

## Vyhodnocení potenciálního ohrožení půd jižní Moravy větrnou erozí

Evaluation of potential risk of wind erosion in South Moravia

*Bronislava Mužíková, Hana Středová*

*Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie,  
Zemědělská 1, Brno 61300*

### **Abstrakt**

Potenciální erodovatelnost je závislá především na pedologických a klimatických poměrech území. Zájmové lokality (Lednice, Žarošice) reprezentují oblasti jižní Moravy potenciálně ohrožené větrnou erozí. Současné klimatické poměry byly vyhodnoceny na základě dat za období 1961–1990. Simulace budoucího klimatu proběhla do roku 2070. Vyhodnoceny byly klimadiagramy, vláhová bilance travního porostu a klimatické regiony. Do budoucna bylo zjištěno zvýšení rizika sucha v dubnu a na přelomu léta a podzimu. Scénářová data potvrzují obavy z nárůstu sucha, nárůstu teploty vzduchu i změny v ročním chodu a množství srážek. Výrazně záporná vláhová bilance na jihu Moravy se očekává jak ve vegetačním období, tak i v rámci celoročního hodnocení. Výsledky práce potvrzují zvyšování aridity jihomoravského regionu. Mělo by se tedy počítat s nárůstem výměry půdy ohrožené větrnou erozí.

**Klíčová slova:** změna klimatu, větrná eroze, vláhová bilance, klimatický region

### **Abstract**

Potential erodibility is mainly dependent on pedological and climatic conditions of the area. Areas of interest (Lednice, Žarošice) represent areas of southern Moravia potentially vulnerable to wind erosion. Current weather conditions were evaluated based on data for the period 1961-1990. Simulations of future climate were done until the year 2070. Climadiagrams, moisture balance of grassland and climatic regions were evaluated. In the future an increased risk of drought in April and at the turn of summer and autumn was found. The scenario data confirm the fears of increased drought, increased air temperatures and changes in the annual course and amount of precipitation. Significantly negative water balance in South Moravia is expected both in the growing season and in the yearlong evaluation. The results of the paper confirm the increasing aridity in South Moravian region. An increase of area affected by wind erosion should therefore be considered.

**Keywords:** climate change, wind erosion, water balance, climate region

## Úvod

Stanovit ohroženost území větrnou erozí je složitější než u eroze vodní. Ačkoli existuje několik výpočtů, ty zpravidla vycházejí jen z dílčích činitelů podílejících se na vzniku větrné eroze (Janeček 2008). Větrná eroze souvisí s vlhkostí půdy a tedy i s výskytem sucha.

Suchost podnebí - aridita, v pojetí klimatologie vyjadřuje výrazně převažující výpar nad množstvím spadlých srážek (Sobišek a kol. 1993). Za hrubou hranici sucha považujeme roční úhrny srážek 550 mm. Nedostatek půdní vláhy se projeví, pokud srážkový úhrn nepřekročí 340 mm ve vegetačním období a nedosáhne 50 mm v jednotlivých měsících (Rožnovský a kol. 2009). Ze zemědělského pohledu se při posouzení suchosti prostředí vychází často ze vztahu mezi evapotranspirací a úhrnem srážek (Litschmann a Rožnovský 1995). Vhodným ukazatelem je např. vláhová bilance, která v širším slova smyslu vyjadřuje vláhové poměry v krajině. Obecně se vláhovou bilancí rozumí vzájemný rozdíl mezi atmosférickými srážkami jako základní příjmovou složkou oběhu vody v krajině a celkovým výparem, který je spolu s odtokem základní výdejovou složkou bilance oběhu vody v přírodě (Henning 1977).

Pasák a Janeček (1971) použili erozně klimatický faktor k vymezení oblastí ohrožených větrnou erozí a vymezili na území Československa 5 stupňů náchylnosti k větrné erozi. Na to navázal Janeček (1997), který na základě erozně klimatického faktoru vymezil 6 kategorií ohroženosti na území ČR. Různé druhy půd jsou však různě náchylné k větrné erozi. Zmíněných 6 stupňů ohroženosti území ČR bylo rozděleno také podle závislosti erodovatelnosti půdy na procentickém obsahu částic půdy < 0,01 mm odvozené Pasákem (1966). 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).

Šest stupňů ohroženosti nalézáme i v metodice stanovení potenciální ohroženosti území větrnou erozí (Podhrázká 2008). Výchozími podklady byly bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ), z nichž byly využity údaje o klimatickém regionu (tj. 1. číslo kódu) a hlavních půdních jednotkách (2. a 3. místo kódu).

Klimatický region (KR) je charakterizován sumou denních teplot nad 10 °C, průměrnými ročními teplotami a ročním úhrnem srážek, průměrnou vláhovou jistotou za vegetační období a pravděpodobností výskytu suchých vegetačních období (tab.1). Každý KR zahrnuje oblasti s podobnými agroklimatickými podmínkami důležitými pro vývoj plodin. Rozpětí jednotlivých charakteristik bylo stanoveno na základě dat z období 1901–1950. Více o jednotlivých charakteristikách je uvedeno v práci Mašáta a kol. (2002). Hlavní půdní jednotka je určena

zejména genetickým půdním typem, půdotvorným substrátem, zrnitostí, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu.

