Řešení protierozní ochrany na vybraném modelovém povodí“ zpracoval samostatně. Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Českých Budějovicích, 29. dubna 2008

Štěpán Smrčka

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Pavlu Ondrovi, CSc. za rady, informace a trpělivost, kterou věnoval přípravě mé diplomové práce. Současně bych chtěl poděkovat mé rodině za celkovou podporu.

Anotace

Erozní procesy jsou věčným problémem na zemědělské i nezemědělské půdě. Jejich působení na krajinu má nezanedbatelný dopad na celkovou stabilitu přírody. V případě zemědělského využití půdy je riziko erozních procesů a následné odnosy půdy z pozemků několikanásobně větší. V podhorských a horských oblastech kde je krajina tvořena převážně svahy a kopci se při vyšších maximálních hodnotách 24 – hodinového N – letého srážkového úhrnu mohou transporty půdy pohybovat i v několika tunách na hektar. Tato práce se věnuje vyhodnocení erozní ohroženosti na vybraném mikropovodí řeky Ostřice v blízkosti vodní nádrže Lipno. Výpočty a následné vyhodnocení odnosu půdy bylo provedeno na základě relativně přesné metody CN – křivek.

Annotation

Erosion is a chronic problem in both agricultural and nonagricultural land. Its has an inconsiderable effect on overall stability of landscape. In the case of farming management on agricultural soils the risk of erosive processes increases severalfold. In foothill and mountain areas with dominance of slopes and hills the soil loss during higher maximum 24hrs N-rainfalls can reach up to several tons per hectare. This work deals with the evaluation of soil erosion vulnerability in selected catchment – Ostrice catchment – in the Lipno reservoir area. The CN method was used for calculations and following evaluation of soil loss.

Obsah

1. Úvod	2
2. Literární přehled	9
2.1 Půdní eroze	9
2.1.1 Druhy půdní eroze	10
2.1.1.1 Vodní eroze	10
2.1.1.2 Větrná eroze	11
2.2 Činitele ovlivňující vznik eroze	12
2.2.1 Srážky a z nich vznikající odtok	13
2.2.2 Větr	13
2.2.3 Morfologie území	14
2.2.4 Geologické a půdní poměry	15
2.2.5 Vegetační kryt půdy	17
2.2.6 Způsoby využívání půdy	19
2.3 Škodlivost eroze	19
2.3.1 Škody způsobené vodní erozí	21
2.3.1.1 Zanášení a znečištění nádrží	23
2.3.2 Škody způsobené větrnou erozí	23
2.4 Určení ohroženosti pozemků erozí	24
2.4.1 Ztráta půdy vodní erozí dle Wischmeiera a Smithe	24
2.4.2 Metoda čísel odtokových křivek	26
2.4.3 Ztráta půdy větrnou erozí	26
2.5 Protierozní ochrana	27
2.5.1 Protierozní opatření	28
2.5.1.1 Organizační opatření	28
2.5.1.2 Agrotechnická a vegetační opatření	31
2.5.1.3 Ochranné lesní pásy	33
2.5.1.4 Stavebně technická opatření	34
2.6 Povodí a hydrografie	37
2.6.1 Charakteristika hydrografické sítě ČR	37
2.6.2 Říční síť	38
2.6.3 Povodí	38
2.6.3.1 Velikost povodí	38
2.6.3.2 Tvar povodí	39
2.6.3.3 Fyzickogeografické faktory povodí	39
2.6.3.4 Antropogenní faktory	40
3. Cíl a metodika práce	42
3.1 Cíl práce	42
3.2 Metodika	42
3.2.1 Stanovení objemu přímého odtoku	42
3.2.2 Stanovení čísla CN – křivek	43
3.2.3 Stanovení doby koncentrace a doby doběhu	44
3.2.4 Stanovení kulminačního průtoku	46
3.2.5 Stanovení transportu splavenin	46
3.2.6 Poměr odnosu	47
3.2.7 Využití softwaru při přípravě dat a výpočtech	47
4. Charakteristika oblastí	49
4.1 Fyzicko – geografické charakteristiky povodí	49
4.2 Klimatické charakteristiky	50
4.3 Geomorfologie oblastí	51

4.4 Charakteristika půd	52
4.4.1 Hlavní půdní jednotka – HPJ-----	52
4.4.2 Zastoupení půd v dané oblasti-----	52
4.5 BPEJ.....	53
4.5.1 Bonitovaná půdně ekologická jednotka – BPEJ -----	53
4.5.2 Struktura kódu BPEJ -----	53
4.5.3 Zastoupení HPJ v povodí Ostřice oblasti -----	53
4.6 Hydrologické poměry	54
4.6.1 Hydroekologický rajon-----	54
4.6.2 Podzemní vody-----	54
4.6.3 Povrchové vody-----	54
4.6.4 Bioregion -----	54
5. Výsledky-----	55
5.1. Výpočet objemu přímého odtoku, kulminačního průtoku a odnosu půdy pro maximální 24 – hodinové N – leté srážkové úhrny	55
5.1.1 Výpočet pro N=100 -----	55
5.1.2 Výpočet pro N=50 -----	57
5.1.3 Výpočet pro N=20 -----	58
5.1.4 Výpočet pro N=10 -----	59
5.1.5 Výpočet pro N=2 -----	60
6. Závěr-----	61
7. Seznam použité literatury a zdrojů -----	63
8. Seznam příloh -----	65
9. Přílohy -----	66

1. Úvod

Naše společnost, která se vyvíjí již tisíce let, postupem času zjistila, že bez využití zdrojů biosféry v podstatě nedokáže existovat. V posledních staletích je trend využití těchto zdrojů ve prospěch naší civilizace stále patrnější. Proto si musíme položit zásadní otázku. Jsou všechny tyto zdroje nevyčerpatelné, obnovitelné a jsme schopni je nějakým jiným, stejně vhodným prvkem nahradit?

Erozní procesy způsobují poškozování dvou základní přírodních zdrojů. Vody a půdy. Jde sice o jev přirozený, ale působením člověka, který má hlavní vinu na intenzivnějším zatěžování naší planety, se tento proces stále zrychluje a stává se rok od roku nebezpečnějším. Musíme se tedy zamyslet, jakým způsobem jsme schopni a ochotni postarat se o naše nejdůležitější, a pro život nezbytné, zdroje.

Jedním z několika způsobů, jak můžeme aktivně pomoci k ochraně přírodního bohatství, je protierozní ochrana. A právě tímto tématem se zabývá má diplomová práce. Jejím úkolem je řešení protierozní ochrany na vybraném modelovém povodí. Navrhuje protierozní opatření, která by měla zlepšit hydrologické podmínky, zabránit nadměrnému smyvu půdy a napomoci tak celkovému zvýšení ekologické stability krajiny.

Musíme si uvědomit, že pokud by půda přestala existovat, přestane existovat biosféra a to by mělo jednoznačně ničivé následky pro lidstvo. A je proto právě na nás, jakým způsobem a jak důsledně jsme schopni protierozní opatření realizovat a podílet se na zachování přírody i pro další generace.

2. Literární přehled

2.1 Půdní eroze

Slovo „eroze“ je latinského původu a je odvozené od slova „erodere“ – rozhlodávat. 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 vody, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů. (Janeček, 2005)

Půdu degraduje především vodní a větrná eroze a uvolněné částice půd nebo zemin mohou dále znečišťovat ve formě sedimentů vodní povrchové zdroje, nebo zasypávat různá technická zařízení nebo zemědělské kultury. Vztahy mezi erozí a sedimentací a zásahy člověka do těchto vztahů často vyúsťují v porušení rovnováhy mezi uváděnými procesy v jiných částech povodí. (Buzek, 1983)

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

Činnost vody, větru a ledovců, jež v přirozených podmínkách probíhala zvolna, se v intenzivně využívané krajině výrazně zrychlila a přinesla pro společnost řadu nepříznivých důsledků. Při normální erozi nedochází k porušení přírodní rovnováhy a ztráta půdních částic je doplňována tvorbou nových částic z půdního podkladu. Při zrychlené erozi je porušena přírodní rovnováha a dochází k takovému smyvu půdních částic a živin, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem. (<http://www.sweb.cz/eroze/home.htm>)

Transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje, zanášejí akumulační prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organizmy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin a velké povodňové průtoky poškozují budovy, komunikace, koryta vodních toků apod. (Janeček, 2005)

2.1.1 Druhy půdní eroze

Podle činitele, který způsobuje vznik a působí na průběh erozních procesů, Holý (1994) rozeznává:

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

2.1.1.1 Vodní eroze

Vodní eroze spočívá v rozrušování zemského povrchu dešťovými kapkami a povrchovým odtokem a podle formy se dělí na erozi plošnou, rýhovou, výmolovou a proudovou. (Janeček, 2005)

Vodní eroze má u půd za následek nejen snižování orniční vrstvy smyvem, ale i zhoršování fyzikálních a chemických vlastností, a tím zhoršení vodního režimu. (Pasák, 1984)

Vodní eroze je vázána na základní hydrografickou jednotku – povodí. Mírou intenzity vodní eroze v povodí je transitní část produktů eroze, tj. množství přenášeného materiálu ve vodním toku ve formě nerozpuštěných látek (plaveniny a splaveniny) a látek rozpuštěných. Podle ČSN 73 6511, Názvosloví v hydrologii, 1975, jsou splaveniny pevné částice minerálních nebo organických látek, přemísťované proudící vodou, přičemž dnové splaveniny se přemísťují převážně v kontaktu se dnem koryta válením, sunutím nebo poskakováním (saltací) a plaveniny jsou jemně rozptýleny ve vodě (jsou v suspenzi) a usazují se pouze při velmi nízkých rychlostech vody v korytech resp. v sedimentačním prostředí (moře, jezera, přehrady). (Buzek, 1983)

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 půdní částice, a proto má silný výběrový (selektivní) účinek. Tím se na povrchu půdy tvoří hrubozrnná vrstva skeletu (tzv. kamenná dlažba), která současně chrání půdu před smyvem. Soustředěním plošného odtoku vzniká rýžková eroze o hloubce a šířce několika cm. Při

větším soustředí vody a postupném prohlubování stružek vznikají erozní rýhy různé velikosti a tvaru. Podle tvaru příčného profilu lze rozeznávat rýhy ploché, úzké, široké a oblé. (Janeček, 2005)

Výmolná vodní eroze vzniká postupným soustředováním povrchově stékající vody, která vyrývá v půdním povrchu mělké zářezy, postupně se prohlubující. Prvním stádiem výmolné vodní eroze je eroze rýžková a brázdová. Při rýžkové erozi vznikají v půdním povrchu drobné úzké zářezy, které vytvářejí na postiženém svahu hustou síť. 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. Z rýžek a brázd vznikají pokračujícím soustředováním povrchově stékající vody hlubší rýhy, které se směrem po svahu postupně spojují a prohlubují; jsou výsledkem rýhové eroze. Rýhová eroze přechází ve vyšší stupeň – erozi výmolovou a ta v nebezpečnou, území devastující erozi stržovou. (Holý, 1994)

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. (Holý, 1994)

2.1.1.2 Větrná eroze

Větrná eroze nastává, sejdou-li se tři podmínky: dostatečně silný vítr u povrchu země, suchý povrch půdy náchylný k erozi a nepřítomnost ochranného porostu. (<http://www.zememeric.cz>)

Proces větrné eroze probíhá výhradně na horní vrstvě půdy jako důsledek vzniklé nerovnováhy mezi odporem půdy a kinetickou energií větru, jako agresivním faktorem klimatu. (Středanský, 1993)

Proces větrné eroze lze rozdělit na tři fáze: uvedení půdních částic do pohybu, transport půdních částic, ukládání půdních částic. K prvním dvěma fázím dochází působením turbulentního proudu přízemního větru s energií, jež je schopna překonat gravitační síly půdních částic, třetí fáze nastává při poklesu energie větru pod uvedenou mez. (Holý, 1994)

Působení větru na reliéf povrchu země je patrné ve všech zeměpisných šířkách. Vítr, podobně jako voda, rozrušuje povrch terénu, uvolněné látky transportuje a při poklesu

transportační síly přenášený materiál ukládá. Průběh a intenzita eologického působení závisí hlavně na síle větru, frekvenci jeho směrů, charakteru podloží a vegetací, která toto podloží pokrývá. (Buzek, 1983)

Podle toho, zda dochází k deflaci půdních částic větrem, nebo k obrušování pevných horninových útvarů unášenými ostrými půdními zrny, rozlišujeme dvě formy větrné eroze – deflaci a korazi.

Deflace je odnos uvolněných půdních částic silami větru. Jejím výsledkem je přemísťování půdní hmoty na různé vzdálenosti a vznik písčných přesypů, zejména na mořských pobřežích a ve vnitrozemských pouštích.

Koraze spočívá v obrušování hornin půdními částicemi podléhajícími deflaci. Intenzita koraze je dána odolností materiálu, druhem a tvarem částic nesených větrem a odolností větru. Nejvíce podléhají korazi lehce opracovatelné horniny, jako je např. pískovec. (Holý, 1994)

K větrné erozi dochází nejvíce na půdě bez vegetace ($< 0.01\text{mm}$) a nízké půdní vlhkosti. Půdní částice jsou uváděny do pohybu vlivem kinetické energie větru tlakem na jejich povrch. Pohyb půdních částic se děje třemi způsoby: válením po povrchu, skokem (saltací) nebo se vynesou do ovzduší. Erozní procesy se zvyšují s velikostí území, neboť čím delší je území ve směru větru, tím nastává větší rozrušování povrchu půdy skákajícími půdními částicemi. (Janeček, 2005)

2.2 Činitele ovlivňující vznik eroze

Průběh a intenzitu erozních procesů ovlivňuje řada přírodních činitelů a vlivy antropogenní. (Buzek, 1983)

Nejvýznamnějšími činiteli podle Holého (1994) jsou:

- srážky a z nich vznikající odtok
- vítr
- morfologie území
- geologické a půdní poměry
- vegetační kryt půdy
- způsoby využívání půdy

2.2.1 Srážky a z nich vznikající odtok

Podle Buzka (1983) určující vliv na průběh a intenzitu eroze mají srážky přívalového charakteru, kde se spojují efekt silného povrchového odtoku a kinetické energie dešťových kapek dopadajících na povrch půdy.

Buzek (1983) dále uvádí, že padající kapky bombardují nekrytý povrch a půdní částice mohou být jejich dopadem vymršťovány až do výšky 40 cm. Po úderech kapek se na povrchu půdy mohou vytvořit malé krátery o průměru 3 - 6 mm a na jejich obvodě se vytvářejí miniaturní valy z vymršťového materiálu. Morfologicky nápadně se vliv bombardujících kapek projevuje zvláště na heterogenním materiálu, kdy působením bombardující a povrchově odtékající vody se tvoří zemní pyramidy. Při silném dešti může na jeden metr čtvereční spadnout až 1300 kapek o průměru 1 mm při rychlosti dopadu 4,4 – 5,8 m/s.

V okamžiku, kdy intenzita deště překročí vsakovací schopnost půdy, dochází k povrchovému odtoku, který jednak transportuje půdní částice, uvolněné dešťovými kapkami, jednak sám rozrušuje půdní povrch. Erozně nebezpečným odtokem je odtok za prudkých srážek ve sklonitém reliéfu s nerozpustným podložím. Přívalové srážky jsou spojeny se silným poklesem atmosférického tlaku; při poklesu tlaku má půdní vzduch snahu uniknout z půdy, což může snížit rychlost zásaku vody do ní. Povrchový odtok stoupá se snižující se vsakovací schopností půdy v průběhu deště. (Buzek, 1983)

Působení dešťových kapek na půdní povrch je dáno jejich kinetickou energií. Ta je příčinou rozrušování půdních agregátů a uvolňování půdních částic, které mohou být přemístěny na vzdálenost až několika centimetrů. Energie vodních kapek zvyšuje turbulenci povrchového odtoku.

