POTENCIÁLNÍ VLÁHOVÁ BILANCE EKOSYSTÉMU LUŽNÍHO LESA

Pavel Hadaš, Ústav ekologie lesa LDF MZLU v Brně

Úvod

Nejzranitelnějším místem ekosystému lužního lesa je narušení jeho vláhové bilance s přímým dopadem na vlhkostní režim půd a na zásoby vody v půdě. Vzhledem k tomu, že ekosystém lužních lesů je vázán na vodu, je pro účely objektivního hodnocení vývoje abiotických poměrů ekosystému lužních lesů z pohledu zajištění trvale udržitelného obhospodařování lužních lesů provedeno vyhodnocení vývoje jeho vláhové bilance.

V době vegetačního období je zvýšený výdej vody evapotranspirací obvykle kompenzován buď dotací půdní a podzemní vody nebo atmosférickými srážkami. V tomto příspěvku je hodnocení vláhové bilance zaměřeno na množství srážek a na základní parametry ovlivňující evapotranspiraci. Údaje pro hodnocení vláhové bilance jsou obvykle získávány na základě modelového výpočtu. Konkrétní aplikace modelového výpočtu závisí na tom, jaké meteorologické parametry máme z měření k dispozici. Pro hodnocení vláhové bilance ekosystému lužních lesů jižní Moravy jsou využita jak data z mikroklimatických, tak mezoklimatických pozorování, která jsou v této oblasti prováděna.

Materiál a metody

K výpočtu parametrů vláhové bilance je použito kontinuální měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu a srážek. K měření teploty a vlhkosti vzduchu je použit registrátor HOBO model Temp/RH (výrobce Onset Technical Support, USA). V prostředí porostového klimatu je registrátor HOBO umístněn ve stínítku. Registrátory HOBO jsou rozmístněny na třech odlišných stanovištích lužního lesa – Herdy, Ranšpurk, Soutok. Senzory teploty a vlhkosti vzduchu jsou v úrovni 170 cm nad povrchem půdy. Porostní mikroklima ekosystému lužních lesů je reprezentováno lokalitami Herdy, Ranšpurk a Soutok. Lokalita Herdy reprezentuje specifické stanoviště lužního lesa – přechod mezi lesem a pasekou, lokalita Ranšpurk reprezentuje stanoviště s hustým zápojem korun v uzavřeném rozsáhlejším lesním komplexu dubového lesa v polesí Soutok v blízkosti pralesní rezervace Ranšpurk. Lokalita Soutok se nachází rovněž v zapojeném dubovém lese v polesí Soutok v blízkosti soutoku řek Moravy a Dyje (cca ve vzdálenosti 2 km), avšak v nedalekém sousedství (cca 500 m jižně) se rozkládá otevřená plocha zalesněná mladým cca desetiletým porostem protkaná sítí menších kanálů řeky Kyjovky. Kontinuální měření teploty a vlhkosti vzduchu bylo zahájeno v polovině roku 1998 s časovým intervalem 30 a 15 minut. Měření teplotních a vlhkostních poměrů je doplněno i o měření vertikálních srážek pomocí standardního srážkoměru se záchytnou plochou 200 cm^2, jehož okraj je v úrovni 1 m.