Tab. 1 Charakteristiky klimatických regionů

| Kód regionu | Symbol regionu | Charakteristika regionu      | Suma teplot nad 10°C | Průměrná roční teplota (°C) | Průměrný roční úhrn srážek v mm | Pravděpodobnost suchých vegetačních období v % | Vláhová jistota ve vegetačním období |
|-------------|----------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------------|
| 0           | VT             | velmi teplý, suchý           | 2800-3100            | 9-10                        | 500-600                         | 30-50  | 0-3                                  |
| 1           | T 1            | Teplý, suchý                 | 2600-2800            | 8-9                         | <500                            | 40-60  | 0-2                                  |
| 2           | T 2            | teplý, mírně suchý           | 2600-2800            | 8-10                        | 500-600                         | 20-30  | 2-4                                  |
| 3           | T 3            | teplý, mírně vlhký           | 2500-2800            | (7) 8-9                     | 550-650                         | 10-20  | 4-7                                  |
| 4           | MT 1           | mírně teplý, suchý           | 2400-2600            | 7-8,5                       | 450-550                         | 30-40  | 0-4                                  |
| 5           | MT 2           | mírně teplý, mírně vlhký     | 2200-2500            | 7-8                         | 550-650                         | 15-30  | 4-10                                 |
| 6           | MT 3           | mírně teplý (až teplý) vlhký | 2500-2700            | 7,5-8,5                     | 700-900                         | 0-10   | >10                                  |
| 7           | MT 4           | mírně teplý, vlhký           | 2200-2400            | 6-7                         | 650-750                         | 5-15   | >10                                  |
| 8           | MCH            | mírně chladný, vlhký         | 2000-2200            | 5-6                         | 700-800                         | 0-5  | >10                                  |
| 9           | CH             | chladný, vlhký               | <2000                | <5                          | >800                            | 0  | >10                                  |

Hodnocení dopadů možné změny klimatu je určitým odhadem, avšak rozhodující je, že růst teploty vzduchu je doložen dlouhodobými trendy. Převážná většina scénářů pro naše území neuvádí významnou změnu ročních úhrnů srážek. Ovšem zvýšením teplot bez nárůstu množství srážek se jednoznačně změní vláhové poměry (Rožnovský a kol. 2010).

Roční úhrny srážek by měly podle scénářů klimatické změny nepatrně klesnout nebo zůstat na stejné úrovni jako v současnosti. Zjištěny však byly výrazné změny v ročním chodu srážek. A právě tyto změny by mohly mít zásadní negativní vliv na ohroženost půdy větrnou erozí, především v jarním období (Dufková a Pokladníková 2004).

Obecně lze konstatovat, že čím nižší je vlhkost půdy, tím větší je její náchylnost k větrné erozi (Toman a kol. 2002), neboť vlhkost půdy výrazně působí na soudržnost půdy (Toman 2001). Gao a kol. (2002) uvádí, že zvýšení teploty vzduchu o 1 °C zvýší větrnou erozi v průměru o 31 t.km<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>, ale zároveň sníží odnos půdy vodou v průměru o 5 t.km<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>.

Je tedy zřejmé, že očekávaná klimatická změna se projeví výrazným nárůstem půd ohrožených větrnou erozí. V regionu jižní Moravy se očekává zvýšení o cca 10–15 % u zemědělské půdy ohrožené větrnou erozí (Toman a kol. 2002). Přírůstek výměry půd by měl představovat minimálně 100 000 ha (Dufková a Pokladníková 2004).

## **Metodika**

Pro analýzu klimatických poměrů byla použita data z vytvořené technické řady klimatických prvků, která vznikla na základě naměřených dat staničních sítě ČHMÚ. Před samotným výpočtem technických řad byly vstupní údaje podrobeny kontrole kvality dat (použitím softwaru ProClimDB) rovněž na ČHMÚ. Výsledkem jsou homogenní a doplněné staniční řady (Štěpánek a kol. 2008). Na základě těchto technických řad staničních dat byly na ČHMÚ vypočteny časové řady klimatických prvků s denním krokem pro gridové body vzdálené od sebe 10 km, které pokrývají území celé ČR.

Vyhodnocení současných klimatických podmínek bylo provedeno pro standardní normálové období 1961–1990 (považováno za základní stav, vzhledem ke kterému je budoucí vývoj posuzován). Pro analýzu trendu budoucího klimatu byla vyhodnocena scénářová data ČHMÚ (Štěpánek a kol. 2008). Tato data vznikla integrací regionálního klimatického modelu ALADIN-Climate/CZ v rámci mezinárodního projektu CECILIA (7. Rámcový program). Simulace proběhla pro období 2021–2050 s použitím emisního scénáře A1B (scénáře blíže popsány v práci Vlčka a kol. 2011). Vláhové poměry byly vyhodnoceny podrobněji, a to pro období 2011–2040 a 2041–2070.

Zájmové lokality reprezentují rizikové oblasti potenciálně ohrožené větrnou erozí:

**Žarošice** – reprezentuje východní část Břeclavska a sever Hodonínska;

**Lednice** – reprezentuje jih Břeclavska;

### **a) Klimadiagramy**

Pro vybrané lokality byly vytvořeny klimadiagramy podle Walter a Lieth (1961). Klimadiagramy poskytují základní představu o klimatických poměrech na vybraných lokalitách. Je zde zachycen průběh průměrných měsíčních teplot vzduchu a průměrných měsíčních srážkových úhrnů za zvolené období. Pokud se křivka teploty dostává pod křivku srážek, je to chápáno jako nebezpečí sucha.

### **b) Charakteristiky klimatických regionů**

Vybrané lokality byly na základě dat za období 1961–1990 zařazeny do příslušných klimatických regionů. Aplikací scénářových dat byly zjištěny příslušné hodnoty daných charakteristik pro budoucí období 2021–2050.