V podmínkách české a slovenské republiky je trvání přívalových dešťů zřídka delší než 3 hodiny, střední doba trvání největších přívalů bývá 15 až 20 minut jen výjimečně. (Holý, 1994)

2.2.2 Vítr

Větrná eroze je vyvolána kinetickou energií větru působícího na půdní povrch. Účinkem této energie se uvolňují půdní částice a jsou uváděny do pohybu včetně chemických látek na ně vázaných. Ze vztahu pro výpočet kinetické energie vyplývá, že se při stejné hmotnosti vzdušného proudu mění hodnota kinetické energie se čtvercem

rychlosti proudění. Rychlost větru je vedle tlaku rozhodujícím ukazatelem erozní síly větru.

Minimální rychlost větru potřebná k zahájení pohybu půdních částic je větší než rychlost potřebná k udržení částic v pohybu. Je to způsobeno nárazy saltujících půdních částic, které svou energií při dopadu pomáhají udržovat proces pohybu půdních částic i při menších rychlostech větru. (Holý, 1994)

2.2.3 Morfologie území

Konfigurace terénu, zvláště jeho sklonové poměry a stupeň rozčlenění, jeho expozice, tvar a délka svahů ovlivňují charakter a intenzitu erozních procesů. Ke geomorfologickým faktorům počítáme i nadmořskou výšku, která kromě jiných predisponuje charakter zvětrávání a také odnosového činitele. Soubor těchto geomorfologických vlivů působí přímo (např. sklon svahu ovlivňuje rychlost odtékající vody, a tím její energii) nebo nepřímo (např. sklon svahu ovlivňuje vlhkostní poměry v půdě, a tím soudržnost půdních částic).

Nejnebezpečnější eroze probíhá na všech morfologických typech svahů tam, kde se setkává optimální kombinace maximálního sklonu a maximální délky svahu. (Buzek, 1983)

Morfologie území má vliv i na větrnou erozi, na jejíž intenzitu působí i expozice území vůči převládajícím větrům a forma reliéfu území.

Teoretický rozbor vlivu sklonu území na vodní erozi a četná pozorování a měření v přírodě i v laboratoři prokázala, že sklon je jedním z rozhodujících erozních činitelů. Jeho vliv na vznik a průběh erozních procesů může být ostatními činiteli, např. půdními vlastnostmi, vegetačním krytem půdy aj., zeslaben, nikdy však plně potlačen.

Při konstantním sklonu a nezměněných ostatních podmínkách dochází při dešti, který trvá déle než doba, za niž dospěje vodní částice od rozvodí k úpatí svahu, s prodlužováním této doby ke zvětšování množství povrchově stékající vody i její rychlosti a tangenciálního napětí, což vede i k růstu intenzity erozního procesu. (Holý, 1978)

Závislost mezi sklonem území a intenzitou erozního procesu, udávaná různými autory, ukazuje, že se intenzita erozního procesu zvětšuje se zvětšováním tangenciálního napětí a rychlostí povrchového odtoku, jež jsou převážně funkcí sklonu území.

Vliv kombinace sklonu a délky svahu na intenzitu erozního procesu je významný pro návrh druhu a umístění protierozních opatření.

Spolehlivé vyšetření závislosti mezi intenzitou erozního procesu a sklonem a délkou svahu umožňuje při znalosti přípustné meze intenzity erozního procesu určit délku svahu odpovídající této mezi, která se nazývá maximální délka svahu.

Na intenzitu a průběh erozních procesů má vliv tvar svahů. Svahy dělíme na vypuklé, vyduté, přímé a kombinované.

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 téměř převýšení.

Tvar reliéfu má vliv i na činnost větrné eroze a to jednak tím, že ovlivňuje úhel působení větrného proudu na půdní povrch, a jednak tím, že ovlivňuje mocnost a rozložení sněhové pokrývky na svazích různého tvaru. Na vydutém svahu přibývá naváté sněhové vrstvy směrem k údolí, v němž vrstva bývá i několikrát mocnější než ve střední části svahu. Na vypuklém svahu je sníh odvíván tím více, čím vypuklejší je svah, což vede ke zmenšení vrstvy sněhu směrem k údolí. Na zvlněných svazích přemísťuje vítr sníh z vypuklin do prohlubní. Tato činnost větru je velice důležitá, neboť sněhová pokrývka zvětšuje vlhkost, a tím soudržnost půdy, i růst vegetace, což zlepšuje protierozní odolnost půdy. (Holý, 1994)

Holý (1994) dále uvádí, že sluneční expozice na jižních a západních svazích je příčinou rychlého tání sněhu při změnách denních a nočních teplot. Důsledkem je větší povrchový odtok ze sněhových vod, vymrzání vegetace a intenzivnější rozrušování půdního substrátu, což zvětšuje intenzitu eroze ve srovnání se svahy zastíněnými, exponovanými k severu a západu. A i když je vliv expozice svahů na intenzitu a průběh eroze prokazatelný, nelze jej při hodnocení vodní eroze přeceňovat.

2.2.4 Geologické a půdní poměry

Podle Janečka (2005), patří mezi geologické a půdní faktory eroze povaha horninového substrátu, půdní druh a typ, textura a struktura půdy, její vlhkost a zvrstvení a obsah humusu.

Příznivé podmínky pro erozi vznikají především na flyšovém substrátu a na spraších, a také další druhy sedimentů, např. křídové slíny a sypké písčité, hlinité a jílovité usazeniny ovlivňují kladně tvorbu erozních forem. Poměrně odolné proti erozi jsou vyvřeliny a karbonáty (pokud jsou kryté vegetací).

Odolnost půdy proti erozi posuzujeme především z hlediska jejího druhu, daného texturou (zrnitostí). Hrubé písčité a hlinitopísčité půdy a zeminy jsou proti erozi odolné,

protože svou vysokou propustností podporují zasakování vody, a tím se snižuje při malém povrchovém odtoku její erozní působení. Hrubozrnnost půd snižuje nejen splach, ale také deflaci. Protierozní odolnost mají také jílovité zeminy, bohaté na koloidy, kdežto hlíny s vysokým obsahem prachu, které mají málo součástí s tmelící funkcí jsou snadno erodovatelné. (Buzek 1983)

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 výmolné vodní eroze nebo větrnou erozí. Potom obvykle dochází k rychlému rozrušování této horniny a ke vzniku rýh, výmolu a strží, jež se postupně rozšiřují a prohlubují. Jev je zvláště výrazný na snadno větrajících slepencích, pískovcích, břidlicích apod.

Nepřímý vliv geologického podkladu se projevuje ve vlastnostech půdotvorného substrátu, který podmiňuje význačné vlastnosti půd, zejména strukturu a obsah minerálních a chemických látek, jež spolu s organickými substancemi usměrňují půdotvorné procesy. Vzniklé půdy se vyznačují různou odolností vůči působení povrchově tekoucí vody a větru.

Půdní poměry, jež jsou souhrnem jednotlivých vlastností půdy se projevují vlivem na velikost infiltrace srážkové vody do půdy a její časový průběh a vlivem na odolnost povrchu půdy vůči destrukčnímu účinku dešťových kapek, povrchově stékající vody a větru.

Infiltrační schopnost půdy ovlivňuje podstatnou měrou vznik a průběh povrchového odtoku. Přítomnost vody v půdě je dána působením gravitačních a kapilárních sil a adhezních sil půdních zrn, jimiž je poutána na jejich povrchu jako tenká molekulární vrstva. V průběhu deště se prostory mezi půdními zrny postupně plní vodou a infiltrace se snižuje, až dosáhne konstantní hodnoty. V takovém případě odpovídá infiltrační kapacita půdy teoreticky nasycené hydraulické vodivosti půdy.

Infiltrace srážkové vody do půdy závisí na půdních vlastnostech. Rozhodující je textura a struktura půdy, její vlhkost a zvrstvení. Pro odolnosti půdy vůči vodní a větrné erozi je rozhodující obsah humusu a nasycenost sorpčního komplexu.

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 těžších půdních částic nejdéle kinetické energii vody a kinetické energii větru. Na druhé místo lze řadit 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.

Půdní struktura, jež je dána vzájemným uspořádáním a vazbou půdních částic, určuje obsah nekapilárních pórů v půdě a stabilitu půdních agregátů. Půdy s příznivě vyvinutou strukturou přijímají lépe srážkovou vodu a lépe vzdorují destrukční činnosti povrchově stékající vody a větru než půdy, u nichž není struktura vyvinuta v dostatečné míře. (Holý, 1994)

Dle Buzka (1983), půdy s drobovitou strukturou podporují zásak a dobré zakořeňování rostlin, a tím snižují účinky eroze. Na druhé straně prашná struktura podporuje erozní procesy, a to nejen vodní, ale také eolické.

Dále je dle Buzka (1983) zřejmé, že intenzita eroze půdy je také značně modifikována přítomností vody v půdě, protože vlhkost ovlivňuje její soudržnost. Při vysoké vlhkosti se zmenšuje infiltrační schopnost půdy, a tím se zvětšuje povrchový odtok; na druhé straně nízká vlhkost půdy usnadňuje eolickou erozi.

2.2.5 Vegetační kryt 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. Toto časové zdržení společně se zmenšením rychlosti povrchově stékající vody, způsobené zvětšením drsnosti půdního povrchu nadzemními orgány vegetace, podporuje vsak vody do půdy, což zmenšuje celkový povrchový odtok. Zvětšení vsaku je způsobeno i zlepšením půdních vlastností vegetací, neboť vegetace obohacuje půdu o organické látky a dusík, způsobuje pohyb některých látek (Ca CO₃) důležitých pro příznivé vlastnosti půd z hlubších, neúčinných vrstev k povrchu půdy, provzdušňuje půdy, vyvolává zvýšenou mikrobiální činnost apod. To vše má vliv na vytváření příznivé půdní struktury, a tím na soudržnost půdy.

Zastiňovacím účinkem zmenšuje vegetace výpar vody z půdy a uchovává jí příznivý vlhkostní stav, což má výrazný vliv na stabilitu půdních agregátů.

Tyto příznivé účinky doplňuje přímé mechanické zpevnění půdy kořenovým systémem vegetace. Důležitá je hustota kořenového systému a hloubka dosahu jeho převážné části v půdním profilu.

Ve vztahu k větrné erozi se uplatňuje zejména ochrana půdního povrchu vegetací před přímým stykem s větrem, ochrana půdy před vysoušením a zlepšení půdních vlastností důležitých pro odolnost půdy vůči účinkům větru. (Holý, 1994)

Rostliny nemají stejnou protierozní účinnost. Na prvním místě s vysokou protierozní účinností jsou lesní porosty s hustým korunovým zápojem, neporušeným podrostem a se zachovanou vrstvou hrabanky. Funkčně se les uplatňuje především ve formování povrchového odtoku, a tím intenzity a průběhu erozních procesů. Četná sledování kvantitativně dokládají relativně nízký odtok vody ze zalesněných území ve srovnání s odlesněnými plochami. Povrchový odtok ze zalesněných území nepřesahuje 10% srážkového množství. (Buzek, 1983)

Travní porost z dobře vyvinutým drnem má podobný příznivý vliv na velikost a průběh povrchového odtoku a na ochranu půdního povrchu jako lesní porost. Povrchový odtok z pozemků chráněných dobrým travním krytem činil 0,3 až 5,5% srážkového množství a smyv 0,029 až 0,132 t/ha, zatímco ze zalesněné plochy za stejných podmínek naměřil odtok v hodnotě 0,1 až 3,6% srážkového množství a smyv 0,005 až 0,193 t/ha. Neprojevil se tedy velký rozdíl mezi účinností lesního a travního krytu.

Nízký stupeň protierozní ochrany poskytují polní kultury, což je způsobeno poměrně malou listovou plochou připadající na plošnou jednotku půdy, obvykle menším vzrůstem nadzemních částí v převážné části roku (jsou to většinou kultury jednoleté) a menším rozsahem kořenového systému. (Holý, 1994)

Tabulka č. 1: Holý (1994) uvádí intenzitu vodní eroze pod různými kulturami.

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%

2.2.6 Způsoby využívání půdy

Podle Zachara (1970) jsou erozí nejvíce poškozenými plochami pozemky, pastviny a vinice. Podle náchylnosti k erozi s klesajícím stupněm poškození můžeme sestavit následující stupnici:

- středně hluboká orba s uválcovaným povrchem
- hluboká orba (60 – 80 cm) s uválcovaným povrchem
- okopaniny a technické kultury v počátečním stádiu jejich vývoje
- mladé vinohrady
- jařiny před zapojením porostu
- ozimy
- pastviny poškozené dobyt看em
- staré vinohrady po vrstevnici
- trvalé bylinné travní porosty
- lesní porosty

Z agrotechnických zásahů má pro erozi největší účinek orba, při níž se podle Zachara (1970) ročně přemístí více než 1 miliarda m³ půdy; tím se půda přivádí do snadněji erodovatelného stavu a snižuje se ochranný účinek vegetace, na druhé straně se však orbou zvýší propustnost půdy a drsnost jejího povrchu. Silně náchylné k erozi jsou uválcované půdy. (Buzek, 1983)

Na intenzitu eroze má též vliv umístění zemědělských kultur. Intenzita vodní eroze je menší při umístění kultur s větším protierozním účinkem na nejvíce ohrožených částech svahu, intenzita větrné eroze je menší při umístění kultur v místech nepříznivého působení větrů na půdní povrch. Z toho hlediska je nutno posuzovat návrh osevních postupů.

V erozně ohrožených oblastech je nutno důsledně uplatnit vhodnou protierozní organizaci území.

Správně provedená opatření, jako jsou odvodnění, závlahy a rekultivace pozemků, zlepšují odtokové poměry a půdní vlastnosti, a tím snižují intenzitu eroze. (Holý, 1994)

2.3 Škodlivost eroze

Procesy působící erozi půdy jsou součástí rozsáhlého komplexu exogenních reliéfových procesů, které nepřetržitě formují a přetvářejí povrch naší planety. Tyto procesy postupují pozvolna, dlouhodobě. Výsledkem nevhodných zásahů člověka do krajiny je zvýšená až katastrofální eroze, mající za následek poškození až zničení úrodné

půdy. Uvádí se, že eroze půdy má největší podíl na destrukci přírodních zdrojů (půdy a vody) ve světě, vzhledem ke svému značnému rozšíření a četným následným účinkům a obtížím v rozeznávání potencionálního nebezpečí eroze v boji proti jejímu postupu. (Pasák, 1984)

Obecně se uznává, že zrychlená eroze půdy je vážným světovým problémem. Obtížné však je určit rozsah, velikost a rychlost půdní eroze a její důsledky pro hospodářství a životní prostředí. Odhaduje se, že množství sedimentů odnášených do oceánů vzrostlo z 10 miliard t/rok před zavedením intenzivního zemědělství (pastvy) na 25 až 50 miliard t/rok v současnosti. Za tuto dobu bylo zničeno erozí 430 mil. ha produktivních ploch. Současná degradace půdy erozí a jinými faktory vede k nevratné ztrátě produkce na ploše 6 mil. ha/rok úrodné půdy. Ztráta zemědělské půdy erozí se odhaduje na 3 mil. ha/rok. Podle OSN produkce plodin na 20 milionech hektarů klesne na nulu nebo se stane neekonomickou z důvodu degradace půdy erozí. (Janeček, 2005)

Ztráta půdy při erozních procesech postihuje nejvíce zemědělství. Ztráta 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. (<http://www.sweb.cz/eroze/dusledky.htm>)

Podmínky pro výskyt erozních procesů v naší republice jsou specifické, neboť při přechodu na velkovýrobní způsob zemědělského obhospodařování a při další intenzifikaci zemědělské výroby byl problém eroze z nás značně podceněn a následky zrychlené eroze zemědělských půd vážně ohrožují jejich úrodnost, včetně mnohamiliónových škod v intravilánech měst a obcí, způsobovaných povrchovým odtokem a smyvem půdy ze zemědělských pozemků. Přehlížet nelze ani negativní vliv na kvalitu vodních zdrojů a časté škody větrnou erozí. (Janeček, 2005)

Závažnost znečištění vody minerálními hnojivy v důsledku jejich uvolňování a transportu při erozních procesech se posuzuje podle toho, k čemu se má voda používat. Největší problém způsobuje znečištění pitné vody, neboť některé látky, zejména fosfáty, dusičnany a chloridy, působí přímo na lidské zdraví a mohou zavinit závažné poruchy. (Holý, 1994)

Eroze půdy je přírodní jev, jehož škodlivá účinnost se projevuje zejména při kombinaci k tomu příznivých podmínek. Metody protierozní ochrany půdy musí

především sledovat vyloučení odstranitelných příčin a jejich kumulace. K tomu musíme poznat jednotlivé faktory eroze a jejich kvantitativní formy šíření. (Pasák, 1984)

Tabulka č. 2: Janeček (2005) uvádí světový rozsah půd ohrožených vodní a větrnou erozí.

