

VLIV KLIMATICKÝCH PODMÍNEK NA INTENZITU A ROZŠÍŘENÍ VĚTRNÉ EROZE INFLUENCE OF CLIMATE CONDITIONS ON THE INTENSITY AND SPREADING OF WIND EROSION

Dufková Jana, Pokladníková Hana

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

Abstract: The influence of climate conditions on the intensity and spreading of wind erosion was considered in the area of South Moravia. For this purpose, 16 meteorological stations were selected on the basis of accessibility of required data, their adequate representativeness, homogeneity, and situation of the stations. It was necessary to make the database of climatological factors (such as wind velocity, precipitation and air temperature) in the period between 1961 and 2003 for the analyses of climatological data. The climatological data was then evaluated for the periods of 1961–2003, 1961–1990, 1991–2000, and 1971–2000. Climatic erosion factor, which explains potential erodibility of soil by wind, was determined through the analyses of factors influencing the wind erosion. The assessment of influence of expected climate change on the intensity and spreading of wind erosion consists in the selection of suitable climatological model and climate change scenarios on the basis of ability to model the three climatological factors (wind velocity, precipitation and air temperature). Climate change scenarios were then applied on the data of the selected climatological stations and the assessment of changes in data sets and the comparative analysis of the outputs of the scenarios with measured data from the normal period of 1961–1990 were done. The climatic erosion factor was also determined from the altered data of the scenarios.

Key words: wind erosion, climatic erosion factor, climate change, climate change scenario

Úvod

Erozi lze charakterizovat jako přírodní proces, při kterém působením vody, větru, ledu, příp. jiných činitelů dochází k rozrušování povrchu půdy a transportu půdních částic. Eroze je proces reliéfový starší než pohoří tvořená sedimentárními horninami. Záznamy o degradaci půdy erozí jsou staré více než 7 000 let. Poznání, že člověkem zrychlená eroze jej může ohrozit, je však relativně nové a věda o protierozní ochraně byla ještě před začátkem dvacátého století téměř neznámá.

Problém eroze zemědělsky využívaných půd vyžaduje patřičnou pozornost, protože se stal problémem celosvětovým. Každým rokem se na Zemi v důsledku eroze ztratí tisíce km² zemědělské půdy. V poslední době se na prohlubování problémů erozní ohroženosti půd výrazně podílí také globální změny klimatu, které ovlivňují celkový způsob využívání půdy a krajiny.

Půda jako jedna ze základních složek nutných pro vznik života na Zemi je omezeným a nenahraditelným přírodním zdrojem. Postupující degradace půdy a její ztráta se stává v mnoha částech světa omezujícím činitelem dalšího rozvoje lidské společnosti. Člověk je na půdě existenčně závislý a pokud by půda přestala existovat, přestane existovat i biosféra s ničivými následky pro něho samotného.

Materiál a metody

Na vznik větrné eroze mají vliv dva základní faktory:

- faktory meteorologické – rychlost větru, doba jeho trvání a četnost výskytu,
- faktory půdní – struktura půdy a vlhkost půdy.

Vlhkost půdy je určena množstvím a rozdělením ovzdušných srážek a ovlivněna teplotou, vlhkostí ovzduší a větrem, jež určují evapotranspiraci a tím i úbytek půdní vlhkosti. Větrná eroze je tedy ve výsledku závislá na třech hlavních klimatických prvcích – větru, ovzdušných srážkách a teplotě vzduchu. Vliv klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze nejlépe vystihuje rovnice zahrnující v sobě všechny tři uvedené klimatické prvky. Tuto rovnici nazval Chépil et al. (1962) erozně klimatický faktor C. Erozně klimatický faktor tak vyjadřuje vliv průměrné vlhkosti půdního povrchu a průměrné rychlosti větru na průměrnou erodovatelnost půdy větrem.

Změny erozně klimatického faktoru ovlivněné variabilitou meteorologických prvků, z kterých vychází a podmíněných změnou klimatu, byly sledovány na datech pocházejících z několika meteorologických stanic.