### c) Vláhová bilance

Výpočet základní (potenciální) vláhové bilance travního porostu byl proveden na základě denních hodnot základních meteorologických prvků (průměrná denní teplota vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ]; průměrný denní tlak vodní páry [hPa]; trvání slunečního svitu za den [hod]; průměrná denní rychlost větru [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]; denní úhrny srážek [mm]). Všechny uvedené meteorologické prvky vyjma srážek vstupují do evapotranspiračních výpočtů, naopak srážky jsou základním prvkem pro finální výpočet vláhové bilance.

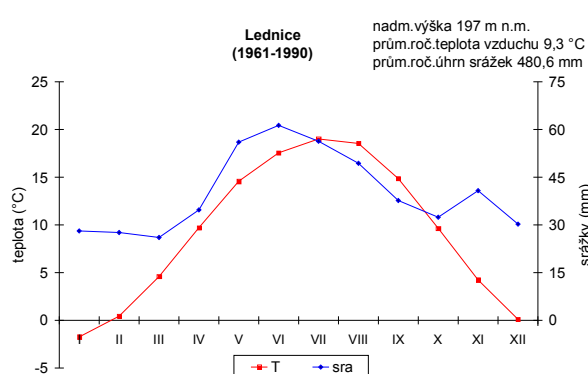
Pro výpočet vláhové bilance byl použit agrometeorologický model AVISO, který je součástí operativního i režimového provozu na ČHMÚ, pobočce Brno. Základní kombinovanou rovnicí pro výpočet evapotranspirace (ET) podle modifikace Penman-Monteith (používá se v modelu MORECS – „The Meteorological Rainfall and Evaporation Computing System“) uvádí Kohut (2007).

## Výsledky

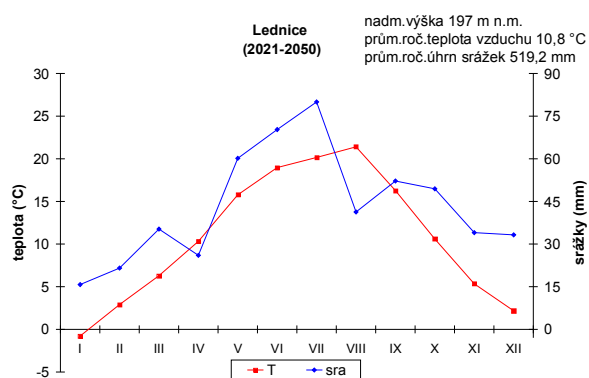
### a) Klimadiagramy

Z klimadiagramů na obr. 1–4 je zřejmé, že obě hodnocené lokality by měly být v budoucích obdobích více ohroženy suchem.

V oblasti Lednice (obr. 1–2) se již v současnosti sucho vyskytuje, a to v srpnu a v září. Scénářová data však ukazují, že by k ohrožení suchem mohlo docházet také na jaře, a to v měsíci dubnu, na začátku vegetačního období. Zároveň na podzim by se sucho mohlo projevit ještě dramatičtěji.



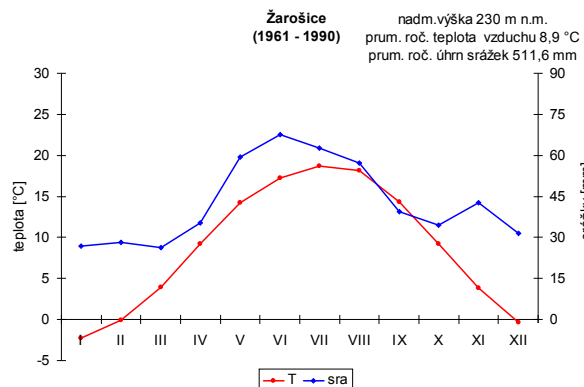
Obr. 1 Klimadiagram, Lednice, 1961–1990



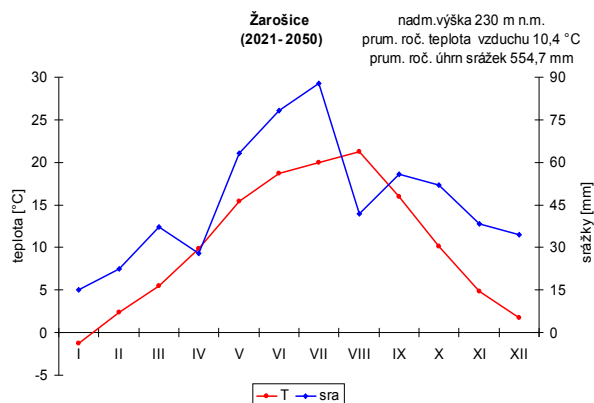
Obr. 2 Klimadiagram, Lednice, 2021–2050

Obdobná situace jako na Lednicku je v současnosti na Žarošicku (obr. 3–4), kde však ohrožení suchem v současnosti není tak velké. V budoucnu hrozí delší trvání sucha a k

výraznějšímu vláhovému deficitu by mělo docházet zejména v měsících srpen a září. Výstupy klimatických modelů naznačují, že srážky během roku by měly mít v budoucnu jiné rozložení než dříve, i když roční úhrn se výrazněji nezmění. V období 2021–2050 by mohlo dojít k nárůstu průměrného ročního úhrnu srážek. Zároveň je do budoucna patrný nárůst průměrné teploty vzduchu.