Světadíl	Vodní eroze	Větrná eroze
Asie	441	222
Afrika	227	186
Jižní a střední Amerika	169	47
Evropa	114	42
Severní Amerika	60	35
Oceánie	83	16
Svět	1094	548

2.3.1 Škody způsobené vodní erozí

Vodní eroze znamená z agronomického hlediska fyzikální a biologickou degradaci půdy, nenávratnou ztrátu zeminy, humusu i rostlinných živin, vysušení půdy, utlumení mikrobiálního života, porušení, popřípadě zničení kultur a celkovou degradaci produktivní půdy. Ztráty živin erozními procesy při dnešní vysoké intenzitě hnojení průmyslovými hnojivy často převyšují jejich využití rostlinami. Kvantitativní hodnota smyvu půdy a ztrát živin závisí na množství, druhu a formě živin dodaných do půdy a na půdních vlastnostech. (Pasák, 1984)

Půdní částice uvolněné povrchově stékající vodou jsou ukládány po poklesu jejího tangenciálního napětí a rychlosti na úpatí svahů. Jemný materiál je však transportován vodou do hydrografické sítě, v níž tvoří převážnou část splavenin.

Splaveniny zanášejí přirozené i umělé vodní toky (plavební, odvodňovací, závlahové a jiné kanály), vodní nádrže a stavby na tocích. Zmenšují potřebnou kapacitu toků a kanálů, což ovlivňuje zásobování různých odvětví národního hospodářství vodou a mnohdy omezuje funkce kanálů. Zejména nepříznivě se to projevuje u závlahových soustav. Zanášení odvodňovacích kanálů umožňuje jejich zarůstání a zmenšuje průtočnou kapacitu.

Splaveniny v tocích zvyšují niveletu dna; to vyvolá nebezpečí vzniku nežádoucích inundací a zvýšení hladiny podzemní vody v přilehlém území, což způsobuje zamokření. Splaveniny ohrožují funkci a životnost staveb na tocích, zejména odběrných zařízení. Velké nebezpečí představují splaveniny pro vodní nádrže, v nichž dochází k zanášením ke zmenšování kapacity prostoru a k potížím při provozu. Transportem splavenin jsou často ohrožovány vodní toky, plavební dráhy a kanály. Náklady na jejich čištění jsou velké a výrazně zdražují plavební provoz. Nebezpečné jsou zejména bystřiny s transportem štěrku ústící do splavných toků.

V dnešní době, kdy se půda dostává do styku s obrovským množstvím chemických látek různého druhu a různého stupně toxicity, představuje jejich transport vznikající působením erozních procesů výrazné nebezpečí pro společnost. Nebezpečí je tím výraznější, že se chemické látky uvádějí do pohybu velmi lehce a že erozní procesy probíhají rozptýleně, na velkých plochách, což znesnadňuje návrh účinných a ekonomických protierozních opatření. Chemické látky pronikají do povrchových i podzemních vod a ohrožují využití vodních zdrojů. Nejvýznamnějším zdrojem těchto látek jsou průmyslová hnojiva a různé druhy pesticidů, užívané ve velkých množstvích v zemědělské výrobě, a různé druhy zemědělských odpadů i odpady průmyslové, ukládané na půdu nebo do půdy. Z místa použití nebo uložení jsou chemické látky transportovány zejména vodou a větrem. (Holý, 1994)

Janeček (1978) dále uvádí, že chemicky aktivní povrchová vrstva půdních částic umožňuje absorpci, adsorpci a desorpci látek, jako jsou např. rostlinné živiny, pesticidy, těžké kovy, radionukleidy, tenzidy a mikroby. Ve světovém měřítku je smyv půdy erozí považován za objemově největšího znečišťovatele povrchových vod.

Nejčastější problém je vliv vody znečištěné minerálními hnojivy na biologickou rovnováhu v tocích a nádržích. Dochází k eutrofizaci, což je zrychlení normálního biologického procesu zvětšeným přítokem živin. Nastává výrazný růst řas, jež dodávají pitné vodě nežádoucí chuť a zápach, mohou zhoršovat účinnost filtrů a snížit obsah kyslíku ve vodě do té míry, že je ohrožen život ryb a jiné vodní fauny. Eutrofizované vodní toky a nádrže jsou nevhodné pro rekreaci. (Holý, 1994)

Sedimenty obsahují obecně více jílovitých, prachovitých a organických látek než půdy, ze kterých pocházejí. Tyto částice a organické látky mají velkou schopnost absorpce patogenních organismů, virů, rostlinných živin, pesticidů a dalších chemických látek. Nemůžeme se již proto dále spokojovat pouze se znalostí objemu produkce smyvů, ale

v mnoha případech musíme nyní rovněž znát vlastnosti a složky sedimentů ve vztahu k jejich zdrojům. (Janeček, 1978)

2.3.1.1 Zanášení a znečištění nádrží

Nádrže se zanášejí jednak v důsledku sedimentace částic různého původu přinášených přítokovou vodou; mohou to být jak erozní smyvy ze zemědělských pozemků, tak odpadní vody ze sídlišť, zemědělských a průmyslových podniků, tak také v důsledku usazování odumřelých vodních (rostlinných a živočišných) organismů a produktů jejich látkové výměny. Výsledkem těchto procesů je sapropel. (Janeček, 1978)

Zakalení vody se nepříznivě projevuje při úpravě povrchové vody na vodu pitnou. Někdy se stává, že po povodni silný koloidní zákal ohrozí až znemožní provoz úpravný. Negativní důsledky zakalení pociťuje i rybářství. Ryby se snaží ze zakaleného prostředí uniknout. Zákal a sediment potlačuje život vodních rostlin, planktonu a rybích jiker. (Pasák, 1984)

2.3.2 Škody způsobené větrnou erozí

Větrná eroze působí škody na zemědělské půdě odnosem půdních částic a hnojiv, ale i obnažováním kořinek rostlin a přesekáváním jemných stonků mladých rostlin větrem unášenými zrny zeminy. Větre přemístěnou zeminou jsou rovněž zanášeny příkopy, komunikace a pod. (Pasák, 1984)

Škodlivost erozního působení větru se projevuje v rozrušování, odnosu a nánosem na jiných místech. Kromě přímého působení na půdu poškozují větrná eroze také rostliny tím, že unášené částice koradují jejich stonky, jsou obnažovány kořinky rostlin a odnášeny živné látky a semena; sedimentovaný materiál kromě jiných zanáší vegetaci, a tím vznikají na zemědělských plochách škody. (Buzek, 1983)

Procesem větrné eroze jsou na zemědělské půdě působeny škody odnosem ornice, hnojiv, osiv a ničením plodin. Další škody vznikají zanášením komunikací, vodních toků, a jiných objektů, včetně znečišťování ovzduší, neboť nejjemnější půdní částice se větrem dostávají do ovzduší a mohou být příčinou vzniku tzv. prašných bouří. Jemný prach pak vniká do místností, vyvolává plicní onemocnění a vyřazuje z provozu stroje a pod. (Janeček, 2005)

Půdní částice unášené větrem znečišťují atmosféru. Lidé a zvířata trpí chorobami dýchacího ústrojí a očními infekcemi. O rozsahu transportu půdních částic svědčí údaje W.

S. Chepila a N. P. Woodruffa, kteří zjistili až 310 tun prašných částic v 1 km³ vzduchu při prašné bouři.

V rozsáhlém výzkumném programu pohybu pesticidů v atmosféře byly sledovány koncentrace DDT a jeho derivátů ve vzdušných proudech přenášených pasáty z evropských a afrických geografických oblastí nad Barbados. Byla konstatována velké mobilita těchto nervově paralytických jedů v celosvětovém měřítku. Zjistilo se, že 1m³ ovzduší obsahuje 7,8 · 10⁻⁴ g těchto látek. (Holý, 1994)

Četnost výskytů větrné eroze je proti četnosti výskytů vodní eroze menší. Přesto však jsou větrnou erozí působeny národnímu hospodářství značné škody. (Pasák, 1984)

2.4 Určení ohroženosti pozemků erozí

2.4.1 Ztráta půdy vodní erozí dle Wischmeiera a Smithe

Podle Janečka (2005) zatím nejdokonaleji vyjadřuje kvantitativní účinek hlavních faktorů ovlivňujících vodní erozi způsobovanou přívalovými dešti tzv. univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy z pozemků dle Wischmeiera a Smithe:

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

kde:

G - průměrná dlouhodobá ztráta půdy (t · ha⁻¹ za rok)

R – faktor erozní účinnosti deště

K- faktor erodovatelnosti půdy

L – faktory délky svahu

S – faktor sklonu svahu

C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu

P – faktor činnosti protierozních opatření

Použitím uvedené rovnice lze stanovit dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy z pozemku vodní erozí. Rovnici nelze použít pro kratší než roční období ani pro zjištění ztráty půdy erozí způsobené jednotlivými dešti nebo odtokem s tajícího sněhu.

Faktor R je vyjádřený v závislosti na četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energii deště. Základní charakteristikou pro stanovení erozní účinnosti deště je kinetická energie a maximální třicetiminutová intenzita deště. Pokud nejsou k dispozici konkrétní hodnoty faktoru R, které se stanovují z ombrogramů, lze pro území České republiky počítat s průměrnou hodnotou R = 20.

Faktor K je faktor erodovatelnosti půdy vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a zrnitosti. Pokud obsah prachu a práškového písku (0,002 – 0,1 mm) v půdě nepřekračuje 70%, lze faktor erodovatelnosti K určit ze vztahu:

$$100K=2,1M^{1,14} 10^{-4}(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3)$$

kde:

M - % prachu a práškového písku

a - organická hmota v %

b - kód struktury ornice

c - kód třídy propustnosti půd. profilu

Nejčastěji se jeho hodnota zjišťuje z nomogramu podle obsahu jílnatých a prachových částic (do 0,1mm), písčitých částic (0,1-2,0mm), organických látek, podle struktury půdy a její propustnosti.

K velmi přibližnému a generalizovanému určení K – faktoru lze použít map bonitovaných půdně ekologických jednotek a hodnoty K – faktoru určit podle tabulky.

Faktor L vyjadřuje poměr ztráty půdy z vyšetřovaného pozemku a z jednotkového pozemku podle vztahu:

$$L = (d/22,13)^P$$

Faktor S udává poměr ztráty půdy v závislosti na sklonu podle vztahu:

$$S=0,43+0,3I+0,043I^2/6,613$$

Přímo lze hodnoty faktorů L a S získat z tabulek nebo nomogramů.

Faktor C nebo-li stupeň ochranného účinku plodin a jejich posklizňových zbytků je rozdělen na 5 období:

- období podmítky a hrubé brázdy
- období od přípravy k setí do prvního měsíce po zasetí
- období druhého měsíce po setí, u ozimů do 30.4.
- období od konce třetího období do sklizně
- období strniště

Faktor P vyjadřuje účinnost protierozních opatření. Nejčastěji se pro dosažení do rovnice používá P = 1, jelikož se v našem zemědělství protierozní opatření nepoužívají.

Po dosazení odpovídajících hodnot do rovnice určíme dlouhodobou průměrnou ztrátu půdy vodní erozí v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ z pozemku. Pokud vypočtená ztráta půdy (**G**) překročí hodnoty stanovené v současné době za přípustné ztráty:

- u půd mělkých do 30cm $1 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$
- u půd středně hlubokých do 60cm $4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$
- u půd hlubokých nad 60cm $10 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$

Je zřejmé, že protierozní ochrana na pozemku je nedostačující a je nutno uplatnit protierozní opatření. Po nahrazení některého z faktorů v rovnici a opětovným výpočtem lze zjistit, zda navržené protierozní opatření zajišťuje snížení ztráty půdy erozí pod přípustnou mez.

2.4.2 Metoda čísel odtokových křivek

Jednoduchý a dostatečně přesný hydrologický model, s jehož pomocí lze prognózovat objem povrchového odtoku a velikost průtoku z povodí o ploše 5 až 10 km^2 . Metoda CN – křivek je použitelná k posuzování vlivu způsobů využívání povodí, protierozních opatření a dalších změn na velikost povrchového odtoku a zejména pak k navrhování a posuzování technických protierozních opatření, jako jsou dráhy soustředěného povrchového odtoku – zatravněné údolnice, průlehy, záchytné příkopy, zasakovací pásy, ochranné hrázky a malé vodní nádrže. (Janeček, 2005)

2.4.3 Ztráta půdy větrnou erozí

Pro komplexní posouzení erozních procesů sestavili Chepil a Woodruff na základě dat získaných modelováním deflace v pokusných větrných tunelech tuto rovnici:

$$G = J' K C f(L') f(V)$$

kde:

Faktor J' vyjadřuje erodibilitu půdy, neboli potenciální ztrátu půdy z nechráněného pozemku s rovným nekrytým povrchem bez škraloupu.

Faktor K je faktor drsnosti půdy a určuje se z grafu na základě výškových rozdílů mikroreliefu půdního povrchu.

Faktor C je klimatický faktor závislý na rychlosti větru a půdní vlhkosti. Určuje se ze vztahu mezi průměrnou roční rychlostí větru (**v**) ve výšce 10m nad povrchem, efektivní půdní vlhkostí **P-E** (rozdíl srážek a evapotranspirace) a množstvím transportované půdy ve tvaru:

$$C=34,483 [v^3/(P-E)^2]$$

Faktor L udává délku nekrytého území ve směru převládajících větrů.

Faktor V je faktor vegetačního krytu.

Matematický vztah mezi uvedenými faktory je komplikován vnitřními vazbami, proto rovnici nelze řešit jednoduchým vynásobením, ale postupně:

1. $G = J'$

Zjistíme ztrátu půdy na nechráněném pozemku při zjištění procenta neerodovatelných částic větších než 0,8 mm.

2. $G = J'K$

Zjistíme účinek drsnosti povrchu.

3. $G = J'KC$

Zavedeme vliv rychlosti větru a půdní vlhkosti.

4. a 5. – Zavádíme faktory L a V, které nelze přímo násobit, a je proto nutné, řešit je graficky.

2.5 Protierozní ochrana

Zemědělskou půdu na svazích je třeba chránit před vodní erozí vhodnými protierozními opatřeními. O použití jednotlivých způsobů ochrany rozhoduje jejich účinnost, požadované snížení smyvu půdy a nutná ochrana objektů při respektování zájmů vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí a tvorby krajiny.

