EROZE PŮDY NA JIŽNÍ MORAVĚ
SOIL EROSION IN SOUTH MORAVIA

Hana Pokladníková[1)], Jana Podhrázská[2)], Ivan Novotný[2)], Tomáš Středa[1)]

[1] Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 67 Brno,
e-mail: hana.pokladnikova@chmi.cz
[1] Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Lidická25/27657 20 Brno,
e-mail: podhrazska@vumopbrno.cz

Abstrakt

Byly shromážděny výsledky a podklady týkající se erozního ohrožení půd přívalovými srážkami, vodou z tajícího sněhu a větrem. Konkrétně se jedná o potenciální ohroženost katastrů vodní erozí, dlouhodobý průměrný smyv půdy na produkčních blocích, maximální přípustnou hodnotu faktoru ochranného vlivu vegetace, erozní potenciál sněhové pokrývkya potenciální ohrožení orné půdy větrnou erozí. Jako zájmové území byla zvolena část České republiky, která spadá do působnosti brněnské pobočky ČHMÚ. Tato oblast zahrnuje Jihomoravský kraj, část Zlínského a Pardubického kraje a část kraje Vysočina. Na základě postupů detailně popsaných byly v prostředí GIS zpracovány mapové výstupy jednotlivých charakteristik eroze půdy.

Klíčová slova: eroze půdy, přívalové srážky, tání sněhu, vítr

Úvod

Pasák (1984) uvádí, že větrnou erozí je u nás ohroženo téměř 29 % zemědělské půdy, přičemž na Moravě je to asi 40 % a v Čechách 23 % zemědělské půdy.

Dostál et al. (2002) analýzou svažitosti území ČR zjistili, že:

• 43,4 % orné půdy je umístěno na svazích se sklonem 3° - 7°,

• 9,8 % orné půdy je umístěno na svazích o sklonu 7°- 12°,

• 0,7 % orné půdy je umístěno na svazích se sklonem nad 12°.

Polovina plochy orné půdy je tak ohrožena erozí jen z hlediska sklonitosti. Potenciální průměrná roční ztráta půdy ze zemědělských ploch na svazích v ČR je 13,7 t.ha^{-1}, tj. 0,9 mm mocnosti půdního profilu nebo 25 mil. tun ročně.

Kategorizaci potenciálního ohrožení půd erozí a plochy půd v jednotlivých podle MŽP z roku 2006 uvádí tabulka 1.

Tab. 1 Potenciální ohrožení půd vodní a větrnou erozí na území ČR v r. 2006

Stupeň ohrožení erozí	Plocha zemědělské půdy			
	Vodní eroze		Větrná eroze	
	ha	%	ha	%
Bez ohrožení	179 112	4,2	3 305 052	77,5
Půdy náchylné	1 189 818	27,9	396 606	9,3
Půdy mírné ohrožené	1 104 527	25,9	243 082	5,7
Půdy ohrožené	767 625	18,0	230 287	5,4
Půdy silně ohrožené	430 723	10,1	76 762	1,8
Půdy nejohroženější	592 777	13,9	12 793	0,3
Celkem	4 264 582	100,0	4 264 582	100,0

Zdroj: Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2007

Zrychlená eroze zemědělských půd vážně ohrožuje produkční a mimoprodukční funkce půd a vyvolává mnohamilionové škody v intravilánech měst a obcí, způsobované povrchovým odtokem a smyvem půdy zejména ze zemědělských pozemků. 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 organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin; velké povodňové průtoky poškozují budovy, komunikace, koryta vodních toků apod.

Vzhledem k posledním výsledkům výzkumů týkajících se klimatických změn a jejich možných dopadů na zemědělství vlivem změn hodnot meteorologických prvků lze navíc očekávat nebezpečí rozšíření území ohrožených větrnou erozí. Z hlediska ohroženosti půdy větrnou erozí lze očekávat rozšíření erozně ohrožených půd vlivem častějšího deficitu půdní vlhkosti, která je významným faktorem ovlivňujícím náchylnost půdy k erozi. Extrémní meteorologické jevy jako např. větrné bouře a smrště mohou rovněž přispět k posunu hranic území ohrožených větrnou erozí.