Obr. 3 Klimadiagram, Žarošice, 1961–1990



Obr. 4 Klimadiagram, Žarošice 2021–2050

Průměrná měsíční teplota nejchladnějšího měsíce ledna (tab. 2) na lokalitě Lednice dosahuje -1,7 °C za období 1961–1990, v období 2021–2050 by mohla vyšplhat na -0,8 °C. V únoru by průměrná teplota vzduchu mohla narůst až na 2,9 °C (tj. o 2,5 °C oproti normálu). Nejteplejší měsíc roku červenec má nyní průměrnou teplotu vzduchu 19 °C, ve scénářovém období 2021–2050 by mohlo dojít k nárůstu více než 1 °C. Zajímavé však je, že nejteplejším měsícem by se v daném období měl stát srpen, s průměrnou teplotou 21,4 °C (nárůst o téměř 3 °C oproti normálu 1961–1990). Teplota jednotlivých měsíců by se měla zvýšit průměrně o 1,5 °C.

Tab. 2 Hodnoty průměrných měsíčních a ročních teplot vzduchu na lokalitě Lednice

| Období    | Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C) |     |     |      |      |      |      |      |      |      |     |     | rok         |
|-----------|---------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-------------|
|           | I                                     | II  | III | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI  | XII |             |
| 1961-1990 | -1,7                                  | 0,4 | 4,6 | 9,7  | 14,6 | 17,6 | 19,0 | 18,5 | 14,9 | 9,7  | 4,2 | 0,1 | <b>9,3</b>  |
| 2021-2050 | -0,8                                  | 2,9 | 6,3 | 10,3 | 15,8 | 19,0 | 20,2 | 21,4 | 16,3 | 10,6 | 5,3 | 2,2 | <b>10,8</b> |

Průměrná měsíční teplota vzduchu nejchladnějšího měsíce ledna na lokalitě Žarošice (tab. 3) dosahuje hodnoty -2 °C v období 1961–1990, ve scénářovém období 2021–2050 by mohla vyšplhat na -1,2 °C. Ještě větší nárůst by mohl nastat v únoru, a to až o 2,2 °C a v únoru o 4,2 °C. Nejteplejší měsíc roku červenec má nyní průměrnou teplotu vzduchu 18,9 °C, ve scénářovém období 2021–2050 by mohlo dojít k nárůstu o více než 1 °C na 20 °C. Stejně

jako v případě Lednice by se nejteplejším měsícem v budoucích obdobích měl stát srpen, na Žarošicku s průměrnou teplotou 21,3 °C (nárůst téměř o 3 °C oproti normálu 1961–1990). Průměrná teplota vzduchu jednotlivých měsíců by se měla v období 2021–2050 zvýšit průměrně o 1,3 °C.

Tab. 3 Hodnoty průměrných měsíčních a ročních teplot vzduchu na lokalitě Žarošice

| Období    | Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C) |     |     |     |      |      |      |      |      |      |     |      | rok  |
|-----------|---------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
|           | I                                     | II  | III | IV  | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI  | XII  |      |
| 1961-1990 | -2,0                                  | 0,2 | 4,3 | 9,5 | 14,5 | 17,5 | 18,9 | 18,5 | 14,6 | 9,5  | 4,1 | -0,1 | 9,1  |
| 2021-2050 | -1,2                                  | 2,4 | 5,5 | 9,9 | 15,4 | 18,7 | 20,0 | 21,3 | 16,0 | 10,2 | 4,9 | 1,8  | 10,4 |

Průměrný roční úhrn srážek a průměrný úhrn srážek za jednotlivé měsíce roku na lokalitě Lednice uvádí tab. 4. V období 2021–2050 by mohlo dojít k nárůstu průměrného množství srážek v 7 měsících a ve zbývajících 5 měsících k více či méně výraznému poklesu. Červenec vykazuje největší nárůst průměrného množství srážek do budoucna (o 23 mm) a větší nárůst je patrný také v říjnu (17 mm) a v září. Největší pokles by měl nastat v lednu (o 13 mm).

Tab. 4 Hodnoty průměrných měsíčních a ročních srážek na lokalitě Lednice

| Období    | Průměrné měsíční srážkové úhrny (mm) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Rok |
|-----------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|           | I                                    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |     |
| 1961-1990 | 28,1                                 | 27,6 | 26,1 | 34,7 | 56,0 | 61,3 | 56,3 | 49,4 | 37,7 | 32,4 | 40,8 | 30,3 | 481 |
| 2021-2050 | 15,8                                 | 21,6 | 35,3 | 26,0 | 60,2 | 70,3 | 80,0 | 41,3 | 52,2 | 49,4 | 34,0 | 33,2 | 519 |

Průměrný roční úhrn srážek a průměrný úhrn srážek za jednotlivé měsíce roku na lokalitě Žarošice uvádí tab. 5. V budoucím období 2021–2050 by mohlo dojít k nárůstu průměrného množství srážek oproti současnosti v 7 měsících a ve zbývajících 5 měsících k více či méně výraznému poklesu. Červenec vykazuje největší nárůst průměrného množství srážek do budoucna (téměř o 23 mm) a větší nárůst je patrný také v září (o 20 mm) a v říjnu (16 mm). Největší pokles by měl nastat v srpnu (o 16 mm) a v lednu (o 11 mm). Zatímco letních srážek (a částečně i jarních a zimních) by mělo v průměru ubývat, podzimních přibývat.