Ve většině případů jde o komplex organizačních, agrotechnických a technických opatření, vzájemně se doplňujících a respektujících současné základní požadavky a možnosti zemědělské výroby.

Hlavním účelem opatření na ochranu půdy před vodní erozí je:

- chránit půdu před účinky dopadajících kapek deště
- podporovat vsak vody do půdy
- zlepšovat soudržnost půdy
- omezovat unášecí sílu vody a soustředěného povrchového odtoku
- neškodně odvádět povrchově odtékající vodu a zachycovat smytou zeminu.

(Janeček, 2005)

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. Protierozní opatření musí mít komplexní charakter a v našich morfo-genetických

poměrech s převládající erozí vodní musí být opatření realizována v rámci povodí jako základní odtokové jednotky; tento postup může ovlivnit i větrnou erozi, protože úpravou vláhových poměrů se ovlivní i působení větru. (Buzek, 1983)

Janeček (1992) uvádí, že realizace protierozních opatření by proto měla vycházet z odborně zpracovaného projektu pozemkových úprav a speciálního projektu protierozních opatření, který by měl především obsahovat:

- hydrologické posouzení daného povodí
- posouzení současného uspořádání a využití pozemků z hlediska ohrožení půdy před erozí, vyjádřeného dlouhodobým průměrným smyvem v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$
- variantní řešení protierozní ochrany povodí

2.5.1 Protierozní opatření

Podle Holého (1994) dělíme protierozní opatření na:

- protierozní opatření organizační
- agrotechnická a vegetační protierozní opatření
- ochranné lesní pásy
- stavebně technická opatření

2.5.1.1 Organizační opatření

Organizační opatření, spočívající v delimitaci kultur, rozmístování plodin a určení velikosti a tvaru pozemku, jsou základem protierozní ochrany. Ovlivňují návrh agrotechnických a vegetačních i stavebně technických opatření. Patří mezi ně delimitace kultur, ochranné zatravňování, ochranné zalesňování, protierozní rozmístování plodin a velikost a tvar zemědělských pozemků. (Holý, 1994)

Delimitace kultur

Polohové umístění kultur má velký vliv na vznik a průběh povrchového odtoku a na protierozní odolnost půdy. Kulturey poskytují rozličné podmínky pro vsakování srážkové vody do půdy, a tím pro průběh povrchového odtoku, zpevňují půdu svými podzemními orgány, obohacují ji o organické zbytky, čímž zlepšují její fyzikální, chemické i biologické vlastnosti, zastíňují půdu a zabraňují neúžitečnému výparu, působí na proudění větru v přízemní vrstvě apod. (Holý, 1994)

Ochranné zatravnění a ochranné zalesňování

Půdy, které jsou výrazně ohroženy erozí a které nelze ekonomicky obhospodařovat ani není účelné je zalesnit, mají být trvale zatravněny. Sklon při němž se musí zatravněvat, je dán delimitačními kategoriemi. Trvale se zatravnějí i nepravidelné územní útvary v polních tratích ohrožené erozí, pohyblivé písčité půdy, neplodné půdy, průmyslové výsypky a navážky. (Holý, 1994)

K zalesňování Holý (1994) uvádí, že les se považuje za spolehlivý ochranný prostředek proti erozi, je však nutné, aby lesní porost byl správně založen a obhospodařován. Pouze les s hustým, vertikálně zapojeným vegetačním krytem, s bohatým podrostem, s půdou bohatou humusem a krytou mocnou vrstvou hrabanky, může spolehlivě plnit protierozní funkci.

Protierozní rozmíst'ování plodin

Pod protierozní rozmíst'ování plodin zahrnujeme protierozní osevní postupy a pásové střídání plodin.

Základním principem zajišťujícím ochranu půdy proti erozi je vynechání plodin nedostatečně chránících půdu před erozí (okopanin, kukuřice a ostatních širokořádkových plodin) na pozemcích rovinných nebo mírně sklonitých (do 8%).

Na orné půdě středně erozí ohrožené se sklonem do 15% je nutno nedostatečný protierozní ochranný účinek širokořádkových plodin zvýšit buď střídáním vrstevnicových pásů okopanin a víceletých píceňin, zatímco obilninami je možné osévat celé pozemky.

Trvalými travními porosty by měly být chráněny plochy:

- svahových luk a pastvin v půdních poměrech vylučujících orbu při svažitosti 25 – 50%
- údolnice, které odvádějí z pozemků soustředěný povrchový odtok
- pozemky, které sice odpovídají kritériu svažitosti orné půdy, nelze je však orat pro vysoký stav podzemní vody nebo terénní překážky
- zamokřené údolní louky s nebezpečím záplav
- pozemky pod výškovou hranicí pěstování polních plodin

Lesní půda by se měla vyskytovat na všech svazích se sklonem vyšším než 50%, podle kvality půdy a stupně ohrožení erozí i na menších sklonech. (Janeček, 1992)

Významnou funkci mají protierozní osevní postupy, které zaručují střídání kultur tak, aby se zachovala úrodnost půdy; zpravidla se střídají obiloviny, okopaniny, píceňiny a

technické plodiny při čemž nejvyšší půdoochrannou funkci mají pícniny, zvláště vojtěška. V protierozním postupu mají mít převahu plodiny, vytvářející po několik let souvislý drn. V územích, v nichž je půda silně ohrožena, se protierozní osevní postupy kombinují s trvalými loukami, které se na ornou půdu vkládají v horizontálních pásech, což má význam i protideflační. (Buzek, 1983)

Pásové střídání plodin využívá ochranného účinku vegetace před erozí a jejího příznivého vlivu na vsak vody do půdy. Spočívá ve střídání pásů s plodinami nedostatečně chránícími půdu před erozí – chráněných pásů s ochrannými pásy, chránícími plodinový pás ležící níže. (Holý, 1994)

Plodinové pásy, které mají ochrannou funkci proti vodní erozi, jsou uspořádány tak, aby srážková voda, odtékající z pásu osazeném plodinami se sníženou protierozní funkcí, byla zachycena ochranným pásem a v něm zasákla. V protideflačních plodinových pásech se střídají vysoké kultury (např. kukuřice) a pásy nízkých plodin, které mají slabý protideflační účinek (např. okopaniny), při čemž jejich průběh musí být kolmý na směr převládajících větrů. (Buzek, 1983)

Pásové pěstování plodin je asi dvakrát účinnější protierozní opatření než vrstevnicové obdělávání. Při vrstevnicovém pásovém hospodaření jsou plodiny uspořádány v pruzích podél vrstevnic. Při tzv. polním pásovém hospodaření mají pásy jednotnou šířku a jsou umístěny napříč sklonu, ale nezakřivují se podél vrstevnic. (Janeček, 1992)

Šířka chráněných pásů vyplývá z poznatku, že ochranné pásy chrání sousední plochy do vzdálenosti dvacetinásobku výšky kulisy v závětrném směru a do vzdálenosti desetinásobku výšky kulisy v návětrném směru. Bude-li se tedy na ochranném páse pěstovat kukuřice, stanoví se šířka chráněného pásu na 60 m. (Středanský, 1993)

Velikost a tvar pozemků

Základem technického řešení protierozní ochrany pozemků je organizace půdního fondu vytvořením vhodných tvarů, uspořádáním a velikostí pozemku. Pozemky mají mít obdélníkový tvar s delší stranou kolmo na směr převládajícího větru. (Pasák, 1984)

Na nestrukturních písčitých půdách nechráněných vegetací by neměla šířka pozemku ve směru převládajících větrů přesáhnout 50 m. (Janeček, 1992)

Velikost, tvar i umístění zemědělských pozemků se řídí ve vyspělých zemích požadavkem uplatnění velkovýrobní technologie a mechanizace. Nejlépe vyhovují souvislé pravidelné územní celky se stejnými poměry sklonu a stejnými půdními podmínkami. (Holý, 1994)

Holý (1994) jako nejvhodnější tvar pozemků uvádí obdélník nebo rovnoběžník s vnitřními úhly 50 – 60°, s delší stranou ve směru obdělávání. Vhodný poměr délek stran je 1:2 až 1:3, nejvýše 1:6.

2.5.1.2 Agrotechnická a vegetační opatření

Agrotechnická a vegetační opatření, navazující na organizační opatření, mají v protierozní ochraně zásadní význam. Jejich výhodou je to, že při správném zavádění nepotřebují velké náklady.

Dělí se na opatření na orné půdě, na trvalých travních porostech a ve speciálních kulturách. (Holý, 1994)

Opatření proti vodní erozi

Opatření na orné půdě

Holý (1994) a Buzek (1983) uvádějí, že kromě charakteru pozemku a druhu pěstovaných rostlin má protierozní význam také způsob obdělávání půdy. Půda sama o sobě má největší protierozní odolnost, má-li drobovitou strukturu a optimální sorpční komplex, který je podporován organickým hnojením a vápněním. Při mechanickém zpracování půdy nesmí být porušena půdní struktura a musí být udržována půdní příznivá vlhkost. Hluboká orba je vhodnější na podzim, protože jarní hluboká orba znamená ztrátu půdní vlhkosti a růst nebezpečí eroze. Tam, kde jsou zemědělské plochy silně ohroženy erozí, se v posledních letech zavádí tzv. minimální obdělávání půdy, kdy se kultivace a setí provádí jako jedna operace spolu s hnojením a chemickou ochranou. Místy se provádí i bezorebné setí, kdy vrchní vrstva půdy se podřízne a seje se speciálním secím strojem.

Uvedené obhospodařování půdy má v území ohroženém erozí probíhat ve směru vrstevnic nebo má být nepatrně skloněno k okrajům pozemků.

Opatření na trvalých travních porostech

Na pozemcích se spásanými travními porosty dochází k rozvinutí erozních procesů při narušení plného zápoje travního porostu jeho nadměrným spásáním, častým přeháněním stád skotu a ovcí, nevhodným řešením napájení dobytka nebo přetížením pastevních výběhů nadměrným počtem zvířat, zejména v deštivém počasí. Pro zamezení vzniku výraznějších erozních procesů se doporučuje pastva ve velkých oplůtcích, čímž se dosahuje nižšího zatížení pastviny. (Holý, 1994)

Opatření ve speciálních kulturách

Do speciálních kultur zahrnujeme v ČR ovocné sady a vinice. Pro řešení protierozní ochrany ve speciálních kulturách se doporučuje použití protierozního směru výsadby, zatravnění meziřadí, pěstování krátkodobých porostů v meziřadí, důlkování povrchu půdy, mulčování a herbicidního úhoru.

Holý (1994) definuje uvedené opatření tak, že protierozní směr výsadby spočívá v překonání údolnice malým podélným sklonem řad, vedených šikmo ke směru vrstevnic. Voda odtékající meziřadím na okraji pozemku je zaústěna do svodného příkopu, popř. průlehu, a odvedena do recipientu.

Účelem zatravnění meziřadí je vytvoření vegetačního krytu půdy vegetací s vysokým protierozním účinkem.

Důlkování umožňuje zadržení srážkové vody na povrchu půdy, a tím snížení hodnoty povrchového odtoku a prodloužení doby odtoku, probíhajícího s nižší intenzitou. Mulčování půdy spočívá v rozložení organické hmoty o mocnosti 10 až 20 cm na povrch půdy v meziřadí.

Velmi často se používá černého úhoru, kdy se protierozní účinnosti dosáhne ošetřením plochy dotykovým herbicidem, který v průběhu vegetace dvakrát až třikrát umrtví nadzemní části vzrostlých plevelů. Zbytky rostlin i prorůstající plevelné rostliny působí protierozně.

Opatření proti větrné erozi

Základním opatřením proti větrné erozi je organizace půdního fondu zajišťující obhospodařování půdy (kultivace, setí a sázení) kolmo na směr převládajících větrů.

V boji proti větrné erozi se využívá osevních postupů se střídáním odolných a méně odolných plodin. Největší ochranu před erozí zabezpečují směsky luskovinoobilné, jetelotravní, travní a ozimé kultury. Dostatečným hnojením je nutno brzy vytvořit hustý zápoj porostu. Okopaniny, zejména v prvním období růstu ochraňují povrch jen velmi slabě.

Zlepšení fyzikálněchemických vlastností písčitých půd, silně podléhajících větrné erozi, lze také dosáhnout zeleným hnojením pravidelně zařazovaným v osevním postupu. Zařazením plodin na zelené hnojení po sklizni hlavních plodin se vytváří i užitečný kryt půdy, který snižuje rychlost větru při povrchu půdy. (Pasák, 1984)

Půdu je nutno udržovat trvale ve strukturním stavu s dostatečnou vlhkostí, a tak zvyšovat její odolnost před účinky větru. (Janeček, 1992)

Otázky zlepšování přirozeného vlhkostního režimu lehkých (písčitých) půd, na kterých se nejvíce projevují účinky větrné eroze, úzce souvisí se zlepšováním struktury těchto půd. Zlepšením struktury se podstatně zlepší i ostatní fyzikálně-hydrologické vlastnosti lehkých půd. V zásadě jde o zvýšení obsahu erozně odolných půdních agregátů, které jsou větší než 0,8 mm. Zvýšení vlhkosti dosáhneme vyloučením plošného kypření povrchu půdy, zadržením sněhu na povrchu půdy popřípadě regulační drenáží.

Pasák (1984) uvádí, že půda nepodléhá erozi, jestliže má dobrý rostlinný kryt nebo i kryt z rostlinných zbytků. Je nutno dbát, aby písčité půda byla po celý rok kryta vegetací. Po raně sklizených plodinách mají být před ozimy sety meziplodiny. V případě, že půda nebude zakryta vegetací, musí se v mimovegetačním období na polích ponechat strniště, které chrání a zpevňuje půdu proti větru.

Před deflací chrání půdu i vrstevnicová orba. Hřebeny brázd vytvářejí překážky brzdící rychlost a sílu přízemních větrů; půdní částice odvádě z hřebenů brázd jsou většinou ukládány do sousedních brázd a nedochází k jejich ztrátě z pozemku.

K protierozní ochraně před větrem lze také využít speciální protierozní agrotechniku, jež spočívá ve zpracování půdy bez obracení půdní vrstvy a tím zajišťuje minimální půdní zpracování.

Existuje několik způsobů minimálního zpracování půdy, ze kterých se na ochranu půdy proti větrné erozi nejvíce používá setí do strniště. (Středanský, 1993)

2.5.1.3 Ochranné lesní pásy

Ochranné lesní pásy se navrhují v územích ohrožených půdní erozí, pokud jsou tato území vhodná pro polní plodiny; představují pruhové lesní výsadby v takové šířce a ve vzdálenostech, jež omezí erozní jevy na celé zájmové ploše. (Holý, 1994)

Opatření proti vodní erozi

Vsakovací lesní pásy

Vsakovací lesní pásy využívají poznatku, že půda chráněná lesním porostem nezamrzá tak silně jako půda nechráněná. Vysazují se napříč svahu, aby zachytily jarní sněhovou vodu a převedly ji vsakem do půdy.

Vsakovací lesní pásy mají být z vysokého, alespoň třípatrového porostu s hustým keřovým podrostem. (Holý, 1994)

Opatření proti větrné erozi

Na půdy ohrožené větrnou půdní erozí je vhodné využít protierozní schopnost úzkých pásů lesa, tzv. větrolamů. Tyto ochranné pásy vytvářejí překážku vzdušným proudům a chrání tak území před deflací ornice, poškozením pěstovaných kultur, odvíváním sněhové pokrývky a snížením výparu vody z půdy a její ztráty transpirací ze zemědělských plodin. Větrolamy jsou dále krajino tvorným prvkem a mají také ekologický význam pro krajinu kde mohou plnit funkci biokoridorů.