Na převážné ploše erozí ohrožených půd však není prováděna systematická ochrana, která by omezovala ztráty půdy na stanovené přípustné hodnoty, tím méně na úroveň, která by bránila dalšímu snižování mocnosti půdního profilu a ovlivňování kvality vod v důsledku pokračujícího procesu eroze (Janeček, 2007). Například k výsadbě větrolamů v padesátých letech byly použity převážně rychle rostoucí dřeviny a tak životnost větrolamů v současné době končí. Z tohoto důvodu je nutno urychleně přistoupit k jejich postupné obnově (Zimová, 2004). Aktuálním stavem větrolamů a jejich vlivem na proudění vzduchu se v letech 2004 – 2007 zabýval projekt Možnosti optimalizace funkcí větrolamů v krajině, jejich využití v komplexních pozemkových úpravách. Cílem projektu bylo posouzení účinnosti větrolamů a návrh na optimalizaci jejich funkce pro potřeby krajinného plánování. Pro posouzení účinnosti byly zpracovány podrobné analýzy pole větru z měření na jihomoravských klimatologických stanicích s využitím statistických metod a modelu. Vyhodnocen byl také vertikální profil větru a na základě ambulantních měření stanoven vliv větrolamů na horizontální a vertikální stratifikaci rychlostí větru. Zjištěné výsledky byly zahrnuty do komplexního hodnocení funkce větrolamů a výstupem projektu byla metodika Optimalizace funkcí větrolamů v zemědělské krajině. V současnosti (2008 – 2012) je řešen projekt „Kriteria rozvoje větrné eroze na těžkých půdách a možnosti jejího omezení biotechnickými opatřeními“ s cílem stanovit ohroženost větrnou erozí u těžkých půd v oblasti Bílých Karpat v porovnání s typickými projevy eroze na ostatních půdách, vyvinout a ověřit model pro hodnocení účinnosti biotechnických opatření (větrolamů) metodami GIS.

Podle McCoola (2002) je v mnoha oblastech světa důležitou součástí roční ztráty půdy eroze v důsledku působení zimních srážek. Výsledky erozních studií v severní, střední nebo východní Evropě a severní Americe ukazují, že intenzita eroze během tání sněhu může dosáhnout intenzity eroze způsobené deštěm, nebo ji dokonce převyšovat (Demidov et al., 1995; Edwards et al., 1998; Lundekvam, 2002). Kombinace intenzivních srážek, zamrzlého podloží a nasycené povrchové půdy během tání sněhu potom vede k rýhové erozi, případně k vývoji strží (Oygarden, 2003). Svůj význam sehrává i slabý půdoochranný efekt jarní vegetace. V podmínkách České republiky se erozními procesy a množstvím plavenin v tocích v průběhu roku zabývali např. Kliment, Langhammer a Kadlec (2007). Jejich výsledky dokládají srovnatelné množství plavenin v tocích v době tání sněhu a v době letních intenzivních srážkových epizod.

V roce 2006 zahájil VÚMOP, v.v.i., v rámci výzkumného záměru MZE0002704901, dílčí výzkumnou etapu zaměřenou na vývoj a implementaci geografického informačního systému o půdě (SOWAC GIS) – výstupy týkající se eroze půdy způsobené přívalovými srážkami a větrné eroze jsou dostupné na: http://www.sowac-gis.cz.

Materiál a metody

Pro účely studie byly shromážděny výsledky a podklady týkající se erozního ohrožení půd přívalovými srážkami, vodou z tajícího sněhu a větrem. Jako zájmové území byla zvolena část České republiky, která spadá do působnosti brněnské pobočky ČHMÚ. Tato oblast zahrnuje Jihomoravský kraj, část Zlínského a Pardubického kraje a část kraje Vysočina (Obr. 1).

Vodní eroze

Způsobená přívalovými srážkami

Potenciální ohroženost katastrů vodní erozí

Potenciální ohrožení katastrů vodní bylo stanoveno na základě faktoru erodovatelnosti půdy a sklonitosti území. Stupně ohrožení byly rozděleny do šesti kategorií (Tab. 1). Tento postup vzhledem k proměnlivosti faktorů L, C, popřípadě P pochopitelně nelze aplikovat na jednotlivé pozemky. Proto bylo za nejmenší jednotku generalizace mapového vyjádření zvoleno katastrální území.