Tab. 5 Hodnoty průměrných měsíčních a ročních srážek na lokalitě Žarošice

| Období    | Průměrné měsíční srážkové úhrny (mm) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | rok |
|-----------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|           | I                                    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |     |
| 1961-1990 | 26,2                                 | 27,7 | 25,7 | 35,1 | 59,7 | 66,5 | 62,2 | 56,9 | 37,9 | 34,3 | 41,9 | 30,9 | 479 |
| 2021-2050 | 15,3                                 | 22,8 | 36,1 | 26,7 | 62,6 | 74,8 | 84,8 | 40,5 | 57,4 | 50,1 | 38,2 | 34,0 | 543 |

## b) Charakteristiky klimatických regionů

Rozpětí charakteristik klimatických regionů tvořících BPEJ bylo stanoveno na základě dat z období 1901–1950 (tab. 6). Vybrané lokality byly nejprve na základě dat za období 1961–1990 zařazeny do příslušných KR (tab. 7). Dle aktuální klasifikace spadají lokality Žarošice a Lednice do velmi teplého, suchého klimatického regionu (tj. KR 0). Příslušné hodnoty daných charakteristik pro budoucí období vytvořené aplikací scénářových dat jsou uvedeny v tab. 8.

Tab. 6 Rozpětí charakteristik klimatických regionů zpracované za období 1901–1950 a použité pro začlenění vybraných lokalit do klimatického regionu

| Region | Období    | Suma T > 10°C | Prům. T | Suma srážek | Vláh. jistota | Pravd. SVO |
|--------|-----------|---------------|---------|-------------|---------------|------------|
| 0      | 1901-1950 | 2800-3100     | 9-10    | 500-600     | 0-3           | 30-50      |
| 3      | 1901-1950 | 2500-2800     | (7) 8-9 | 550-650     | 2-4           | 10-20      |

V období 1961–1990 vykazuje lokalita Lednice vyšší sumu teplot nad 10 °C i průměrnou roční teplotu. Suma srážek je pro tuto lokalitu naopak nižší. Vláhová jistota vegetačního období je nižší opět u lokality Lednice, a to v záporných hodnotách. Na lokalitě Žarošice vláhová jistota dosahuje pouze hodnoty 0,9. Pravděpodobnost suchých vegetačních období je podle očekávání větší na lokalitě Lednice. Rozdíl mezi lokalitami činí asi 16 %. Lednice se již na základě normálových hodnot dostává mírně mimo rozpětí (stanovované na základě dat za období 1901–1950) některých charakteristik nejteplejšího a nejsuššího regionu (tab. 7).

Tab. 7 Hodnoty charakteristik klimatického regionu za období 1961–1990

| Lokalita | Region | Suma T > 10°C | Prům. T | Suma sr. | Vláh. jist. | Pravd. SVO |
|----------|--------|---------------|---------|----------|-------------|------------|
| Lednice  | 0      | 2973,6        | 9,3     | 480,6    | -0,4        | 63,3       |
| Žarošice | 0      | 2921,0        | 9,1     | 505,1    | 0,9         | 46,7       |

Ve scénářovém období 2021–2050 (tab. 8) byly zjištěny menší rozdíly v průměrné roční teplotě mezi lokalitami než v předchozím období. Na obou lokalitách by mělo dojít k nárůstu ročních úhrnů srážek v řádu desítek milimetrů ( Žarošice o 38 mm).

Tab. 8 Hodnoty charakteristik klimatického regionu za období 2021–2050

| Lokalita | Suma T > 10°C | Prům. T | Suma sr. | Vláh.jist. | Pravd. SVO |
|----------|---------------|---------|----------|------------|------------|
| Lednice  | 3436,9        | 10,8    | 519,2    | 0,0        | 50,0       |
| Žarošice | 3311,1        | 10,4    | 543,4    | 1,4        | 46,7       |



Vláhová jistota vegetačního období by měla být nejnižší opět u Lednice, avšak v tomto období na dané lokalitě nedochází k poklesu vláhové jistoty do záporných hodnot, nýbrž je dosažena právě nulová hodnota. Na lokalitě Žarošice vláhová jistota dosahuje hodnoty 1,4. Pravděpodobnost suchých vegetačních období je podle očekávání větší na lokalitě Lednice. Rozdíl mezi lokalitami se stírají, činí již jen asi 3 %. Lokalita Žarošice zůstává na současných hodnotách pravděpodobnosti, Lednice vykazuje pokles o 13 %.

### c) Základní (potenciální) vláhová bilance travního porostu

Základní (potenciální) vláhová bilance travního porostu (dále VLBI) byla pro zájmové oblasti zpracována detailněji pro čtyři 30letá období. Dlouhodobé roční průměry VLBI v normálovém období 1961–1990 činí -212,6 mm (Žarošice) a -176,8 mm (Lednice). Lokality se tedy již nyní vyznačují zápornou VLBI (evapotranspirace převládá nad srážkami).

Na lokalitě Lednice (tab. 9) jsou tyto změny nejmarkantnější v měsících červenec a srpen, kdy v období 2011–2040 nastává pokles asi o 10 mm, v období 2041–2070 však již přibližně o 25 mm a v posledním hodnoceném období 2071–2100 až o více než 50 mm oproti základnímu stavu. Naopak pozitivní změny vláhové bilance lze pozorovat v měsících červen, říjen a listopad a částečně také v září (kromě období 2071–2100, kdy by mělo dojít k poklesu oproti období 1961–1990).