Holý (1994) uvádí, že účinnost větrolamů jako ochrany před větrnou erozí závisí na šířce pásů, jejich výšce, skladbě dřevin, propustností pro vítr a rozděluje větrolamy podle hustoty takto:

- nepropustné
- propustné
- polopropustné

Jako nejvhodnější pro využití z hlediska protierozní ochrany půdy jsou větrolamy polopropustné. Jejich výhodou je, že určitou část vzdušného proudění propouštějí, a proto za nimi nevzniká podtlak jako za nepropustnými větrolamy, ani za nimi nevzniká vzduchová tryska, která rychlost větru ještě zvyšuje jako za větrolamy propustnými.

2.5.1.4 Stavebně technická opatření

Pokud nelze dosáhnout dostatečné protierozní ochrany organizačními a agrotechnickými opatřeními, je možné použít technická protierozní opatření, jako jsou terénní urovnávky, terasy, příkopy, průlehy, ochranné hrázky a nádrže. (Janeček, 1992)

Technické zásahy v terénu by měly mít návaznost na zásahy biologické a agrotechnické. (Buzek, 1983)

Technická opatření proti důsledkům plošného povrchového odtoku

Technická protierozní opatření zmenšují intenzitu erozních procesů tím, že působí na dva základní morfologické činitele – na sklon a délku svahu – a že vytvářejí podmínky pro přeměnu povrchového odtoku v odtok podzemní. (Holý, 1994)

Vsakovací pásy

Rozšířeným a finančně nenáročným zásahem k zabránění intenzivního povrchového odtoku je budování vsakovacích pásů, které mají formu mělkých příkopů, orientovaných po vrstevnici; ke zvýraznění jejich funkce mohou být v jejich horní části

vysazeny travní nebo křovinné pásy, které zachytí část unášeného materiálu, takže zanesení je méně intenzivní. (Buzek, 1983)

Záchytná účinnost zasakovacích pásů je závislá na charakteru vegetačního pokryvu, půdě, vlhkosti půdy, sklonu svahu, šířce pásu a velikosti přívalového deště. (Pasák, 1984)

Obdělávatelné průlehy

Ochrana obdělávatelnými průlehy spočívá ve vytváření systému širokých mělkých příkopů – průlehů, jež zachycují povrchově stékající vodu. V průlezích bez podélného sklonu vsakuje voda do půdy, průlehy s podélným sklonem odvádějí vodu mimo ohrožené území. (Holý, 1994)

Holý (1994) dále uvádí, že obdělávatelné průlehy se navrhují vrstevnicové a paralelní, které lze doplnit objekty pro omezení podélného pohybu vody. Výběr je ovlivněn konfigurací terénu. Vrstevnicové průlehy jsou vhodné v území složitého tvaru, které neumožňuje použití paralelních průlehů, jež se obecně uplatňují spíše vzhledem k zachování pravidelného tvaru pozemků.

Jejich účelem je zachytit povrchový odtok dříve, než se projeví rýhová eroze, umožnit vsáknutí zachycené vody a přebytečnou vodu neškodně odvést z pozemku. Průleh má co nejméně překážet mechanizovanému obdělávání pozemku a co nejméně zabírat produkční plochu. (Pasák, 1984)

Záchytné příkopy

Záchytné příkopy slouží především k ochraně níže ležících pozemků před povrchově a často soustředěně odtékající vodou z výše ležících, někdy i nezemědělských pozemků, nebo k přerušení příliš velké délky pozemku po spádnici. Při návrhu se musí dbát na to, aby příkopy odváděly návrhový kulminační průtok a aby se nezanášely. Ke stanovení návrhového kulminačního průtoku zpravidla s průměrnou dobou překročení 10 let je možné, pokud nejsou k dispozici jiné podklady, použít metody čísel odtokových křivek. (Pasák, 1984)

K zabránění hloubkové eroze se upravuje jejich podélný profil skluzy a kaskádami, resp. zemitými, kamennými nebo dřevěnými přepážkami. (Buzek, 1983)

Holý (1994) rozděluje záchytné příkopy podle funkce na odváděcí a vsakovací. Při ochraně většího území doporučuje navrhnout soustavu odváděcích příkopů, zaústěnou do svodného příkopu a recipientu. Vsakovací záchytné příkopy zachycují veškerou vodu a zadrží ji tak dlouho, dokud nevsákne do půdy. Dimenzují se na celý objem přítoku.

Protierozní hrázky

Protierozní hrázky se budují na úpatí svahu zemědělského pozemku především k ochraně důležitých objektů před zatopením povrchovou vodou z přívalových srážek a zanesením erozními splaveninami. Prostor před hrázkou a výška hrázky musí vyhovovat potřebě retence vody včetně objemu usazených erozních splavenin. Hrázky se budují především jako zemní, nejvýše 1 m až 1,5 m vysoké, opevněné zatravněním. (Janeček, 1992)

Odváděcí hrázky se navrhují na těžších půdách s nízkou infiltrační schopností. Jejich délka má umožnit, aby odteklo co nejvíce vody v průběhu deště. (Holý, 1994)

Stupňovité terasy

Terasy patří mezi základní a velmi účinné technické prvky protierozní ochrany na velkých sklonech svahů (nad 15%). Terasováním se rozumějí terénní úpravy zemědělské půdy, jejichž cílem je zmírnění nebo odstranění svažitosti vlastních produkčních ploch, systematické přerušování délky svahu za účelem snížení vodní eroze a zlepšení nebo umožnění použití běžných zemědělských mechanizačních prostředků. (Pasák, 1984)

Terasy se budují jako zemní, kde sklon terasového svahu je dán přirozenou soudržností zeminy a je zpevněn vegetačně a nebo jako terasy s opěrnými zdmi. Tyto se navrhují zvláště ve velkých sklonech (nad 30%) a vzhledem k značným nákladům zcela výjimečně. (Janeček, 1992)

Při rozhodování o výstavbě teras je třeba brát v úvahu skutečnost, že terasové pozemky budou využívány především pro speciální kultury (vinice a sady). Rozhodujícím kritériem pro výstavbu teras není tedy pouze technická možnost výstavby, ale hlavně ekologické podmínky pro kulturu, která má být na terasách pěstována. (Pasák, 1984)

Technická opatření proti důsledkům soustředěného povrchového odtoku

Při soustředěném odtoku vody dochází k projevům výmolné eroze, jejímž nejvyšším stupněm je eroze proudová. Bez účinných opatření může proudová eroze způsobit devastaci koryta vodních toků, zejména bystřin a jejich okolí, komunikací, budov apod. (Holý, 1994)

Protierozní nádrže

Protierozní nádrže zadržují okamžitou vlnu odtoku povrchové vody, čímž se zabrání v níže ležícím území tvorbě erozních a akumulačních fluviaálních tvarů. V nádrži sedimentuje unášený materiál a kromě toho tyto nádrže mohou mít také omezenou mikroklimatickou

funkci, protože se upravuje vodní režim půdy a zčásti i vláhový režim ovzduší. Protierozní nádrže se zpravidla sdružují v soustavu nad sebou, kdy vodní nádrže zadrží vodní příval a dolní unášený materiál; zpravidla jsou využívány také hospodářsky. (Buzek, 1983)

Lze je zřizovat jako dočasné nebo trvalé. Dočasné nádrže se po zanesení neobnovují, zanesená plocha se mění kultivací v pole, louku nebo les. Trvalé nádrže musí plnit nejen funkci protierozní, ale musí umožnit i další využití, které závisí na časovém průběhu zanášení. Při určitém stupni zanesení nádrže se se zřetelem na její další funkce splaveniny odstraňují. (Holý, 1994)

Úprava výmolů a strží

Výmoly a strže vznikají intenzivní výmolovou činností soustředěného povrchového odtoku. Zhlaví výmolů a strží, kde dochází k soustředování srážkové vody, se zařezává postupně do svahu, čímž se výmoly a strže rychle zvětšují. (Holý, 1994)

Pasák (1984) i Holý (1994) uvádějí dva způsoby úprav. Postupnou asanaci, která se uplatňuje u hlubokých výmolů a strží většinou na nezemědělské půdě a spočívá v ochraně zhlaví před přítokem povrchové vody, v úpravě dna a ve zpevnění svahů. Dále pak, jednorázovou úpravu, která se navrhuje pouze u méně hlubokých úvozových cest tam, kde je potřeba rychleji zacelit erozní rýhu k získání souvislé zemědělské plochy. Zásah se provádí umělým zahrnutím, které musí dodržovat důslednou technologii úpravy.

Technická opatření proti větrné erozi

Jako umělé zábrany se používají přenosné ploty z odpadových prken, odpadních hliníkových fólií, rákosu apod. Nejúčinněji zmírňuje rychlost větru sítové uspořádání zábran. Umělé překážky větru se umísťují tam, kde je nutno dočasně chránit plodiny, např. zeleninu, před účinky větru. (Janeček, 1992)

2.6 Povodí a hydrografie

2.6.1 Charakteristika hydrografické sítě ČR

Všechny větší toky s výjimkou Ohře, pramení na našem území, nepřivádějí tedy k nám vodu ze sousedních států. Vodní zdroje v ČR se převážně vytvářejí a obnovují pouze z atmosférických srážek, padlých na naše území. Srážky se vyznačují nerovnoměrným plošným i časovým rozložením v průběhu roku. (Soukup, 1999)

Soukup (1999) dále uvádí, že odtokové poměry ČR jsou z vodohospodářského hlediska dosti nevýhodné. Trasy toků, díky velké výškové členitosti území, se vyznačují poměrně velkými sklony, což urychluje odtok vody z povodí.

Územím ČR procházejí rozvodnice mezi mořem Severním, Baltským a Černým, do nichž zaústějí tři říční soustavy toků I. řádu – soustava Labe, Odry a Dunaje. Z celkové plochy území ČR 78 862 km² patří do povodí Labe 63%, do povodí Odry 9% a do povodí Dunaje 28%. Celková délka vodních v ČR se uvádí přibližně 76 000 km.

2.6.2 Říční síť

Po dopadu srážek na zemský povrch stéká voda působením zemské gravitace ve směru největšího sklonu. Nejdříve tvoří početné stružky, jež se postupně spojují ve větší a vytvářejí tak koryta, potoky a řeky. Hlavní tok a jeho přítoky tvoří říční soustavu a systém říčních soustav tvoří říční síť určité krajiny.

U každého toku určujeme jeho řád tak, že toky ústící do moře jsou tokem prvního řádu, jeho přítoky druhého řádu atd. Při soutoku dvou toků považujeme za hlavní ten, který je vodnatější, delší, v místě soutoku zachovává svůj původní směr a je geologicky starší. Jeho dno by také mělo být v místě soutoku níže dna přítoku.

2.6.3 Povodí

Povodí je základní hydrologickou oblastí, ve které zkoumáme odtokový proces a zjišťujeme vzájemný vztah bilančních prvků. Po hydrologické stránce je to území uzavřené, nepřitéká do něj žádná voda po povrchu ani pod povrchem. (Hrádek, 2002)

Souhrn všech toků v povodí tvoří říční soustavu, jejichž hustotu charakterizuje stupeň schopnosti a možnosti odvést z povodí bezpečně povrchové vody.

2.6.3.1 Velikost povodí

Plocha povodí je jednou z nejdůležitějších charakteristik, která podává informace o významu toku, který se v daném povodí nachází a odvodňuje ho. Plocha se stanoví z map a u malých povodí se ověřuje pochůzkou v terénu. Udává se v km² a označuje se písmenem F.

Soukup (1999) dle velikosti plochy povodí člení vodní toky na:

- vodní toky s plochou povodí $F \geq 5 \text{ km}^2$: jsou registrovány v základní hydrografické síti, jejich celková délka je 36 865 km (48,5% celkové délky vodních toků v ČR),

- vodní toky s plochou povodí $F < 5 \text{ km}^2$: jejich celková délka je přibližně 39 140 km (51,5% celkové délky vodních toků v ČR).

2.6.3.2 Tvar povodí

Tvar povodí je určen uspořádáním říční sítě a má vliv na kvantitativní výskyt extrémních průtoků. Přirozené povodí má většinou tvar symetrického či nesymetrického listu. často se vyskytuje stromkovitá soustava kde jednotlivé přítoky protékají podružnými údolími a svírají s hlavním tokem ostrý úhel. Uspořádání, které je charakteristické tím, že přítoky protékají v podstatě paralelními údolími a kolmo na hlavní tok je uspořádání perovitě. Poslední významnou soustavou, která je nebezpečná hlavně z hlediska vzniku povodní, je soustava vějířovitá. Tento tvar povodí ovlivňuje povrchový odtok tak, že voda do uzávěrového profilu přitéká současně a vytvoří tak strmou povodňovou vlnu. Vějířovité uspořádání se projevuje zejména u malých povodí.

Dále lze tvar povodí vyjádřit jako poměr průměrné šířky k jeho délce. Tento poměr se nejčastěji pohybuje v rozmezí 1:2 až 1:4.

2.6.3.3 Fyzickogeografické faktory povodí

Tyto faktory, spolu s faktory antropogenními ovlivňují intenzitu, plošné a časové rozdělení

srážek a odtoku. Patří mezi ně:

- zeměpisná poloha
- orografické poměry
- pedologické a geologické poměry

Zeměpisná poloha

Je důležitá z hlediska klimatických a hydrologických poměrů.

Orografické poměry

Výškové a sklonitostní poměry mají vliv na teplotu vzduchu, srážkové úhrny, vlhkost vzduchu, výpar a sluneční záření. Údaje o těchto poměrech zjišťujeme z vrstevnicových map, ze kterých určujeme místa s nejvyšší nadmořskou výškou a nadmořskou výšku ústí nebo uzavíracího profilu toku.

Orografické poměry a expozice hlavních svahů mají velký vliv na případnou půdní erozi při odtoku vody z povodí. Při nevhodném pokryvu delších a strmějších svahů

vegetací, může rychle proudící voda způsobit rozrušování a odnášení horních vrstev půdy a tím způsobit devastaci a hospodářské znehodnocení krajiny.

Geologické a pedologické poměry

Tyto poměry ovlivňují průběh odtoku a rozdělují odtok na podzemní a povrchový. Značnou propustnost a schopnost pohltit srážkovou vodu co nejrychleji a tím zvýšit podzemní odtok mají půdy písčité. Naopak méně propustné či nepropustné jsou jíly, slíny, jílovité zeminy apod., které nepropouštějí srážkovou vodu a zrychlují povrchový odtok.

Dále můžeme rozdělit půdy na strukturní, s velkou pohlcovací schopností a půdy bezstrukturní, které vytvářejí nepropustnou vrstvu a neumožňují vsak srážkové vody.

Půdní poměry jsou rozhodující pro intenzitu a velikost infiltrace, pro akumulaci vody v půdním profilu, pro velikost podílu jednotlivých složek odtoku na odtoku celkovém a pro stabilitu půdního profilu z hlediska intenzity erozních procesů. Nejvýstižnější plošnou vypovídající schopnost mají mapy bonitovaných půdně ekologických jednotek, které jsou zpracovány pro celou republiku pro zemědělské půdy a mapy lesních typů zpracované pro lesní půdy. (Soukup, 1999)

2.6.3.4 Antropogenní faktory

Mezi tyto faktory patří podle Soukupa (1999):

- vegetační kryt
- stav povrchové vrstvy půd
- způsob využívání pozemků
- nádrže, historické rybníky a poldry

Vegetační kryt

Ovlivňuje rychlost svahového odtoku, infiltraci vody, evapotranspiraci a zachycuje určitý podíl srážek intercepce. Zatímco kultury jako les, louka, sady poskytují kryt půdy trvale, je na orné půdě kryt vzhledem k jednoletému vývoji plodin proměnlivý. (Soukup, 1999)

Z hlediska účinnosti vegetačního krytu na zvýšení retence vody v povodí uvádí Soukup (1999) následující pořadí:

- lesní porosty
- trvalé travní porosty
- dočasné travní porosty
- úzkořádkové polní plodiny

- širokořádkové polní plodiny

Stav povrchové vrstvy půd

Schopnost půdy zadržovat či vsakovat srážkovou vodu závisí na momentálním stavu půdní vrstvy. Jde o kombinaci struktury půdy, půdního druhu, vývojového stádia vegetace a pokryvné vrstvy půdy, jako jsou např. lesní hrabanka či posklizňové zbytky.