Charakteristika meteorologických stanic

Pro stanovení vlivu klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze bylo použito dat z 16 vybraných meteorologických stanic jižní Moravy. Meteorologické stanice byly vybrány na základě dostupnosti požadovaných dat, jejich dostatečné reprezentativnosti, homogenity a v neposlední řadě i polohy.

Pro hodnocení vlivu klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze bylo potřeba údajů týkajících se rychlosti větru (průměrná rychlost větru v m.s^{-1} ve 14 hod za vegetační období a průměrná rychlost větru v m.s^{-1} za rok), množství srážek (měsíční úhrny v mm) a teploty vzduchu (průměrná teplota vzduchu ve $^{\circ}\text{C}$ za vegetační období), vše za období 1961–2003.

Meteorologické prvky ovlivňující erozi půdy

Vítr (rychlost, směr, četnost a doba trvání) je nejdůležitější klimatický faktor pro rozvoj procesů větrné eroze. Působí na povrch půdy svou kinetickou energií, kterou uvolňuje a uvádí do pohybu a jinde opět ukládá jednotlivé částice půdy vlivem síly vzdušného proudu.

Množství a zejména rovnoměrné rozdělení atmosférických srážek má příznivý nepřímý efekt na snížení velikosti větrné eroze zajištěním vláhy pro dobrý stav vegetačního krytu a udržení půdní vlhkosti.

Teplota vzduchu je společně se srážkami hlavním faktorem určujícím klimatický ráz oblasti. Teploty i její časový průběh mají přímý vliv na vlhkost vzduchu, na výpar z půdy i transpiraci vegetace. Teplota ovzduší tak ovlivňuje jednak vlhkost půdy, jednak kvalitu a vývojové fáze pěstovaných plodin. V kombinaci se srážkami pak ovlivňuje erodovatelnost půdy větrem.

Erozně klimatický faktor C

Erozně klimatický faktor C závisí jednak na rychlosti větru, jednak na efektivní vlhkosti povrchu půdy. Chepil et al. (1962) uvádí vztah pro erozně klimatický faktor rovnicí (1):

$$C = \frac{100 \times v^3}{1,9 \times (I_T + 60)^2}, \quad (1)$$

kde C = erozně klimatický faktor (%), v = průměrná roční rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem půdy (míle.hod⁻¹) a I_T = Thornthwaitův index vlhkosti.

Erozně klimatický faktor C určený z rovnice (1) udává hodnotu ztráty půdy, která může nastat v dané oblasti jako procentuální podíl ze ztráty půdy v Garden City, za předpokladu, že ostatní faktory pro obě srovnávané oblasti jsou shodné (Pašák et Janeček, 1971a).

Ve vztahu pro erozně klimatický faktor C je možné nahradit hodnotu Thornthwaitova indexu vlhkosti I_T hodnotou Končekova indexu zavlažení I_Z (2):

$$I_Z = \frac{R}{2} + \Delta r - 10t - (30 + v^2), \quad (2)$$

kde R = úhrn srážek za vegetační období (IV–IX) (mm), Δr = kladná odchylka množství srážek třech měsíců v zimním období (XII–II) od hodnoty 105 mm (mm) (záporné hodnoty se neuvažují), t = průměrná teplota za vegetační období (°C), v = průměrná rychlost větru ve 14 hod za vegetační období (m.s⁻¹).

Mapy zpracované pro index zavlažení na základě uvedeného vzorce pro celé vegetační období, dávají úplně shodný obraz s Thornthwaitovým indexem vlhka. Přitom Končekova stupnice je 3krát citlivější než stupnice Thornthwaitova (Konček, 1955).

Rovnice (1) pro stanovení erozně klimatického faktoru v našich podmínkách byla upravena na následující tvar (3):

$$C = \frac{5620,23 \times v^3}{(I_Z + 183,59)^2}, \quad (3)$$

kde v = průměrná roční rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem půdy (m.s⁻¹) a I_Z = Končekův index zavlažení.