*Tab. 9 Lednice, dlouhodobá měsíční a roční základní (potenciální) vláhová bilance travního porostu [mm] v jednotlivých obdobích*

| Období    | I    | II   | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X    | XI   | XII  | Rok    |
|-----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|
| 1961–1990 | 18,7 | 13,6 | -13,1 | -34,9 | -41,9 | -38,5 | -49,5 | -46,4 | -21,2 | -4,1 | 21,6 | 18,9 | -176,8 |
| 2011–2040 | 8,2  | 16,2 | -15,0 | -31,8 | -47,8 | -26,1 | -60,7 | -56,4 | -10,8 | -6,2 | 31,9 | 12,5 | -186,0 |
| 2041–2070 | 14,5 | 10,4 | -23,6 | -44,5 | -54,2 | -27,7 | -74,4 | -73,9 | -17,4 | 1,8  | 25,6 | 13,9 | -249,4 |

Obdobná je situace u lokality Žarošice (tab. 10). Největší negativní změny se týkají července a srpna, kdy v období 2010–2040 nastává pokles asi o 12 mm, v období 2041–2070 však již přibližně o 32 mm a v posledním hodnoceném období 2071–2100 až o 60 mm oproti základnímu stavu. Naopak pozitivní změny vláhové bilance lze pozorovat v listopadu ve všech budoucích obdobích a částečně také v září (kromě období 2071–2100) a v říjnu (kromě období 2011–2040).

Tab. 10 Žarošice, dlouhodobá měsíční a roční základní (potenciální) vláhová bilance travního porostu [mm] v jednotlivých obdobích

| Období    | I    | II   | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI   | XII  | rok    |
|-----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|
| 1961–1990 | 14,2 | 11,4 | -13,7 | -39,6 | -41,5 | -41,8 | -49,5 | -50,2 | -29,7 | -9,4  | 19,6 | 17,7 | -212,6 |
| 2011–2040 | 5,5  | 11,5 | -13,2 | -38,5 | -47,8 | -31,8 | -62,4 | -63,3 | -19,5 | -11,1 | 30,4 | 11,5 | -228,9 |
| 2041–2070 | 10,6 | 5,4  | -21,8 | -56,8 | -55,3 | -33,8 | -81,9 | -83,0 | -27,6 | -6,8  | 21,0 | 11,1 | -318,9 |

Pro zájmová území je typický postupný pokles VLBI v následujících obdobích. Pokud je období 1961–1990 bráno jako základní (normál), ve scénářových obdobích postupně dojde k poklesu VLBI o 10 až 16 mm (2011–2040); 73 až 106 mm (2041–2070). Období 2011–2040 se ještě jeví jako velmi obdobné normálovému období 1961–1990, kdy VLBI klesá pouze o milimetry, avšak v období vzdálenějším je pokles výrazný.

K obdobným závěrům lze dospět při vyhodnocení podmínek za vegetační období (duben–září). Dlouhodobé průměry VLBI se však již v období 1961–1990 na obou lokalitách pohybovaly v záporných hodnotách (tab. 11), a to až -252,3 mm (Žarošice). Lze proto říci, že dlouhodobá VLBI je za vegetační období vždy výrazně horší než v rámci roku jako celku. Ve scénářových obdobích je patrný pokles VLBI až o 86,1 mm (2041–2070) oproti normálu.

Tab. 11 Základní (potenciální) vláhová bilance travního porostu [mm], průměrné hodnoty za vegetační období ve scénářových obdobích včetně změny v mm vzhledem k období 1961–1990

| scénářové období | Zájmové oblasti |              |
|------------------|-----------------|--------------|
|                  | Lednice         | Žarošice     |
| 1961–1990        | -232,4          | -252,3       |
| 2011–2040        | -233,6          | -263,3       |
| <i>změna mm</i>  | <i>-1,2</i>     | <i>-11,1</i> |
| 2041–2070        | -292            | -338,4       |
| <i>změna mm</i>  | <i>-59,6</i>    | <i>-86,1</i> |

Na základě zjištěného lze konstatovat, že na všech lokalitách se postupně prohlubuje negativní základní vláhová bilance travního porostu, přičemž nejnižší záporné průměrné hodnoty byly zjištěny pro období 2071–2100. Nejnižší měsíční hodnoty vláhové bilance se na všech zájmových územích vyskytují v červenci, případně v srpnu. Pozitivní změny vláhové bilance by na území jižní Moravy mohly nastat v podzimních měsících.

## Diskuse

Ze srovnání klimadiagramů pro normálové období 1961–1990 a 2021–2050 je patrná změna v rozložení srážek během roku. Největší úbytek srážek směrem do budoucna scénáře odhadují v srpnu a také v dubnu, tj. na začátku a konci vegetačního období. Naopak k nárůstu množství srážek by mělo dojít zejména v květnu a říjnu. Změnu rozložení srážek pro jihomoravskou oblast dokládá Fukalová a kol. (2009). Žalud a kol. (2009) potvrzují změny v úhrnech srážek, a to ve prospěch srážek zimních. Z pohledu ročních úhrnů srážek většina modelů prognózuje téměř nezměněné množství ve srovnání se současným klimatem. Vzhledem k tomu, že množství srážek by nemělo v příštích desetiletích výrazně poklesnout, příčinou větší hrozby sucha bude zvýšení teploty vzduchu a evapotranspirace (Kozlovsky Dufková 2012). Klimadiagramy rovněž ukazují rostoucí riziko výskytu sucha na jižní Moravě v jarním a pozdně letním období, a to zejména v oblasti Lednicka, kde se již nyní se suchem potýkají.

Kadrnožka (2008) uvádí, že do roku 2030 stoupne teplota v ČR o další 1 až 2 °C. Často se budou objevovat přívalové srážky. Přesto bude narůstat sucho a nejvíce by mělo postihovat právě jižní Moravu, zejména Břeclavsko a Znojensko. Žalud a kol. (2009) největší nárůst teploty do budoucna spatřují právě na přelomu léta a podzimu a také v zimě (v lednu a únoru), přičemž k nárůstu teploty by mělo dojít v průběhu celého roku. Obdobné výsledky byly dosaženy i v této práci. Byl zjištěn výrazný nárůst srpnové průměrné teploty vzduchu s tím, že srpen by měl být v budoucnu nejteplejším měsícem roku. Vzestupný trend průměrné roční teploty vzduchu již za období 1961–2007 dokládají Rožnovský a kol. (2010).