Způsob využívání pozemků

Má přímý vliv na proces povrchového odtoku a na hydrologickou bilanci povodí z hlediska celkového objemu přímého odtoku, na akumulaci vody v půdním profilu a v povrchových mikrodepresích. Společně se způsobem hospodaření a provozem zemědělské, průmyslové a komunální sféry v území má tento faktor mimořádný vliv na intenzitu erozních, transportních a akumulačních procesů v povodí, na kvalitu vody v hydrografické síti, na biotop vodního toku a jeho příbřežní zóny i na ekosystémy na tento biotop navázané. (Soukup, 1999)

Nádrže

Slouží k vyrovnání průtoků, zachycují část povrchového odtoku a snižují průtok v důsledku plnění retenčních prostorů. To má velký význam při povodních, kdy dochází ke zploštění povodňových vln i snížení kulminačních průtoků.

Nádrže mohou být umělé, přirozené, protékané a neprotékané, ale z hydrologického hlediska mají všechny svůj význam.

3. Cíl a metodika práce

3.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je zhodnotit erozní situaci na sledované části území v povodí řeky Ostřice v bývalém okrese Český Krumlov v katastrálním území Horní Planá a Maňávka u Českého Krumlova.

Charakteristika oblasti je uvedena pro celé povodí toku Ostřice. Konkrétní pozorování a výpočty byly provedeny na mikropovodí SO2.

Cílem je v rámci práce posoudit a vyhodnotit erozní ohroženost a v případě potřeby navrhnout řešení protierozních opatření.

Erozní ohroženost v dané oblasti byla vyhodnocena pomocí metody přesného hydrologického modelu CN křivek, která je vhodná na zjištění objemu povrchového odtoku a velikosti průtoku z povodí. A dále pak pomocí rovnice pro stanovení transportu splavenin. Na základě těchto podkladů lze posoudit a navrhnout zejména technické protierozní opatření.

3.2 Metodika

Základní vstupem metody CN křivek je srážkový úhrn o určitém časovém rozdělení., za předpokladu jeho stejnoměrného rozdělení po ploše povodí. Pomocí CN – křivek, jejichž hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepce a povrchové akumulaci, je objem srážek přeměněn na objem odtoku, který se transformuje na průtok kulminační.

3.2.1 Stanovení objemu přímého odtoku

Přímý odtok zahrnuje povrchový a hypodermický odtok a je vyjádřen pomocí čísel křivky CN. K odhadu objemu přímého odtoku z malých povodí na našem území můžeme využít N-leté maximální 24 hodinové srážkové úhrny.

Odtok začíná po určité akumulaci srážek, ovlivněn počáteční ztrátou, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové akumulace. Tato ztráta je na základě experimentálních měření odhadnuta na 20% potencionální retence. Z toho odvozujeme:

$$H_o = (H_s - 0,2A)^2 / (H_s + 0,8A)$$

pro $H_s \geq 0,2A$

kde:

H_o = přímý odtok (mm)

H_s = úhrn přívalové srážky (mm)

A = potenciální retence (mm), vyjádřená pomocí křivek:

$$A = 25,4 (1000/CN - 10)$$

Pro výpočet objemu přímého odtoku pak použijeme vztah:

$$O_{ph} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o$$

kde:

O_{ph} = objem přímého odtoku (m^3)

P_p = plocha povodí (km^2)

3.2.2 Stanovení čísla CN – křivek

Čísla odtokových křivek jsou tabelována dle:

- hydrologických vlastností půd, rozdělných do 4 skupin A, B, C, D, podle minimální rychlosti infiltrace vody do půdy.
- vlhkosti půdy určované na základě 5 denního úhrnu předcházejících srážek a vyjádřené indexem předchozích srážek (IPS) ve třech stupních. IPS I odpovídá obsahu vody v půdě, který ještě umožňuje orbu a IPS III půdě, která je vodou přesycena. Pro návrhové účely tedy většinou uvažujeme IPS II.
- využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a protierozních opatření

Na zemědělské půdě je třeba také zhodnotit dobré nebo špatné hydrologické podmínky. Ty závisí především na hustotě zapojení porostu v průběhu roku, zařazení jetelotrav v osevním postupu, množství posklizňových zbytků na povrchu půdy a na drsnosti povrchu.

Nejdříve dle BPEJ určíme z tabulek půdní subtyp, substrát (zrnitost) a hlavně pro stanovení čísla CN- křivek nejdůležitější, hydrologickou půdní skupinu.

Dále pomocí zjištěného využití půdy, způsobu obdělávání, hydrologických podmínek a právě hydrologické půdní skupiny odečteme z tabulky pro dané IPS číslo odtokových křivek – CN.

Je třeba také uvést, že během vegetačního období probíhají na zemědělské půdě a rostlinách sezónní změny, které se odvíjejí od vegetačního stádia daných rostlin. Tyto sezónní změny, ve vztahu k určení čísel CN – křivek, dělíme do tří období. Pro období orání a setí (sázení) CN odpovídá úhoru. Mezi výsevem (výsadbou) a před vrcholovým růstem odpovídají CN průměrům. V období vrcholového růstu, zpravidla před sklizní platí, že $CN = 2 \text{ CN} - \text{CN úhor}$.

3.2.3 Stanovení doby koncentrace a doby doběhu

Doba doběhu je definována jako čas, za který se voda přemístí z jednoho místa v povodí na jiné. Doba koncentrace je součet všech dob doběhu a je také definována jako čas, který je potřebný pro odtok z hydraulicky nejvzdálenějšího bodu v povodí do uzávěrového profilu povodí.

Výpočet doby doběhu dělíme podle typů odtoků. Nejdříve zjistíme plošný povrchový odtok kratší než 100 metrů, který se zhruba po 100 metrech mění na soustředěný odtok o malé hloubce a nakonec počítáme dobu doběhu v otevřeném korytě.

Je třeba také zmínit Manningův součinitel drsnosti. Je důležitý pro výpočet doby doběhu plošného povrchového odtoku a doby doběhu v otevřeném korytě. Odečítáme ho z tabulek daných pro určitý typ odtoku. Po sečtení všech dob doběhů získáme dobu koncentrace.

Plošný povrchový odtok

Dle Manningovy kinematické rovnice:

$$T_{ta} = 0,007 \cdot (n \cdot l / 0,3048)^{0,8} / (H_{S2} / 25,4)^{0,5} \cdot s^{0,4}$$

kde:

T_{ta} = doba doběhu (h)

n = Manningův součinitel drsnosti (odečet z tabulky)

l = délka proudění (m)

H_{S2} = dvouletý 24 hodinový déšť (mm)

s = hydraulický sklon povrchu ($\text{tg } \alpha$)

Soustředěný odtok o malé hloubce

$$\mathbf{T_{tb} = 1 / 3600v}$$

kde:

T_{tb} = doba doběhu (h)

l = délka proudění (m)

v = průměrná rychlost ($m \cdot s^{-1}$)

K určení průměrné rychlosti lze využít tabulky pro dlážděné a nedlážděné povrchy, popř. pro sklony menší než 0,005 lze použít vztahy založené na řešení Manningovy rovnice, pro nedlážděný povrch $v = 4,9178s^{0,5}$ a pro dlážděný povrch $v = 6,1960s^{0,5}$.

Otevřená koryta

Výpočet průměrné rychlosti proudění v korytě:

$$\mathbf{v = 1 / n \cdot R^{2/3} \cdot s^{1/2}}$$

kde:

v = průměrná rychlost ($m \cdot s^{-1}$)

R = hydraulický poloměr (m), $R = F / O$

kde:

F = plocha příčného profilu (m^2)

O = omočený bod (m)

s = sklon koryta ($\text{tg } \alpha$)

n = Manningův součinitel drsnosti (odečet z tabulky)

Doba doběhu v otevřeném korytě:

$$\mathbf{T_{tc} = 1 / 3600v}$$

kde:

viz výše

Doba koncentrace

$$\mathbf{T_c = T_{ta} + T_{tb} + T_{tc} + \dots}$$

3.2.4 Stanovení kulminačního průtoku

Kulminační průtok se vypočte ze vztahu:

$$Q_{pH} = 0,00043 \cdot q_{pH} \cdot P_p \cdot H_o \cdot f$$

kde:

q_{pH} = jednotkový kulminační průtok (odečet z tabulky)

P_p = plocha povodí (km^2)

H_o = odtok (mm)

f = opravný součinitel pro nádrže, rybníky a bažiny (odečet z tabulky)

Jednotkový kulminační průtok, pro II. typ rozdělení srážek, vychází (pomocí nomogramu) z doby koncentrace T_c a poměru I_a / H_s . I_a je počáteční ztráta vody v milimetrech, vyjádřena buď vztahem $0,2A$, popř. odečtena z tabulky podle čísla CN. H_s je úhrn přívalové srážky v milimetrech. Opravný součinitel f vyjadřuje procento ploch nádrží, rybníků a bažin v povodí.

Výsledný kulminační průtok používáme především k dimenzování hydrotechnických prvků protierozní ochrany.

3.2.5 Stanovení transportu splavenin

K odhadu transportu splavenin využíváme univerzální rovnici:

$$G = 11,8 \cdot (O_{ph} \cdot Q_{ph})^{0,56} \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

kde:

G = transport splavenin z přívalového deště (t)

O_{ph} = objem přímého odtoku (m^3)

Q_{ph} = velikost kulminačního průtoku ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

K, L, S, C, P = faktory rovnice pro povodí

Faktor K, vyjadřuje erodovatelnost půdy v povodí a je dán součtem násobků hodnot K jednotlivých půd s jejich plošným zastoupením v povodí a poměrem k celkové velikosti povodí.

Faktor L, vyjadřuje průměrnou délku povrchového toku po svahu v metrech a je dán poměrem celkové plochy povodí v metrech čtverečních, ku dvojnásobku celkové délky všech toků v povodí v metrech.

Faktor S, vyjadřuje průměrnou svažitost povodí a zjišťuje se z mapy sklonitosti, na níž si vyznačíme plochy stejného sklonu v určitých intervalech (např. 0-5% a 5,1-10%). Průměrná svažitost je poté dána vztahem $S = \sum S_i \cdot P_i / P_p$. Kde P_i jsou plochy jednotlivých dílčích plošek v povodí se sklony S_i , S_i jsou středy volených intervalů sklonu a P_p je plocha povodí v metrech čtverečních.

Hodnota topografického faktoru: $LS = l^{0,5} \cdot (0,0138 + 0,0097S + 0,00138S^2)$

Faktor C, vyjadřuje faktor ochranného vlivu vegetace a vypočteme ho následujícím způsobem: $C = \sum C_i \cdot P_i / P_p$. Kde C_i je faktor pro způsob využití určitou kulturou, P_i je plocha obdělávána jedním způsobem a P_p je plocha povodí. Při výpočtu situace na sledovaném území byly použity čísla pro TTP a ornou půdu o hodnotách 0, 015 a 0, 2.

3.2.6 Poměr odnosu

Výpočet transportovaného množství splavenin je potřeba zredukovat tzv. poměrem odnosu. Jde o to, jaké množství erodovaných částic se skutečně dostane do vodních toků. Pokud povrchový odtok ústí do toku či nádrže přímo, blíží se tento poměr hodnotě 1. Jestliže je ovšem odtok přerušen překážkou v podobě pásu lesní hrabanky, hustou vegetací nebo jen změnou sklonu, může se poměr odnosu blížit nule. Dále je poměr odnosu ovlivněn průtokem, svažitostí a erozí koryta i velikostí unášených částic a transportní schopností toku. Může dokonce docházet k usazování v korytě, ale naproti tomu může díky zvýšenému průtoku dojít i k vyzvedání sedimentu dříve usazeného.

Poměr odnosu není pro celou plochu povodí konstantní a mění se podle povrchu a velikosti přívalu.

3.2.7 Využití softwaru při přípravě dat a výpočtech

Pro přípravu dat byl použit software ArcGIS, konkrétně součásti ArcMap a ArcCatalog. ArcGIS je integrovaný, geografický informační systém, který obsahuje nástroje pro editaci, vizualizaci, vytváření, správu a analýzu prostorových dat.

Vrstvy byly zakládány v modulu ArcCatalog, kde byl vždy vybrán správný souřadnicový systém (S-JTSK Krovak.Prj) a typ vrstvy (polygon). Vrstvy byly poté otevřeny v modulu ArcMap, kde se s nimi v grafické a tabulkové podobě dále pracovalo.

Vrstva rozvodnice pro mikropovodí sledované oblasti SO2 byla vytvořena na základě vrstevnic a terénního průzkumu. Vrstva půdních vlastností pro mikropovodí SO2 byla vytvořena z map BPEJ 1:5000. Vrstva využití půdy pro mikropovodí SO2 byla vytvořena na základě terénního průzkumu lokality. Z nabídky nástrojů ArcMap Toolbox byl vybrán

nástroj Clip, kterým byla vrstva půdních vlastností a vrstva využití půdy ořezána vrstvou povodí. V atributové tabulce byl přidán sloupec Land use, resp. BPEJ (formát zápisu TEXT), kam byly zapisovány informace o využití půdy (TTP a les) a BPEJ.

Propojení vrstev bylo provedeno pomocí nástroje Union. V atributové tabulce byl připojen sloupec Area (formát zápisu Float), kde byl následně proveden výpočet plochy jednotlivých polygonů. Pro výpočet byl použit vzorec z ArcGIS Desktop Help (calculating fields in attribute tables).

Průměrná hodnota CN pro celé mikropovodí a další výpočty byly vypočteny v programu ERCN. Tento program je vhodný pro výpočty potřebné pro návrh erozních opatření.

Na sledovaném mikropovodí se vyskytují pozemky s využitím půdy les a TTP a HPJ o hodnotách 36 a 64. Pomocí těchto čísel byly určovány hlavní půdní skupiny (C, B).

V tomto programu byly provedeny i další výpočty - objem přímého odtoku a kulminačního průtoku. Při výpočtu byla nejprve postupně zadána plocha povodí, průměrné číslo CN pro sledované mikropovodí, maximální 24-hodinový srážkový úhrn pro jednotlivé N - leté případy (vybráno z tabulky, jako nejbližší sledovaná lokalita pro srážkový úhrn byla zvolena srážkoměrná stanice ve Vyšším Brodu) a opravný koeficient nádrží (koeficient vybrán z tabulky, žádná nádrž – 1,00). Dále byly zadány sklonové a drsnostní podmínky v jednotlivých částech povodí pro výpočet jednotlivých dob doběhu a celkové doby koncentrace. Program ERCN poté automaticky vypočetl přímý odtok pro jednotlivé N – leté případy, poměr počáteční retence, objem přímého odtoku, jednotkový kulminační průtok a velikost kulminačního průtoku.

4. Charakteristika oblasti

Povodí toku Ostřice leží v CHKO Šumava mezi obcemi Horní Planá a Černá v Pošumaví. Náleží bývalému okresu Český Krumlov, katastrální území Horní Planá a Maňávka u Českého Krumlova.