Tab. 1 Kategorie ohrožení katastrů vodní erozí

Kategorie	Koeficient ohrožení	Stupeň ohrožení
1	<= 0,15	bez ohrožení
2	0,16 - 0,30	půdy náchylné
3	0,31 - 0,45	půdy mírně ohrožené
4	0,46 - 0,60	půdy ohrožené
5	0,61 - 0,75	půdy silně ohrožené
6	> 0.75	půdy nejohroženější

Dlouhodobý průměrný smyv půdy (G) na produkčních blocích ČR

Vodní eroze je kvantifikována pomocí dlouhodobého průměrného smyvu půdy (G), který je počítán podle univerzální rovnice USLE.

G = R . K . L . S . C . P

R faktor erozní účinnosti přívalového deště
20 $MJ.ha^{-1}.cm.h^{-1}$ – průměrná roční hodnota pro ČR, určená na základě dlouhodobé řady pozorování

K faktor erodovatelnosti půdy
určeno z BPEJ v měřítku 1:5 000 (průběžná aktualizace, VÚMOP v.v.i.)

LS faktor délky a sklonu svahu
určeno z vrstevnic ZABAGED 1:10 000, DMT převeden do gridu 10 m, pro hydrologickou správnost DMT byly nástroji GIS (Spatial Analyst) provedeny nezbytné korekce a opravy, délky produkčních bloků z LPIS (MZe 2009)

C faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu
Pro účely protierozní ochrany většího území je problémem zajistit relevantní podklady pro určení hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace (C).
Metodika USLE počítá se stanovením faktoru ochranného vlivu vegetace (C) pro konkrétní osevní postup. Pokud je C faktor určován dle jiného (generalizovaného) vstupu (např. dle klimatických regionů), ve výsledku je nutné zohlednit omezení, které provází všechna mapová vyjádření, jež mají podrobnější měřítko než je rozlišení nejméně podrobného vstupu.
Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. zpracoval mapu dlouhodobého průměrného smyvu půdy (G) s využitím faktoru ochranného vlivu vegetace (C) dle Kadlece a Tomana (2002), který určuje hodnotu tohoto faktoru na základě klimatických regionů.

P faktor protierozních opatření
V případě, že nejsou známa realizovaná protierozní opatření se udává P=1

Maximální přípustná hodnota C faktoru

V některých případech lze této hodnoty využít ke kompenzaci zvýšeného faktoru ochranného vlivu vegetace (C) než je jeho maximální přípustná hodnota na daném pozemku protierozními opatřeními (Tab. 2). Univerzální rovnice USLE převedena na rovnici, ve které je neznámou faktor ochranného vlivu vegetace (C):

C = G/ (R . K . L . S . P)

G maximální přípustná ztráta půdy

určeno na základě hloubky půdy (z databáze BPEJ 1: 5 000 – průběžná aktualizace, VÚMOP v.v.i.) na produkčním bloku z LPIS (MZe 2009)

Tab. 2 Kategorie limitních hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace (C) včetně doporučeného postupu řešení v případě jejich překročení

maximální přípustná hodnota faktoru C	doporučené opatření
do 0,005	převést pozemek do kategorie trvalých travních porostů
do 0,02	pěstování jetele, vojtěšky
do 0,05	nutno postupovat dle návodů v metodikách*, popř. se obrátit na specialisty v oboru problematiky eroze ve VÚMOP v. v. i.
do 0,15	
do 0,20	
do 0,30	
do 0,40	
do 0,60	
do 1,00	

* *Hůla, J., Janeček, M., Kovaříček, P., Bohuslávek, J: Agrotechnická protierozní opatření, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i., Praha, 2003, 48 s., ISSN 1211-3972.*
Janeček, M. a kol.: Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i., Praha, 2007, 76 s., ISBN 978-80-254-0973-2.