Vláhová jistota, jeden z agroklimatických ukazatelů použitý v klimatickém regionu a tedy i v bonitaci půd, vykazuje jasný pokles směrem do budoucna. Obdobná je situace u vláhové bilance. U vybraných jihomoravských lokalit bylo již nyní dosaženo záporné hodnoty (převaha potenciální evapotranspirace nad srážkami), pokud bereme v úvahu jen vegetační období. K obdobným výsledkům u jiných lokalit v ČR dospěli Kohut a kol. (2011).

Pravděpodobnost suchých vegetačních období se v budoucnu zvýší až o desítky procent. Lokality hodnotami jak vláhové jistoty, tak i pravděpodobností suchých vegetačních období překračují rozpětí charakteristik nejteplejšího a nejsuššího stávajícího regionu. Toto vše jednak představuje problém se zařazením daných území do příslušných klimatických regionů, ale také dává tušit negativní ovlivnění vývoje plodin nedostatkem vláhy a v souvislosti s větrnou erozí představuje vážnou hrozbu aridizace krajiny a tím i nárůstu nebezpečí výskytu tohoto druhu půdní eroze.

Do budoucna je tedy třeba počítat s tím, že ohrožení půd větrnou erozí nastane i v územích, kde se její výskyt původně nepředpokládal.

### **Závěr**

Hlavní faktory, které ovlivňují výskyt větrné eroze, jsou rychlost větru, množství srážek, teplota vzduchu, vlhkost půdy, půdní struktura či vegetační kryt. Potenciální ohroženost území větrnou erozí je proto stanovována dle pedologických a klimatických poměrů. Ponecháme-li stranou charakteristiky pedologické, potenciální erodovatelnost je především závislá na klimatických, potažmo vlhkostních poměrech území.

Zájmové lokality reprezentují rizikové oblasti jižní Moravy z pohledu potenciálního ohrožení větrnou erozí. Jih Břeclavska reprezentuje lokalita Lednice a východ Břeclavska a sever Hodonínska lokalita Žarošice. Současné klimatické poměry byly vyhodnoceny na základě dat za období 1961–1990. Simulace budoucího klimatu proběhla pro období do roku 2050 resp. 2070. Vyhodnoceny byly klimadiagramy, vláhová bilance travního porostu a klimatické regiony. Do budoucna bylo na všech lokalitách zjištěno zvýšení rizika sucha v dubnu, ale především na přelomu léta a podzimu. Z provedených analýz jsou patrné změny v ročním chodu srážek, přičemž průměrné roční srážkové úhrny by neměly oproti současnosti výrazně poklesnout.

Srážky samy o sobě však nejsou ukazatelem vláhových poměrů. Vlhkost půdy je ovlivněna také teplotou, vlhkostí vzduchu a větrem, jež určují evapotranspiraci. Pro zájmové oblasti byla proto pomocí modelu AVISO (provozován na ČHMÚ) vyhodnocena základní vláhová bilance (rozdíl mezi srážkovým úhrnem a potenciální evapotranspirací) travního porostu.

U zájmových území byl zjištěn postupný pokles vláhové bilance směrem do budoucna. Již nyní vykazuje část jižní Moravy zápornou roční vláhovou bilanci (průměrné hodnoty za vegetační období záporné na všech lokalitách), tedy převahu potenciální evapotranspirace nad srážkami. V budoucnu se očekává výrazně záporná bilance na jihu Moravy jak ve vegetačním období, tak i v rámci celoročního hodnocení.

Charakteristikami klimatického regionu, které vystihují vláhové poměry území, jsou vláhová jistota a pravděpodobnost suchých vegetačních období. Směrem do budoucna je patrný výrazný trend poklesu vláhové jistoty a zároveň nárůstu pravděpodobnosti suchých vegetačních období u všech lokalit. Zároveň by se ale lokality postupně měly dostat mimo stanovené rozpětí daných charakteristik, což s sebou přináší problém s použitelností klasifikace a zároveň hrozbu rozšíření větrné eroze do míst, která byla dosud považována za neohrožená.

Scénářová data tedy potvrzují obavy z nárůstu pravděpodobnosti sucha a rovněž nárůstu teploty vzduchu i změny v ročním chodu a množství srážek. Ačkoli se pochopitelně jedná jen o odhady budoucího vývoje, výsledky této práce i současné trendy potvrzují zvyšování aridity jihomoravského regionu. Mělo by se tedy počítat s nárůstem výměry půdy na jižní Moravě ohrožené větrnou erozí. Do budoucna lze také očekávat stoupající zájem o opatření snižující dopady větrné eroze na zemědělské půdě. Ne náhodou se v minulosti impulsem pro zakládání větrolamů stalo katastrofální sucho, které naši zemi postihlo.

## **Literatura**

DUFKOVÁ J., POKLADNÍKOVÁ H. 2004: Vliv klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze. In Zmeny podnebia - Extrémy počasia - Organizmy a ekosystémy. 1. vyd. Slovensko: Slovak Agricultural University in Nitra, 2004, s. CD--Rom. ISBN 80-8069-402-8.