Ostřice je tok III. řádu s hydrologickým číslem 01-06-01-080.

Na území povodí Ostřice leží obec Jelm kde jsou podle územního plánu pouze 4 trvale bydlící obyvatelé. Další obcí je Hůrka, ve které dle územního plánu žije 70 trvale bydlících obyvatel, přičemž podle údajů z roku 1930 došlo k úbytku obyvatel zhruba o 60%. Chatová oblast Karlovy Dvory slouží pouze jako rekreační oblast.

4.1 Fyzicko – geografické charakteristiky povodí

Údaje o fyzicko-geografické charakteristice povodí jsou převzaty z Hydrografické studie (Gergel, 2000). Plocha povodí je převzata z programu ArcGIS.

Plochy, délky a tvar povodí

- celková plocha povodí: 10,215 km²
- délka toku: 5,3 km
- délka údolí: 8,4 km
- střední šířka povodí: 1,22 km
- tvar povodí: dle koeficientu α se jedná o protáhlé povodí

Nadmořské výšky v povodí

- nadmořská výška prameniště: 830 m n.m.
- nadmořská výška uzávěrového profilu: 725 m n.m.
- nejvýše položené místo v povodí: 1047,5 m n.m.

Spády a sklony v povodí

- absolutní spád povodí: 322,5 m
- absolutní spád toku: 105 m
- sklon údolnice: 3,8 %
- průměrný sklon povodí: 10,1 %
- sklon toku: 19,8 ‰

Lesnatost a odvodnění v povodí

- lesnatost: 30 %

- odvodněno: 30 %

4.2 Klimatické charakteristiky

Jihozápadní část povodí spadá do mírně teplého okrsku MT 3 a zbytek území do chladného okrsku CH7. Převažuje západní směr proudění větru.

Klima mírně teplého okrsku MT3 je charakterizováno krátkým létem (20 – 30 letních dnů), mírným až mírně chladným (průměrná červencová teplota 16 – 17°C), suchým až mírně suchým (úhrn srážek ve vegetačním období 350 – 450 mm). Mírné jaro i podzim (duben i říjen 6 až 7°C). Zima je normálně dlouhá (40 – 50 ledových dnů, 130 – 160 mrazových dnů), mírná až mírně chladná (leden -3 až -4°C), suchá až mírně suchá (suma srážek mimo vegetační období 250 až 300 mm). Sněhová pokrývka trvá normálně až krátce (60 – 100 dní).

Klima chladného okrsku CH7 je charakterizováno velmi krátkým až krátkým létem (10 – 30 letních dní), mírně chladným (červencová teplota 15 – 16°C) a vlhkým (úhrn srážek ve vegetačním období 500 – 600 mm). Přechodná období jsou dlouhá, s mírně chladným jarem a mírným podzimem (dubnová teplota 4 až 6°C, říjnová 6 až 7°C). Zima je dlouhá (50 – 60 ledových dnů, 140 – 160 mrazových dnů), mírná (leden -3 až -4°C), mírně vlhká (suma srážek mimo vegetační období 350 – 400 mm). Sněhová pokrývka trvá dlouho (100 – 120 dní).

Průměrná teplota vzduchu ve °C:

Meteorologická stanice Horní Planá – nadmořská výška 760 m n.m.

Tab. 3: Průměrná teplota v letech 1961 – 1990.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	rok
-4	-2,7	0,7	4,9	9,8	13,7	14,8	14,3	11,3	6,7	1,4	-2,5	5,7

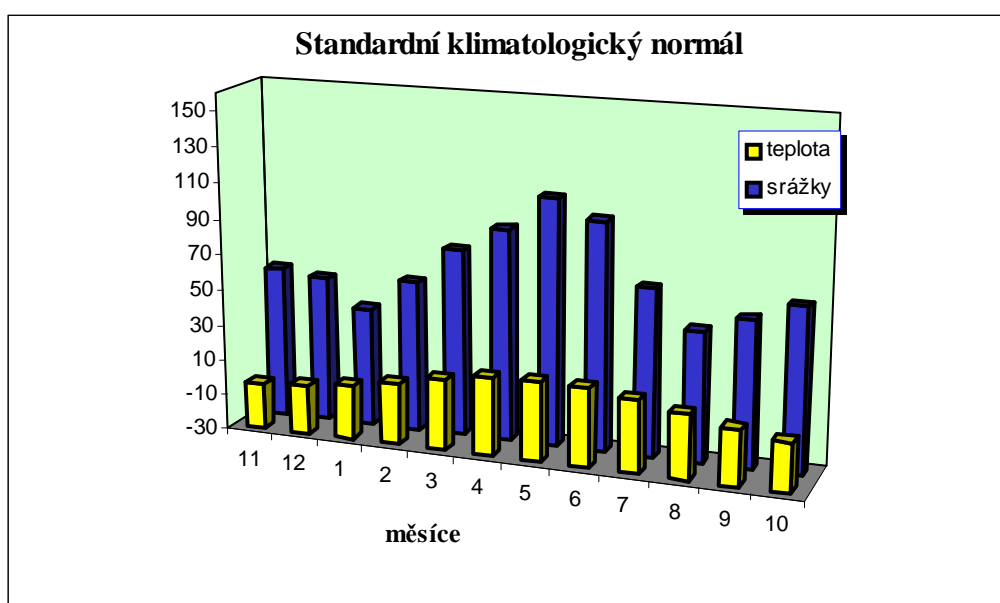
Celkový úhrn srážek v mm:

Tab. 4: Celkový úhrn srážek v letech 1961 – 1990.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	rok
55	52	37	55	75	89	108	98	64	43	52	62	789

Standardní klimatologický normál:

Graf č. 1: Klimadiagram dle Waltera-Lietha – Standardní klimatologický normál.



4.3 Geomorfologie oblasti

Z hlediska geomorfologického členění území ČR náleží povodí Ostřice do:

Provincie - I Česká vysočina

Oblast - IB Šumavská hornatina

Celek - IB – 2 Šumavské podhůří

Podcelek - IB – 2E Českokrumlovská vrchovina

Českokrumlovská vrchovina se rozkládá na 519 km² a jejím nejvyšším vrcholem je Velký Plešný (1 066 m). Minimální výška v této oblasti je 477 m n. m. a střední nadmořská výška dosahuje hodnoty 719,3 m. Českokrumlovská vrchovina je jihovýchodní část Šumavského podhůří. Její západní část patří pestré sérii moldanubika, východní jihočeskému svorovému pásnu.

4.4 Charakteristika půd

Půda je jako nejsvrchnější část povrchu zemského jednou z nejdůležitějších složek životního prostředí. Lze ji definovat jako soubor minerálních částic, živých organismů, odumřelých zbytků a organických látek. Velmi důležitou součástí půdy je půdní voda, která společně s půdním vzduchem zajišťuje úrodnost v daných oblastech.

Pomocí výsledků z komplexního průzkumu zemědělských půd a bonitace Zemědělského Půdního Fondu byla půda v daném území zařazena do hlavních půdních jednotek (HPJ).

4.4.1 Hlavní půdní jednotka – HPJ

HPJ je syntetická argonomizovaná jednotka charakterizovaná účelovým (argonomickým) seskupením genetických půdních typů, subtypů, půdotvorných substrátů, zrnitosti, hloubky půdy, typem a stupněm hydromorfismu a reliéfem území. Klasifikační soustava bonitace představuje 78 HPJ, které z geneticko – agronomického hlediska tvoří 13 základních skupin. (Mašát, 2002)

4.4.2 Zastoupení půd v dané oblasti

Na základě výsledků komplexního průzkumu půd lze na daném území uvést z převážné většiny zastoupení těchto půdních typů: kambizemě (a jejich kyselé formy) a gleje.

Kambizemě – tento půdní typ patří do skupiny hnědých půd. Je to nejrozšířenější půdní typ u nás, který se nachází v různých nadmořských výškách a je využíván jak k zemědělským tak lesnickým účelům.

Skupina hnědých půd zahrnuje převážně půdy na pevných horninách. Hlavním třídícím znakem jsou skupiny půdotvorných substrátů s typickými argonomicko – výrobními vlastnostmi. Amplituda výskytu je velmi široká, agronomická hodnota a využitelnost je určována zejména reliéfem terénu, skeletovitostí, minerální silou a klimatickými podmínkami. Hnědé půdy jsou typické půdy pahorkatin a nižších a středních poloh vrchovin. Ve vyšších polohách nepravidelně navazují na silně kyselá hnědá a rezivá půdy. Do této skupiny jsou přiřazeny i hnědé půdy na svahovinách (pokud nejsou zařazeny do HPJ jiných skupin), a to vždy k té HPJ, se kterou mají převážně shodný substrát a shodné ostatní fyzikální vlastnosti. (Mašát, 2002)

Gleje – tento půdní typ patří do skupiny půd hydromorfních. Mají velký význam při zadržování vody v krajině a vyskytují se v nivních oblastech, terénních depresích a v podmínkách trvalého ovlivnění vysokou hladinou podzemní vody. Fyzikální vlastnosti jsou většinou nepříznivé i po odvodnění.

Vzhledem k tomu, že výskyt těchto půd je ve značně složitém reliéfu, bylo při vymezení HPJ použito kromě genetického třídění i třídění podle charakteru reliéfu. Vedle reliéfu je druhým nejdůležitějším znakem stupeň hydromorfismu. HPJ 64 a 65 zahrnují zkulturněné hydromorfní půdy, HPJ 66 a 69 půdy rovinných celků a depresních poloh. (Mašát, 2002)

4.5 BPEJ

4.5.1 Bonitovaná půdně ekologická jednotka – BPEJ

Je základní mapovací a oceňovací jednotkou bonitační soustavy. Při vyčleňování BPEJ platí zásada, že všechny složky prostředí jsou rovnocenné. Je definována na základě agronomicky zvláště významných charakteristik půdy, klimatu, reliéfu terénu a vláhového režimu lokalit zemědělského území. Na základě této „agronomizace“ lze k ní přiřadit parametrizované údaje o produkční schopnosti hlavních zemědělských plodin a ekonomické efekty, které na daném stanovišti v určitém časovém úseku přináší. Soustava BPEJ pak zobrazuje všechny charakteristické kombinace základních a v krátkodobém až střednědobém časovém horizontu málo proměnlivých vlastností určitých lokalit zemědělského území, které jsou vzájemně odlišné a poskytují i rozdílné produkční a ekonomické efekty. (Mašát, 2002)

4.5.2 Struktura kódu BPEJ

Kód BPEJ je pětímístný kde první číslice vyjadřuje příslušnost ke klimatickému regionu, druhá a třetí číslice určuje zařazení půdy do hlavní půdní jednotky klasifikační soustavy, čtvrtá číslice stanovuje stupeň sklonitosti a příslušnou expozici ke světovým stranám a jejich vzájemné kombinace, pátá číslice vyjadřuje hloubku půdy a skeletovitost půdního profilu ve vzájemné kombinaci. (Mašát, 2002)

4.5.3 Zastoupení HPJ v povodí Ostřice oblasti

Pomocí kódu BPEJ byly v daném území zjištěny tyto hlavní půdní jednotky:

HPJ 36 – kambizemě kyselé, kambizemě podzolové a jejich slabě oglejené formy

HPJ 37 – mělké kambizemě na všech horninách, kromě vlhkých oblastí výsušné půdy
HPJ 50 – kambizemě oglejené a pseudogleje na různých horninách
HPJ 64 – gleje a pseudogleje zbažinělé na různých horninách
HPJ 67 – gleje mělkých údolí a rovinných celků při vodních tocích
HPJ 69 – gleje zrašelinělé a rašeliništní, výrazně zamokřené

4.6 Hydrologické poměry

Po stránce hydrologické náleží zájmové území povodí I. řádu 01 Labe, povodí II. řádu 06-01 Vltava po Malši.

4.6.1 Hydroekologický rajon

Povodí Ostřice náleží hydrogeologickému rajonu R 53 – oblast vltavsko-dunajské elevace, která je tvořena prekambickou moldanubickou sérií. Vyskytují se zde vesměs krystalické horniny s omezenou puklinovou propustností. Místy se nacházejí příznivější podmínky pro oběh podzemních vod díky rozpojení hornin krystalinika. (Gergel, 2000)

4.6.2 Podzemní vody

Povodí Ostřice spadá do regionu II-G-6, který je charakteristický sezónním doplňováním zásob, nejvyšší vydatnost podzemních vod je v květnu-červnu, nejnižší vydatnost pak v prosinci-únoru, průměrný specifický odtok podzemních vod se pohybuje v rozmezí 2,01-5,00 l/s/km². (Gergel, 2000)

4.6.3 Povrchové vody

Podle fyzickogeografické regionalizace ČSR náleží povodí Ostřice regionu povrchových vod IV-B-3-e. Tento region je dosti vodnatý se specifickým odtokem v rozmezí 10-15 l/s/km² a malou retenční schopností. Nejvodnatější měsíc je březen až duben. Dostí vysoký koeficient odtoku dosahuje hodnoty 0,31-0,45. (Gergel, 2000)

4.6.4 Bioregion

Povodí Ostřice spadá z hlediska biogeografického členění do provincie středoevropských listnatých lesů, podprovincie hercynského typu a šumavského bioregionu 1,62 o rozloze 2 051 km².

5. Výsledky

Hodnoty doby koncentrace, přímého odtoku a kulminačního průtoku byly vypočteny pomocí softwaru ERCN na základě průměrného čísla CN. Odnos půdy byl vypočten pomocí upravené univerzální rovnice pro stanovení transportu splavenin. Výpočet byl proveden pro současný stav využití půdy (TTP+les) a modelový scénář (orná půda+les). Výsledky jsou uváděny pro jednotlivé maximální 24 – hodinové N – leté srážkové úhrny. Z výsledných odnosů půdy a přípustné hranice smyvu 4 t z hektaru vyplívá erozní ohroženost pozemku při uvedených srážkových úhrnech.

5.1. Výpočet objemu přímého odtoku, kulminačního průtoku a odnosu půdy pro maximální 24 – hodinové N – leté srážkové úhrny

5.1.1 Výpočet pro N=100

Obrázek č. 1: Pracovní prostředí programu ERCN pro N=100

Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek

Zadání vstupních hodnot:

Plocha povodí : 10.40 ha Výpočet

Průměrné CN : 69.57

Max. 24-h srážkový úhrn : 104.1 mm Vybrat h

Opravný koef. nádrží : 1.00 mm Vybrat f

Přímý odtok : 34.74 mm

Ia / Hs : 0.21

OpH : 3613.08 m³

qpH = 0.40

QpH = 0.40 m³/s

Výpočet QpH

Konec

Uložit

S02 - N100 - realny stav

Celková doba koncentrace

Plošný povrchový odtok

Délka : l = 100 m Hydraulický sklon : s = 0.09045 tg α

Drsnost : n = 0.80 Dvouletý 24-h déšť : Hs2 = 41.4 mm

Tta = 1.235 h

Soustředěný odtok o malé hloubce

Délka : l = 230 m Hydraulický sklon : s = 0.0566 tg α

Povrch na zájmovém území

Nedlážděný Dlážděný

Rychlost : v = 1.170 m / s

Ttb = 0.055 h

Soustředěný odtok v otevřeném korytě

Délka : l = 152 m Hydraulický sklon : s = 0.026 tg α

Drsnost : n = 0.033 Plocha příč. profilu : F = 0.12 m²

Rychlost : v = 1.222 m / s Omočený obvod : O = 0.96 m

Ttc = 0.035 h Hydraulický ploměr : R = 0.125 m

Tc = 1.324 h Výpočet Tc

Doba koncentrace činila 1,324 hodiny, z toho doba doběhu pro povrchový plošný odtok byla spočítána na 1,235 hodiny, pro povrchový odtok soustředěný o malé hloubce 0,055 hodiny a pro soustředěný odtok v otevřeném korytě 0,035 hodiny.