Způsobená vodou z tajícího sněhu

Erozní potenciál sněhové pokrývky

Podle Zachara (1981) lze erozní potenciál sněhu stanovit na základě množství vody vzniklé táním sněhu *h* v cm a rychlosti tání sněhu *m* v mm.den^{-1}. Eroze způsobená táním sněhu tak úzce souvisí s množstvím a maximální rychlostí odtékající vody, která může být případně zesílena srážkami, vyskytujícími se souběžně s táním sněhu. Na celkové velikosti ztráty půdy v důsledku tání sněhu se pak podílejí i další činitelé: vlhkost půdy, která ovlivňuje velikost infiltrace, stav promrznutí půdy, topografie území, ochranný vliv vegetace, erodovatelnost půdy a realizovaná protierozní opatření.
K vyhodnocení byla použita klimatologická data z databáze ČHMÚ Brno, konkrétně údaje o celkové výšce sněhové pokrývky (SCE) a vodní hodnotě sněhu (SVH). Jako vodní hodnotu sněhu označujeme množství vody obsažené ve sněhové pokrývce, které vznikne jejím úplným rozpuštěním, udává se v milimetrech vodního sloupce. Z údajů o výšce sněhu SCE a jeho vodní hodnotě SVH lze určit množství vody vzniklé táním sněhu (h) a rychlost tohoto tání (m).

Pro rajonizaci erozního potenciálu sněhové pokrývky v zájmové oblasti bylo zvoleno 22 stanic ČHMÚ s ohledem na jejich rovnoměrné zastoupení v různých nadmořských výškách a odlišných klimatických podmínkách, vyjádřených prostřednictvím klimatického regionu z bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) a s ohledem na kvalitu vstupních klimatologických dat a ucelenost databáze.

Větrná eroze

Potenciální ohrožení orné půdy větrnou erozí

Stanovení potenciální ohroženosti orné půdy větrnou erozí vychází z pedologické databáze BPEJ. Byly využity údaje o klimatických regionech (KR) charakterizované prvním číslem kódu BPEJ a údaje o hlavních půdních jednotkách (HPJ) - druhé a třetí místo kódu BPEJ, tedy faktory, které přímo ovlivňují větrnou erozi. KR je charakterizován sumou denních teplot nad 10 °C, průměrnými ročními teplotami a ročním úhrnem srážek, průměrnou vláhovou jistotou za vegetační období, pravděpodobností výskytu suchých vegetačních období. Hlavní půdní jednotka je určena zejména genetickým půdním typem, půdotvorným substrátem, zrnitostí, skeletovitostí a stupněm hyd-

romorfismu. Vyhodnocením těchto dvou faktorů, charakterizovanými kódy BPEJ byla vyjádřena potenciální ohroženost půd větrnou erozí v jednotlivých katastrech.
KR a HPJ byly odstupňovány podle náchylnosti k větrné erozi a byl jim přiřazen faktor náchylnosti, kde nejnižší číslo znamená nejnižší náchylnost k větrné erozi. U klimatických regionů bylo počítáno pouze s prvními pěti (číslo kódu 0 - 4), tedy velmi teplý, suchý až mírně teplý, suchý (ostatní byly posuzovány jako nenáchylné). Výsledné hodnocení potenciální erozní ohroženosti je vyjádřeno váženým průměrem součinu jednotlivých faktorů a plošného zastoupení jednotlivých kódů BPEJ pro **půdní bloky orné půdy (databáze LPIS)** a vyjádřeno v šesti kategoriích ohroženosti (Tab. 3).

Tab. 3 Kategorie ohrožení větrnou erozí

Kategorie	Koeficient ohrožení	Stupeň ohrožení
1	<= 4	bez ohrožení
2	4,1 - 7,0	půdy náchylné
3	7,1 - 11,0	půdy mírně ohrožené
4	11,1 - 17,0	půdy ohrožené
5	17,1 - 23,0	půdy silně ohrožené
6	>23,0	půdy nejohroženější