Za hraniční hodnoty erozně klimatického faktoru byly zvoleny hodnoty C = 20 a 40 a izočáry těchto hodnot byly zakresleny do mapy České republiky. Oblasti, kde je erozně klimatický index nižší než 20, je možné považovat za nenáchylné k erozi větrem (může k ní v těchto oblastech docházet, ale nikoli z příčin klimatických). Oblasti vymezené již zmíněnými izočarami C = 20 a 40 je možné považovat za náchylné k erozi větrem a oblasti s C > 40 za náchylnější až ohrožené (Pašák et Janeček, 1971b).

Různé druhy půd jsou i různě náchylné k větrné erozi. Největší erodovatelnost půdy větrem je u půd lehkých s obsahem jílovitých částic 0 až 20 %. Půdy s vyšším obsahem jílovitých částic jsou ohrožovány větrem již méně (Pašák et Janeček, 1971b). Proto podle závislosti erodovatelnosti půdy na procentickém obsahu částic půdy < 0,01 mm odvozené Pašákem (1966), byly oblasti ohrožené větrnou erozí v České republice rozděleny do šesti stupňů (Janeček, 1997). K vymezení oblastí byla použita mapa

půdních druhů. Dělicí hranicí bylo zvoleno kritérium mezi lehkými a středními půdami, tj. 20% obsah jílovitých částic (Pasák, 1970).

Modelování klimatu

Modifikace klimatických dat ovlivňujících větrnou erozi, tzn. rychlosti větru, množství srážek a teploty vzduchu, byla provedena pomocí dvou modelů – ECHAM4 a HadCM2 (Kalvová et al., 2002) s různou klimatickou citlivostí a s různými scénáři emisí. Celkem tedy byly použity čtyři scénáře změny klimatu – čtyři varianty budoucího vývoje klimatu do roku 2050. Jako referenční období bylo vzato normálové období 1961–1990.

Navržené scénáře změny klimatu byly aplikovány na staniční data 16 vybraných meteorologických stanic a výsledky porovnány s měsíčními průměry za standardní klimatologické období 1961–1990. Získané výsledky byly analyzovány s ohledem na rozdíly mezi naměřenými údaji a jednotlivými scénáři pro hodnocené klimatologické prvky za uvedené období.

Následně byl vypočten erozně klimatický faktor, a to jak z dat klimatu současného, tak i z dat klimatu pozměněného (klimatickými scénáři).

Výsledky a diskuse

Maximální rychlosti větru na většině míst jsou pozorovány koncem zimy a začátkem jara, tedy v období, kdy orná půda není chráněna vegetací. Nejvyšší rychlosti větru byly na vybraných klimatologických stanicích jižní Moravy zaznamenány v normálovém období 1961 až 1990, naopak nejnižší v posledním desetiletí 1991 až 2000. Trend rychlosti větru nelze na území ČR jako celku prokázat, přesto v časových řadách rychlostí větru většiny stanic ve všech sledovaných obdobích (1961–2003, 1961–1990, 1991–2000 a 1971–2000) lze najít statisticky významné trendy, hlavně záporné (rychlost větru klesala). Použité klimatické scénáře předpokládají největší odchylky průměrné denní rychlosti větru v chladné části roku, kdy však k negativním účinkům větrné eroze kvůli zamrznuté půdě nedochází (Středánský, 1981), a potom v létě, kdy je půda většinou kryta vegetací. V ostatních měsících roku je předpokládaná změna nevýrazná. V celkovém hodnocení lze do budoucna očekávat, že rychlost větru se nezmění a pokud i ostatní faktory ovlivňující větrnou erozi zůstanou na stejné úrovni, neměla by se zvýšit náchylnost půdy k větrné erozi.

Atmosférické srážky u většiny z posuzovaných stanic zaznamenávají za celkové sledované období 1961 až 2003 klesající trend. Hodnotíme-li však pouze normálové období 1971 až 2000 či poslední dekádu (1991–2000), trend průměrných ročních úhrnů srážek u všech sledovaných stanic roste. Podle scénářů klimatické změny roční úhrny srážek nepatrně klesnou nebo zůstanou na stejné úrovni jako v současnosti. Výrazné však jsou, ať již pozorované či scénářem predikované změny v ročním chodu srážek. A právě tyto změny by mohly mít zásadní negativní vliv na ohroženost půdy větrnou erozí, především v jarním období.