Při 24 - hodinovém srážkovém úhrnu pro $N=100$ (104,1 mm) a průměrné $CN=69,57$ byla vypočtena výška přímého odtoku 34,74 mm, objem přímého odtoku $3613,08 \text{ m}^3$ a hodnota kulminačního průtoku $0,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Odnos půdy z TTP při maximálním 24 – hodinovém $N=100$ srážkovém úhrnu činil $4,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Odnos půdy z orné půdy při maximálním 24 – hodinovém $N=100$ srážkovém úhrnu činil $62,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

5.1.2 Výpočet pro N=50

Obrázek č. 2: Pracovní prostředí programu ERCN pro N=50

Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek

Zadání vstupních hodnot

Plocha povodí : 10,40 ha Výpočet

Průměrné CN : 69,57

Max. 24-h srážkový úhrn : 93,4 mm Vybrat h

Opravný koef. nádrží : 1,00 mm Vybrat f

Přímý odtok : 27,80 mm

Ia / Hs : 0,24

QpH : 2890,75 m³

qpH = 0,39

QpH = 0,31 m³/s

Výpočet QpH

Konec

Uložit

S02 - N50 - realny stav

Celková doba koncentrace

Plošný povrchový odtok

Délka : l = 100 m Hydraulický sklon : s = 0,09045 tg α

Drsnost : n = 0,80 Dvouletý 24-h déšť : Hs2 = 41,4 mm

Tta = 1,235 h

Soustředěný odtok o malé hloubce

Délka : l = 230 m Hydraulický sklon : s = 0,0566 tg α

Povrch na zájmovém území

Nedlážděný

Dlážděný

Rychlost : v = 1,170 m /s

Ttb = 0,055 h

Soustředěný odtok v otevřeném korytě

Délka : l = 152 m Hydraulický sklon : s = 0,026 tg α

Drsnost : n = 0,033 Plocha přič. profilu : F = 0,12 m²

Rychlost : v = 1,357 m /s Omočený obvod : O = 0,82 m

Ttc = 0,031 h Hydraulický ploměr : R = 0,146 m

Tc = 1,321 h Výpočet Tc

Doba koncentrace činila 1,321 hodiny, z toho doba doběhu pro povrchový plošný odtok byla spočítána na 1,235 hodiny, pro povrchový odtok soustředěný o malé hloubce 0,055 hodiny a pro soustředěný odtok v otevřeném korytě 0,031 hodiny.

Při 24 - hodinovém srážkovém úhrnu pro N=50 (93,4 mm) a průměrné CN=69,57 byla vypočtena výška přímého odtoku 27,80 mm, objem přímého odtoku 2890,75 m³ a hodnota kulminačního průtoku 0,31 m³ · s⁻¹.

Odnos půdy z TTP při maximálním 24 – hodinovém N=50 srážkovém úhrnu činil 3,6 t · ha⁻¹.

Odnos půdy z orné půdy při maximálním 24 – hodinovém N=50 srážkovém úhrnu činil 47,9 t · ha⁻¹.

5.1.3 Výpočet pro N=20

Obrázek č. 3: Pracovní prostředí programu ERCN pro N=20

Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek

Zadání vstupních hodnot

Plocha povodí : 10,40 ha Výpočet

Průměrné CN : 69,57

Max. 24-h srážkový úhrn : 79,8 mm Vybrat h

Opravný koef. nádrží : 1,00 mm Vybrat f

Přímý odtok : 19,66 mm

la / Hs : 0,28

QpH : 2044,15 m³

qpH = 0,38

QpH = 0,21 m³/s

Výpočet QpH

Konec

Uložit

S02 - N20 - realny stav

Celková doba koncentrace

Plošný povrchový odtok

Délka : l = 100 m Hydraulický sklon : s = 0,09045 tg α

Drsnost : n = 0,80 Dvouletý 24-h déšť : Hs2 = 41,4 mm

Tta = 1,235 h

Soustředěný odtok o malé hloubce

Délka : l = 230 m Hydraulický sklon : s = 0,0566 tg α

Povrch na zájmovém území

Nedlážděný

Dlážděný

Rychlost : v = 1,170 m / s

Ttb = 0,055 h

Soustředěný odtok v otevřeném korytě

Délka : l = 152 m Hydraulický sklon : s = 0,026 tg α

Drsnost : n = 0,033 Plocha přič. profilu : F = 0,12 m²

Rychlost : v = 1,537 m / s Omočený obvod : O = 0,68 m

Ttc = 0,027 h Hydraulický ploměr : R = 0,176 m

Tc = 1,317 h Výpočet Tc

Doba koncentrace činila 1,317 hodiny, z toho doba doběhu pro povrchový plošný odtok byla spočítána na 1,235 hodiny, pro povrchový odtok soustředěný o malé hloubce 0,055 hodiny a pro soustředěný odtok v otevřeném korytě 0,027 hodiny.

Při 24 - hodinovém srážkovém úhrnu pro N=20 (79,8 mm) a průměrné CN=69,57 byla vypočtena výška přímého odtoku 19,66 mm, objem přímého odtoku 2044,15 m³ a hodnota kulminačního průtoku 0,21 m³ · s⁻¹.

Odnos půdy z TTP při maximálním 24 – hodinovém N=20 srážkovém úhrnu činil 2,4 t · ha⁻¹.

Odnos půdy z orné půdy při maximálním 24 – hodinovém N=20 srážkovém úhrnu činil 31,7 t · ha⁻¹.

5.1.4 Výpočet pro N=10

Obrázek č. 4: Pracovní prostředí programu ERCN pro N=10

Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek

Zadání vstupních hodnot

Plocha povodí : 10,40 ha

Průměrné CN : 69,57

Max. 24-h srážkový úhrn : 68,6 mm

Opravný koef. nádrží : 1,00 mm

Přímý odtok : 13,66 mm

Ia / Hs : 0,32

QpH : 1420,59 m³

qpH = 0,36

QpH = 0,14 m³/s

SD2 - N10 - reálný stav

Celková doba koncentrace

Plošný povrchový odtok

Délka : l = 100 m Hydraulický sklon : s = 0,09045 tg α

Drsnost : n = 0,80 ... Dvouletý 24-h dešť : Hs2 = 41,4 mm

Tta = 1,235 h

Soustředěný odtok o malé hloubce

Délka : l = 230 m Hydraulický sklon : s = 0,0566 tg α

Povrch na zájmovém území

Nedlážděný Rychlost : v = 1,170 m / s

Dlážděný Ttb = 0,055 h

Soustředěný odtok v otevřeném korytě

Délka : l = 152 m Hydraulický sklon : s = 0,026 tg α

Drsnost : n = 0,033 ... Plocha příč. profilu : F = 0,12 m²

Rychlost : v = 1,793 m / s Omezený obvod : O = 0,54 m

Ttc = 0,024 h Hydraulický ploměr : R = 0,222 m

Tc = 1,313 h

Doba koncentrace činila 1,313 hodiny, z toho doba doběhu pro povrchový plošný odtok byla spočítána na 1,235 hodiny, pro povrchový odtok soustředěný o malé hloubce 0,055 hodiny a pro soustředěný odtok v otevřeném korytě 0,024 hodiny.

Při 24 - hodinovém srážkovém úhrnu pro N=10 (68,6 mm) a průměrné CN=69,57 byla vypočtena výška přímého odtoku 13,66 mm, objem přímého odtoku 1420,59 m³ a hodnota kulminačního průtoku 0,14 m³ · s⁻¹.

Odnos půdy z TTP při maximálním 24 – hodinovém N=10 srážkovém úhrnu činil 1,5 t · ha⁻¹.

Odnos půdy z orné půdy při maximálním 24 – hodinovém N=10 srážkovém úhrnu činil 20,6 t · ha⁻¹.

5.1.5 Výpočet pro N=2

Obrázek č. 5: Pracovní prostředí programu ERCN pro N=2

Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek

Zadání vstupních hodnot

Plocha povodí : 10,40 ha

Průměrné CN : 69,57

Max. 24-h srážkový úhrn : 41,4 mm

Opravný koef. nádrží : 1,00 mm

Přímý odtok : 2,82 mm

la / Hs : 0,54

OpH : 293,67 m³

qpH = 0,19

QpH = 0,02 m³/s

S02 - N2 - realny stav

Celková doba koncentrace

Plošný povrchový odtok

Délka : l = 100 m **Hydraulický sklon : s = 0,09045 tg α**

Drsnost : n = 0,80 **Dvouletý 24-h déšť : Hs2 = 41,4 mm**

Tta = 1,235 h

Soustředěný odtok o malé hloubce

Délka : l = 230 m **Hydraulický sklon : s = 0,0566 tg α**

Povrch na zájmovém území
 Nedlážděný
 Dlážděný

Rychlost : v = 1,170 m /s

Ttb = 0,055 h

Soustředěný odtok v otevřeném korytě

Délka : l = 152 m **Hydraulický sklon : s = 0,026 tg α**

Drsnost : n = 0,033 **Plocha přič. profilu : F = 0,12 m²**

Rychlost : v = 2,190 m /s **Omočený obvod : O = 0,40 m**

Ttc = 0,019 h **Hydraulický ploměr : R = 0,300 m**

Tc = 1,309 h

Doba koncentrace činila 1,309 hodiny, z toho doba doběhu pro povrchový plošný odtok byla spočítána na 1,235 hodiny, pro povrchový odtok soustředěný o malé hloubce 0,055 hodiny a pro soustředěný odtok v otevřeném korytě 0,019 hodiny.

Při 24 - hodinovém srážkovém úhrnu pro N=2 (41,4 mm) a průměrné CN=69,57 byla vypočtena výška přímého odtoku 2,82 mm, objem přímého odtoku 293,67 m³ a hodnota kulminačního průtoku 0,02 m³ · s⁻¹.

Odnos půdy z TTP při maximálním 24 – hodinovém N=2 srážkovém úhrnu a činil 0,2 t · ha⁻¹.

Odnos půdy z orné půdy při maximálním 24 – hodinovém N=2 srážkovém úhrnu činil 2,9 t · ha⁻¹.

6. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vybrat vhodné modelové mikropovodí, vypočítat transporty splavenin při jednotlivých maximálních 24 – hodinových N – letých úhrnech a pomocí těchto hodnot analyzovat erozní ohroženost. Výpočty byly provedeny jak pro stávající stav využívání půdy, tak pro případné využití půdy jako orné (viz tab. 5.). Vybráno bylo lehce svažitě a tudíž erozně ohrožené mikropovodí SO2, které se nachází v povodí řeky Ostrice.

Tab. č. 5: Porovnání vypočtených charakteristik při současném stavu využití ploch na povodí a při modelovém scénáři intenzivního využití půdy

	jednotky	N=2	N=10	N=20	N=50	N=100
Doba koncentrace	h	1,309	1,313	1,317	1,321	1,324
Výška přímého odtoku	mm	2,82	13,66	19,66	27,8	34,74
Objem přímého odtoku	m ³	293,67	1420,59	2044,15	2890,75	3613,08
Kulminační průtok	m ³ . s ⁻¹	0,02	0,14	0,21	0,31	0,4
Odnos půdy/TTP	t . ha⁻¹	0,2	1,5	2,4	3,6	4,7
Odnos půdy/OP	t . ha⁻¹	2,9	20,6	31,7	47,9	62,6

Z výsledného odnosu půdy z TTP pro jednotlivé srážkové úhrny lze jasně vyčíst, že předem určený přípustný smyv půdy 4 tun z hektaru, byl překročen v případě maximálního 24 – hodinového N=100 srážkového úhrnu. Jako erozně nebezpečný a nepřipustný lze označit také N=50 srážkový úhrn.

V modelové situaci, kde byla vyhodnocena erozní ohroženost se stejnými srážkovými úhrny na orné půdě, lze konstatovat, že tato sledovaná lokalita je pro intenzivní zemědělské využití půdy naprosto nevhodná.

Vzhledem k trvalému zatravnění dané oblasti a nízké ekologické ohroženosti nejsou navržena žádná protierozní opatření a stávající stav je vyhodnocen jako vyhovující.

Transporty půdních částic zjištěné v případě modelové situace využití půdy jako orné ukazují, že je zemědělská půda v podhorských a horských oblastech velice ohrožena. V případě větších srážkových úhrnů se ztráta půdy pohybuje v desítkách tun na hektar a tudíž limitní hranici čtyř tun z hektaru překračuje velmi výrazně. Vzhledem k těmto výsledkům lze považovat důsledné zvážení změn využití půdy ve prospěch intenzivního hospodaření v podhorských, horských a svažitých oblastech jako velmi opodstatněné.

Transporty splavenin do vodních toků a nádrží ze zemědělských ploch totiž zbytečně zatěžují přírodní prostředí a zásadním způsobem narušují stabilitu krajiny.

7. Seznam použité literatury a zdrojů

1. BUZEK, Ladislav: *Eroze půdy*. 1. vyd. Ostrava: vyd. Pedagogická fakulta v Ostravě, 1983, 257 s.
2. GERGEL, Jiří: *Studie o stavu hydrografické sítě na okrese Český Krumlov, XII. díl, levý břeh Lipna u Černé v Pošumaví*. České Budějovice, 2000, 54 s.
3. HOLÝ, Miloslav: *Eroze a životní prostředí*. 1. vyd. Praha: vyd. ČVUT, 1994, 383 s.
4. HOLÝ, Miloslav: *Protierozní ochrana*. 1. vyd. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1978, 283 s.
5. HRÁDEK, František, KUŘÍK, Petr: *Hydrologie, skriptum*. Praha 2002, 280 s.
6. JANEČEK, Miloslav: *Vliv eroze půdy na znečištění povrchových vod*. Praha: vyd. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1978, 72 s.
7. JANEČEK, Miloslav: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: vyd. VÚMOP Praha, 1992, 110 s.
8. JANEČEK, Miloslav a kol.: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. 2. vyd. Praha: ISV nakladatelství, 2005, 195 s.
9. MAŠÁT, Karel a kol.: *Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek*. Praha: vyd. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2002, 113 s.
10. PASÁK, Vlastimil a kol.: *Ochrana půdy před erozí*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství(SZN), 1984, 164 s.
11. SOUKUP, Mojmír, HRÁDEK, František: *Optimální regulace povrchového odtoku z povodí*. 1 vyd. Praha: vyd. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 1999, 98 s.

12. STREĎANSKÝ, Josef: *Veterná erózia pody*. 1. vyd. Bratislava: vyd. Príroda, 1993, 65 s.
13. ZACHAR, Dušan: *Erózia pôdy*. Vyd. SAV, Bratislava, 1970, 528 s.
14. <http://www.sweb.cz/eroze/dusledky.htm>
15. <http://www.sweb.cz/eroze/home.htm>
16. <http://www.zememeric.cz>

8. Seznam příloh

1. Příloha č. 1: Pohled na mikropovodí SO₂ od toku Ostřice
2. Příloha č. 2: Drenážní výúst' ze sledovaného území do toku Ostřice
3. Příloha č. 3: Pohled na mikropovodí SO₂
4. Příloha č. 4: Trasa toku od uzávěrového profilu SO₂ ústící do rybníka

9. Přílohy

Příloha č. 1: Pohled na mikropovodí SO2 od toku Ostřice



Příloha č. 2: Drenážní výúst' ze sledovaného území do toku Ostřice



Příloha č. 3: Pohled na mikropovodí SO2



Příloha č. 4: Trasa toku od uzávěrového profilu SO2 ústící do rybníka