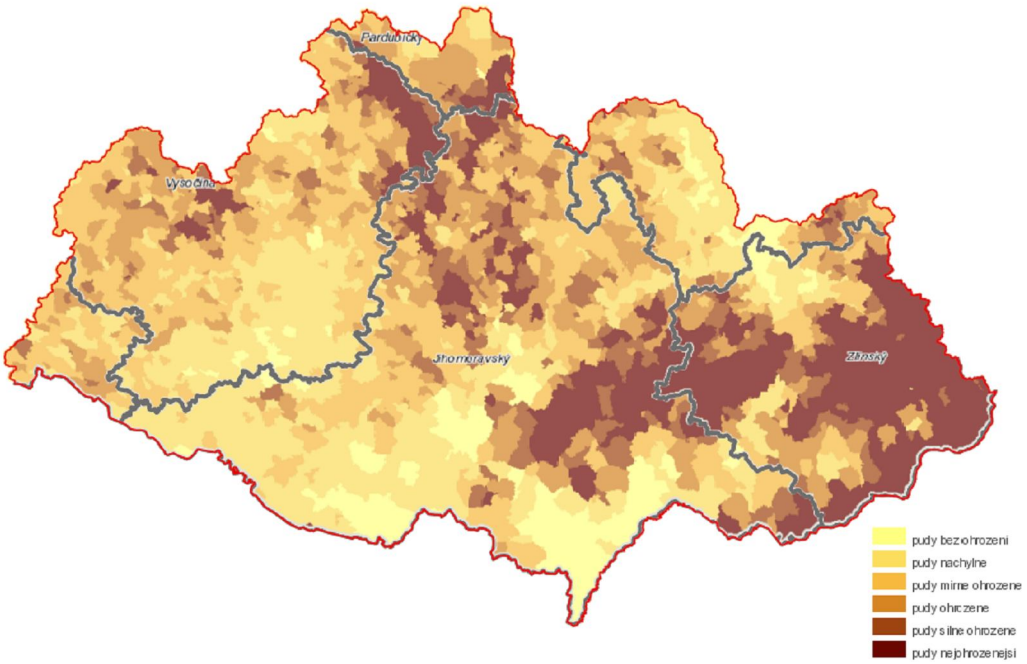
Výsledky a diskuse

Na základě výše popsaných postupů byly v prostředí GIS zpracovány mapové výstupy jednotlivých charakteristik eroze půdy:
Vodní eroze způsobená přívalovými srážkami:
Potenciální ohroženost katastrů vodní erozí (Obr. 2)
Dlouhodobý průměrný smyv půdy (G) na produkčních blocích ČR (Obr. 3)
Maximální přípustná hodnota C faktoru (Obr. 4)
Vodní eroze způsobená vodou z tajícího sněhu:
Erozní potenciál sněhové pokrývky (Obr. 5)
Větrná eroze:
Potenciální ohrožení orné půdy větrnou erozí (Obr. 6)