Teplota vzduchu jako jediný klimatický faktor ze třech analyzovaných dává jasnou představu o svém vývoji do budoucna. Všechny klimatické scénáře udávají ve všech měsících roku zvýšení průměrné teploty

vzduchu. Toto zvýšení potvrzuje i rostoucí lineární trend průměrných měsíčních teplot vzduchu za sledované období 1961 až 2003 u všech analyzovaných klimatologických stanic. Teplota vzduchu ovlivňuje evapotranspiraci a tím i vlhkost půdy. Obecně lze konstatovat, že čím nižší je vlhkost půdy, tím větší je její náchylnost k větrné erozi. Je tedy zřejmé, že dopad očekávané klimatické změny se projeví na výrazném rozšíření půd ohrožených větrnou erozí. Gao et al. (2002), který vyvinul empirický model pro simulaci ztráty půdy větrnou a vodní erozí, uvádí ve své práci, že zvýšení teploty vzduchu o 1 °C zvýší větrnou erozi v průměru o 31 t.km⁻².rok⁻¹, ale zároveň sníží odnos půdy vodou v průměru o 5 t.km⁻².rok⁻¹.

Hodnoty erozně klimatického faktoru během sledovaného období 1961 až 2003 rostou, což teoreticky znamená zvýšení potenciální ohroženosti půdy větrnou erozí. Rostoucí trend je nejvíce patrný u stanic v teplých, suchých oblastech. Také scénáře klimatické změny predikují zvýšení hodnot erozně klimatického faktoru.

Klimatické podmínky mají zásadní vliv na intenzitu a rozšíření větrné eroze zvláště v suchých oblastech jižní Moravy. Negativní dopady klimatické změny se tak projeví nejdříve v této lokalitě. Proto alespoň z počátku budou oblasti vlhčí, s vyšší nadmořskou výškou ušetřeny nežádoucím účinkům oteplování. Do budoucna se však musí počítat s tím, že dojde k ohrožení půd větrnou erozí i v územích, kde by se její výskyt původně nepředpokládal, nebo alespoň ne v takové míře. Kromě klimatických podmínek je větrná eroze závislá také na druhu půdy. A jestliže již nelze ovlivnit vývoj klimatu, který zapříčinil sám člověk, pak by se měl pokusit o nápravu alespoň v tom smyslu, že zamezí další degradaci půdy a změně jejího strukturního stavu.

Vlivem možné klimatické změny se výměra půdy ohrožené erozí zvýší odhadem nejméně o 10 %, tzn., že přírůstek výměry půd ohrožených větrnou erozí bude představovat minimálně 100 000 ha. Celkově se tedy bude muset počítat s vyšší výměrou ohrožené půdy pro uplatnění protierozních opatření. Při současné úrovni našich znalostí lze jen velmi obtížně odhadnout, jaké problémy by případná změna klimatu v ochraně půdy před erozí vyvolala. Adaptační opatření v ochraně půd proti větrné erozi uvádí Brázdil et Rožnovský (1995).

Řada faktorů omezuje v současné době naše schopnosti projektovat a detekovat budoucí změnu klimatu. Je velmi obtížné předpovědět budoucí neočekávané, rozsáhlé a rychlé změny klimatického systému obdobné těm, k nimž docházelo v minulosti. Z toho vyplývá, že budoucí změny klimatu mohou přinést i nepředvídatelná překvapení.