FUKALOVÁ P., ROŽNOVSKÝ J., CHUCHMA F. 2009: Analýza bezsrážkových období v podmínkách současného i budoucího klimatu v oblasti jižní Moravy. In 17. Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na ÚH SAV "Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra". Bratislava: Ústav hydrológie SAV, Bratislava, s. 118-128, CD ROM. ISBN 978-80-89139-19-4.

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.

HENNING I., HENNING D. 1977: Zur klimatologischen Wasserbilanz von Nordamerika: mittlere Jahressummen von Wasserüberschuß und Wasserdefizit. In: Theoretical and applied climatology, ISSN 1434-4483, Vol. 25 (2. 1977), p. 117-125

JANEČEK M. 1997: Potenciální ohroženost půd České republiky vodní a větrnou erozí. Vědecké práce. VÚMOP Praha, č. 9, s. 53–64. ISSN 1210-1672.

JANEČEK M. ed. a kol. 2008: Základy erodologie. Praha: Fakulta životního prostředí – Česká zemědělská univerzita v Praze. 172 s. ISBN 978-80-213-1842-7

KADRNOŽKA J. 2008: Globální oteplování země: Příčiny, průběh, důsledky. 1. vyd. Brno: Vitium. 467 s. ISBN 978-80-214-3498-1.

KOHUT M. 2007: Vláhová bilance zemědělské krajiny (textová část). Doktorská disertační práce. 128 str., Brno.

KOHUT M., MUŽÍKOVÁ B., STŘEDA T. 2011: Vláhová bilance říční krajiny a její možný budoucí vývoj. In Říční krajina 7. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, s. 70-76. ISBN 978-80-904685-7-3.

KOZLOVSKÝ DUFKOVÁ J. 2012: Možná změna klimatu a její vliv na větrnou erozi půd v oblasti jižní Moravy. In sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference Krajinné inženýrství 2012. Praha: ČSKI, s. 70--76. ISBN 978-80-87384-03-9.

LITSCHMANN T., ROŽNOVSKÝ J. 1995: Hodnocení aridity pomocí agroklimatologických charakteristik. In: „Současná agroklimatologie 1995“, MZLU Brno, s. 111-120

MAŠÁT K., NĚMEČEK J., TOMIŠKA Z. 2002: Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek. 3. přepracované vydání. VÚMOP Praha, 113 s. ISBN 80-238-9095-6.

PASÁK V. 1970. Wind erosion on soils. Scientific Monographs, č. 3., VÚM: Zbraslav n. Vlt. 187 s.

PASÁK V., JANEČEK M. 1971b. Vliv klimatu na rozšíření větrné eroze v ČSSR. Meteorologické zprávy, roč. 24, č. 3–4, s. 67–69.

PODHRÁZSKÁ J. 2008: Optimalizace funkcí větrolamů v zemědělské krajině: Metodika. Vyd. 1. Praha: VÚMOP, 2008, 51, 24 s., CD ROM. ISBN 978-80-904027-1-3.

ROŽNOVSKÝ J. FUKALOVÁ P. POKLADNÍKOVÁ H. STŘEDA T. 2009: Vliv změny klimatu na rozsah a rozmístění klimatických regionů. [CD-ROM]. In Vliv klimatických změn na projektování a realizaci společných zařízení v rámci komplexních pozemkových úprav, Ústí nad Labem, 23. 9. 2009.

ROŽNOVSKÝ J., FUKALOVÁ P., CHUCHMA F., STŘEDA T. 2010: Dynamika podnebí jižní Moravy ve vztahu k vymezení klimatických regionů. In Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): „Voda v krajině“, Lednice 31.5. – 1.6.2010, CD- ROM, 2010. ISBN 978-80-86690-79-7

SOBÍŠEK B. a kol. 1993: Meteorologický slovník, výkladový a terminologický. 1. vyd. Praha: vyd. Academia. 594 s. ISBN 80-85368-45-5

ŠTĚPÁNEK P., SKALÁK P., FARDA, A. 2008: RCM ALADIN-Climate/CZ simulation of 2020-2050 climate over the Czech Republic. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds): Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině (Mikulov 9–11.9.2008). CDROM. ISBN 978-80-86690-55-1

TOMAN F., SPITZ P., FILIP J. 2002: Impact of Predicted Climatic Change on Agriculture and Forestry in the Czech Republic. In International Conference Drought Mitigation and Prevention of Land Desertification. Slovinsko, Bled: ICID, ERWG, ERWTD, SINCID, 21.–25. 4. 2002, na CD-ROM příspěvek č. 71, 8 s.

VLČEK V., STŘEDOVÁ H., MUŽÍKOVÁ B. 2011: Srovnání vývoje teplot dvou klimatických regionů s výhledem do budoucna. In Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí. 1. vyd. Středová, H., Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds), s. 1-8. ISBN 978-80-86690-87-2.

WALTER H., LIETH H. 1960: Klimadiagramm Weltatlas. Fisher. Jena.

ŽALUD Z. 2009. Změna klimatu a české zemědělství – dopady a adaptace. 1. vyd. Brno: MZLU v Brně, 154 s. ISBN 978-80-7375-369-6.

### **Poděkování**

Příspěvek vznikl s podporou projektu NAZV QJ1220054 Vliv změny klimatických faktorů na rozvoj procesů větrné eroze, koncepční řešení opatřeními pozemkových úprav.

### **Kontakt:**

Ing. Bronislava Mužíková, Ph.D.

Mendelova univerzita v Brně, Ústav aplikované a krajinné ekologie

Zemědělská 1, Brno 61300

+420 545 132 476, bronislava.muzikova@mendelu.cz