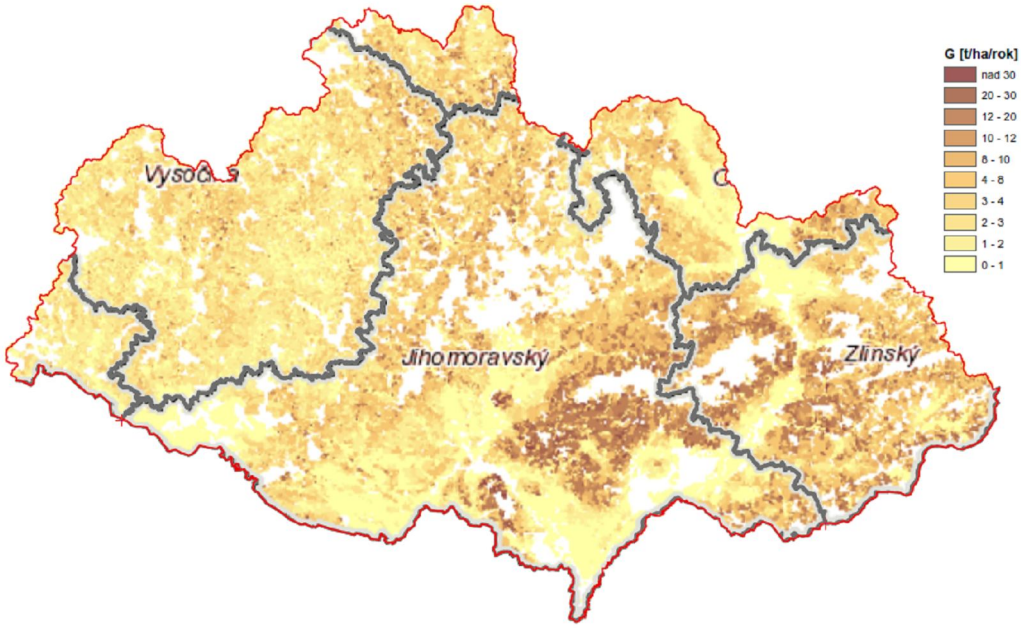
Závěr

Potenciální ohrožení katastrů vodní bylo stanoveno na základě půdních vlastností a sklonitosti území. Po vyjádření skutečné ztrátu půdy erozí způsobené přívalovými srážkami bylo nutné vzít v úvahu i další faktory ovlivňující velikost ztráty půdy. Hodnota faktoru erozní účinnosti přívalového deště byla dosazena 20 $MJ.ha^{-1}.cm.h^{-1}$ (průměrná roční hodnota pro ČR, určená na základě dlouhodobé řady pozorování). Poslední výzkumy naznačují, že tato hodnota skutečnou velikost R faktoru podceňuje a je nutný její přepočet a aktualizace.
Úpravou rovnice pro výpočet dlouhodobého průměrného smyvu půdy lze dosazením maximální přípustné hodnoty ztráty půdy určené na základě hloubky půdy zjistit maximální přípustnou hodnotu C faktoru. Tuto hodnot u lze využít ke kompenzaci zvýšeného faktoru ochranného vlivu vegetace než je jeho maximální přípustná hodnota na daném pozemku protierozními opatřeními.
Potenciální ohrožení orné půdy větrnou erozí je dáno výhradně půdními vlastnostmi a začleněním daného území do klimatického regionu velmi teplý; teplý, suchý, teplý mírně suchý; teplý, mírně vlhký a mírně teplý, suchý. Při tvorbě mapy potenciálního ohrožení půdy větrnou erozí se vychází z předpokladu, že k větrné erozi jsou náchylné pouze půdy lehké.