Souhrn

Vliv klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze byl posuzován na území jižní Moravy. K tomuto účelu bylo vybráno 16 klimatologických stanic a to na základě dostupnosti požadovaných dat, jejich dostatečné reprezentativnosti, homogenity a polohy stanice. K analýzám klimatických údajů bylo potřeba vytvořit databázi klimatických prvků (rychlost větru, atmosférické srážky a teplota vzduchu) za období 1961 až 2003. Klimatické údaje byly následně vyhodnoceny, a to zvláště pro období 1961–2003, 1961–1990, 1991–2000 a 1971–2000. Po analýzách faktorů ovlivňujících intenzitu a

rozšíření větrné eroze, byl stanoven erozně klimatický faktor, který vyjadřuje potenciální ohroženost půdy větrem. Posouzení vlivu očekávané klimatické změny na větrnou erozi započalo výběrem vhodných klimatických modelů a scénářů klimatické změny na základě schopnosti modelovat všechny tři klimatické prvky (rychlost větru, atmosférické srážky a teplotu vzduchu), pokračovalo aplikací scénářů klimatické změny na staniční data vybraných klimatologických stanic a bylo dovršeno posouzením změn datových souborů po použití scénářů klimatické změny a srovnávací analýzou výstupů ze scénářů s naměřenými údaji pro normálové období 1961–1990. Navíc byl stanoven erozně klimatický faktor z dat pozměněných scénářů klimatické změny.

Klíčová slova

větrná eroze, erozně klimatický faktor, klimatická změna, scénář klimatické změny

Literatura

- BRÁZDIL, R. – ROŽNOVSKÝ, J., 1995. Dopady možné změny klimatu na zemědělství v České republice. *Národní klimatický program ČR*, sv. 18, 140 s. ISBN 80-85813-91-2, ISSN 1210-7565.
- GAO, Q. – CI, L. – YU, M., 2002. Modeling wind and water erosion in northern China under climate and land use changes. *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 57, No. 1, p. 46–55.
- CHEPIL, W. S. – SIDDOWAY, F. H. – ARMBRUST, D. V., 1962. Climatic factor for estimating wind erodibility of farm fields. *Journal of Soil and Water Conservation*, No. 1, p. 162–165.
- JANEČEK, M., 1997. Potenciální ohroženost půd České republiky vodní a větrnou erozí. *Vědecké práce VÚMOP Praha*, č. 9, s. 53–64. ISSN 1210-1672.
- KALVOVÁ, J. – KAŠPÁREK, L. – JANOUŠ, D. – ŽALUD, Z. – KAZMAROVÁ, H., 2002. Scénáře změny klimatu na území České republiky a odhady dopadů klimatické změny na hydrologický režim, sektor zemědělství, sektor lesního hospodářství a na lidské zdraví v ČR. *Národní klimatický program ČR*, sv. 32, 151 s. ISBN 80-85813-91-2, ISSN 1210-7565.
- KONČEK, M., 1955. Index zavlaženia. *Meteorologické zprávy*, roč. 8, č. 4, s. 96–99.
- PASÁK, V., 1966. Struktura půdy a větrná eroze. *Vědecké práce VÚMOP Praha*, s. 73–82.
- PASÁK, V., 1970. Wind Erosion on Soils (Větrná eroze půdy). *Scientific Monographs*, č. 3, 187 s.
- PASÁK, V. – JANEČEK, M., 1971a. Použití klimatického faktoru pro hodnocení větrné eroze v ČSSR. *Meliorace*, roč. 44, č. 7, s. 113–118.
- PASÁK, V. – JANEČEK, M., 1971b. Vliv klimatu na rozšíření větrné eroze v ČSSR. *Meteorologické zprávy*, roč. 24, č. 3–4, s. 67–69.
- STREĎANSKÝ, J., 1981. Vyhodnotenie veterných pomerov pre prípad výpočtu intenzity veternej erózie. *Meteorologické zprávy*, roč. 34, č. 4–5, s. 154–155.

Kontaktní adresa

Ing. Jana Dufková

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně (MZLU v Brně), Ústav krajinné ekologie
Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika
tel. 545 136 071, janadufkova@email.cz

Poděkování

Výsledky této práce jsou součástí výzkumného záměru MSM 432100001, který řeší Agronomická fakulta MZLU v Brně. V práci jsou částečně shrnuty i výsledky z řešení projektů, NAZV č. QF3100 a NAZV č. 1R44027.