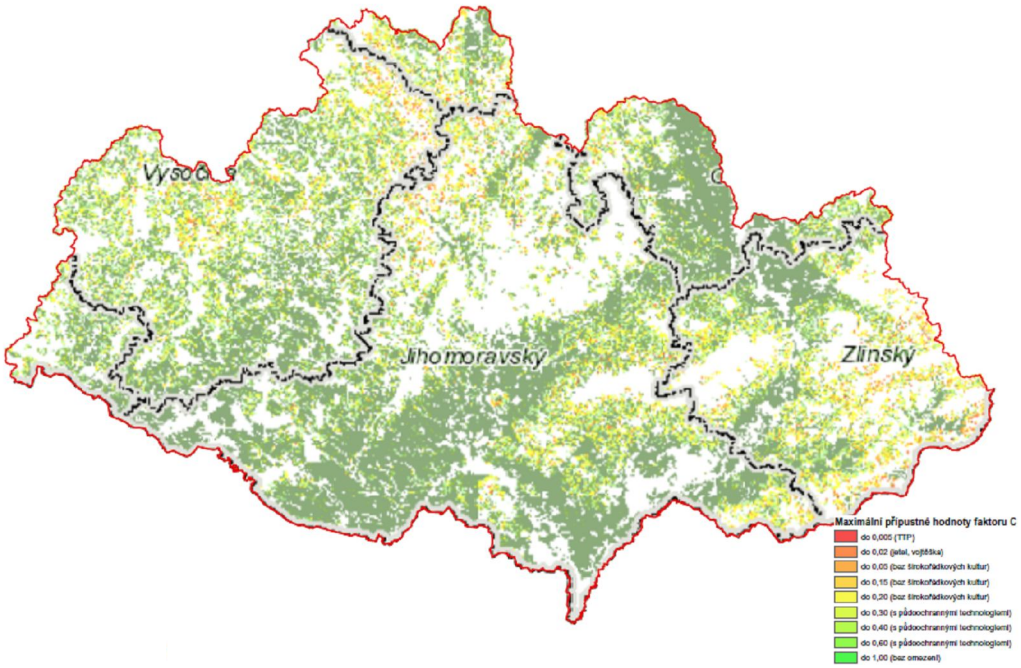
Obr. 1 Mapa hodnoceného území



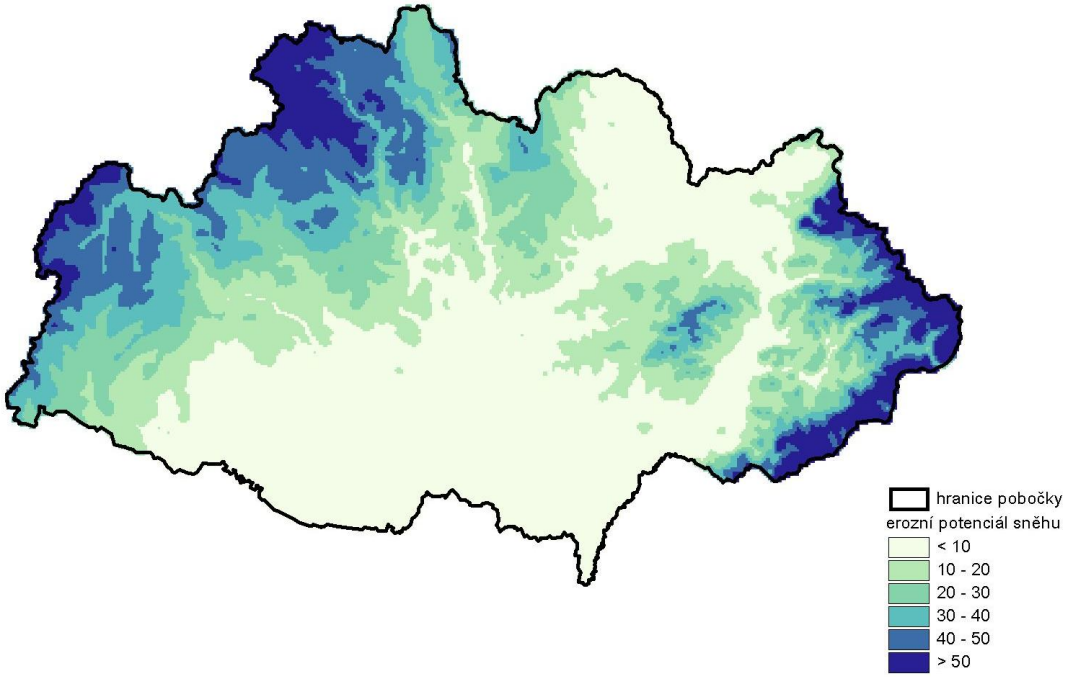
Obr. 2 Potenciální ohroženost katastrů vodní erozí



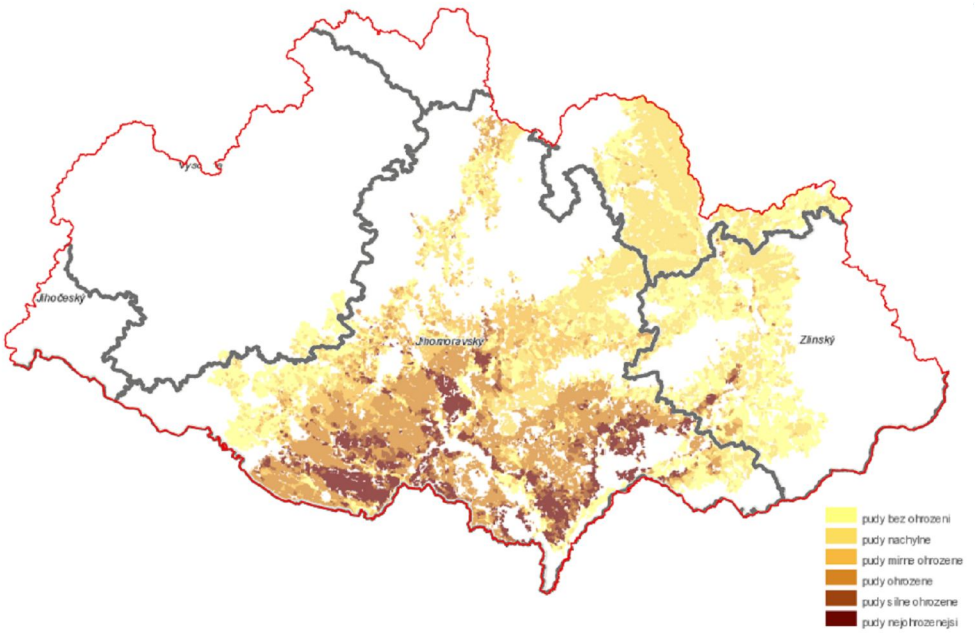
Obr. 3 Dlouhodobý průměrný smyv půdy (G) na produkčních blocích ČR



Obr. 4 Maximální přípustná hodnota C faktoru



Obr. 5 Mapa erozního potenciálu vody akumulované ve sněhové pokrývce pro oblast působnosti brněnské pobočky ČHMÚ



Obr. 6 Potenciální ohrožení orné půdy větrnou erozí

K oblastem nejvíce ohroženým větrnou erozí však patří i jihovýchodní Morava. Tato skutečnost představuje jistou anomálii, protože v této oblasti se vyskytují převážně těžké půdy, které zpravidla nebývají náchylné k větrné erozi. Za určitých povětrnostních podmínek a při nevhodném způsobu hospodaření však větrná eroze působí značné škody i na půdách těžkých. Na půdách s hlavní půdní jednotkou (HPJ) 06 (černozemě pelické a černozemě těžké až velmi těžké s vylehčeným orničním horizontem, s tendencí povrchového převlhčení v profilu); 07 (smonice modální a smonice modální karbonátové, černozemě pelické a

černozemě černické pelické, vždy na velmi těžkých substrátech, celoprofilově velmi těžké, bezskeletovité, často povrchově periodicky převlhčované) a 20 (pelozemě modální, vyluhované a melanické, regozemě pelické, kambizemě pelické i pararendziny pelické, vždy na velmi těžkých substrátech, jílech, slínech, flyši, tercierních sedimentech a podobně, půdy s malou vodopropustností) dochází především v zimním období vlivem střídavého zamrzání a rozmrzání povrchu půdy k výraznému rozpadu půdní struktury a půdy, které by zrnitostně v jiných oblastech patřily mezi neohrožené, jsou silně ohrožovány větrnou erozí. Tento nárůst erodibility substrátu vlivem zimních podmínek zjištěných v rámci polních experimentů nebo simulovaných laboratorních experimentů uvádí celá řada autorů (ANDERSON a BISAL, 1969; LARNEY, et al., 1994; CHEPIL, 1954, etc.).

Na základě množství vody vzniklé táním sněhu a rychlosti tání sněhu lze stanovit erozní potenciál vody akumulované ve sněhové pokrývce. Jeho velikost koresponduje s nadmořskou výškou i s klimatickým regionem hodnocených lokalit. Zjištěná těsnost vztahu, vyjádřená korelačním koeficientem, činí 0,794, respektive 0,844.

Poděkování

Výsledky této práce jsou součástí řešení projektu MŠMT ČR č. 2B06101 s názvem „Optimalizace zemědělské a říční krajiny v ČR s důrazem na rozvoj biodiverzity“.

Literatura

Demidov, V. et al., 1995: Seasonal freezing and soil erosion during snowmelt. Eurasian Soil Science 28, 10: 78–87. ISSN 1064-2293.

Dostál, T., Krása, J., Váška, J., Vrána, K.: Mapa erozního ohrožení půd a transportu sedimentu v České republice. In: Vodní hospodářství. 2002, roč. 52, č. 2, s. 46-48. ISSN 1211-0760.

Edwards, L. et al., 1998. Measurement of rill erosion by snowmelt on potato fields under rotation in Prince Edward Island (Canada). Canadian Journal of Soil Science, 78, 3: 449–458. ISSN 0008-4271.

Janeček, M. et al. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: VÚMOP, v.v.i, 2007. 76 s. ISBN 978-80-254-0973-2.

Kadlec, M., Toman, F.: Závislost faktoru protierozní účinnosti vegetačního pokryvu C na klimatickém regionu, In: Bioklima - Prostředí - Hospodářství, 2002, s. 544 – 550, ISBN 80-85813-99-8.

Kliment, z., langhammer, j., kadlec, j., 2007: Suspended sediment load and soil erosion processes in mesoscale catchment areas. In: Geomorphological Variations. 1. vyd. Praha: P3K, 2007. s. 221–252. ISBN 978-80-903584-6-1.

Lundekvam, H., 2002: ERONOR/USLENO-Empirical erosion models for Norwegian conditions. Agr. Univ. Norway. Report N. 6/2002. 40 p. ISBN 82-483-0022-6.

McCool, D. K., 2002: Erosion, snowmelt. In: LAL, R. (ed.) Encyclopedia of Soil Science. 1. vyd. USA: CRC Press, 1450 p. ISBN 978-0-8493-3830-4.

Oygarden, L., 2003: Rill and gully development during an extreme winter runoff event in south-eastern Norway. Catena, 50, 2–4: 217–242. ISSN 0341-8162.

Pasák, V. a kol., 1984: Ochrana půdy před erozí. SZN Praha. 164 s.

Zachar, D.

Zimová, E. Koncepce ochrany přírody Jihomoravského kraje: 3. Stav lesních ekosystémů. Brno, 2004, 45 s.