Pro účely objektivního hodnocení vývoje vláhové bilance ekosystému lužních lesů je období 1998-2002 krátké. Proto budou využita i data o teplotách a srážkách ze stanic v oblasti lužních lesů: Lednice, Valtice a Strážnice. Jedná se o stanice s nejdelšími časovými řadami průměrných měsíčních a ročních teplot vzduchu a měsíčních a ročních úhrnů srážek, reprezentujících mezoklimatické poměry oblasti lužních lesů. Teplotní řady byly použity ze stanic Strážnice (1926-2001) a Lednice (1901-2002), srážkové řady byly použity ze stanic Strážnice (1908-2001) a Valtice (1876-2001) (Polišenský, 1988). Avšak ani tyto časové řady nejsou dostatečně dlouhé pro objektivní hodnocení vývoje teplot a srážek v oblasti lužních lesů jižní Moravy. Na základě metody vícenásobné lineární regrese byly původní řady průměrných měsíčních teplot rozšířeny na periodu 1775-2001 a řady měsíčních úhrnů srážek na periodu 1808-2001. K tomuto účelu byly použity stanice, u kterých jsou k dispozici dlouhé časové řady teplot a srážek. Byly použity stanice Wien-Hohe warte (teplotní řada 1775-1990, srážková řada 1851-1996), Praha-Klementinum (teplotní řada 1771-1975, srážková řada 1801-1975), Bratislava-Ivanka (srážková řada 1775-1970), Hurbanovo (srážková řada 1871-1960). Stanice Wien-Hohe warte, Bratislava-Ivanka a Hurbanovo leží v podobné klimatické oblasti jako studovaná oblast lužních lesů. Parametry vícenásobné regresní funkce jsou odvozeny pomocí metody nejmenších čtverců (Meloun, Militký,1998). Údaje pro stanici Praha-Klementinum a Hurbanovo byly převzaty z publikace HMÚ (Kolektiv, 1972), údaje pro stanice Wien-Hohe warte a Bratislava-Ivanka z World

Data Center, Oak Ridge National Laboratory. Poloha, respektive vzdálenost stanic od oblasti lužních lesů jižní Moravy, použitých pro odvození parametrů vláhové biůance je znázorněna na obrázku 1.

Obrázek 1. Poloha stanic používaných pro měření porostního mikroklimatu (Herdy, Ranšpurk, Soutok) ekosystému lužních lesů jižní Moravy a klimatologických stanic reprezentujících mezoklima.

Potenciální výpar porostního mikroklimatu je odvozen na základě vztahu mezi teplotou a relativní vlhkostí vzduchu podle vzorce Ivanova (Tomlain, 1979)

$$EVP=0.0018(25+T_m)^2(100-RH_m), \qquad (1)$$

kde T_m je průměrná měsíční teplota vzduchu, RH_m je průměrná relativní vlhkost vzduchu.

V rámci hodnocení vláhové bilance porostního mikroklimatu je proveden modelový výpočet potenciálního množství horizontálních srážek (z rosy a jinovatky). Výpočet množství horizontálních srážek z rosy a jinovatky je založen na podmínkách vzniku radiační mlhy z vyzařování a mlhy z vypařování. Příčinnou jejího vzniku je kondenzace (desublimace) vodní páry v přízemní vrstvě vzduchu. Při výpočtu množství horizontálních srážek se vychází z několika podmínek: teplota vzduchu (T) je nižší nebo rovna teplotě rosného bodu (DP), rychlost větru není větší než 3 m s^{-1} (Zverev, 1986), minimální relativní vlhkost vzduchu při $T > 0$ °C je ≥ 90 %, při $T \leq 0$ °C je ≥ 80 % (Chromov, 1968). Dny s vysokou hodnotou relativní vlhkosti vzduchu a s výskytem srážek nejsou do výpočtu uvažovány. V podmínkách střední Evropy dosahuje voda z rosy za jedinou noc 0.1 až 0.3 mm srážek (Havlíček a kol., 1986). Na základě hodnot relativní vlhkosti vzduchu a množství horizontálních srážek (HP) z rosy byla sestavena funkční závislost

$$HP = a\, e^{b\,RH}, \qquad (2)$$

kde parametry a, b jsou odvozeny pro $T > 0$ °C i pro $T \leq 0$ °C. Tato závislost vyjadřuje potenciální vodní hodnotu rosy nebo jinovatky v mm podle změřené hodnoty relativní vlhkosti vzduchu v době od 20 hod. do 8 hod. SEČ následujícího dne při uplatnění všech uváděných podmínek.

Pro potřeby srovnávání údajů nebo pro výše uváděné výpočty jsou použity meteorologické údaje o teplotách, srážkách a rychlosti větru měřených na stanici Lednice v klimatických termínech pozorování (7,14,21 hod. SEČ). Data byla převzata z údajů přístupných na internetu – www.zf.mendelu.cz/klima.

Vývoj vláhové bilance v oblasti lužních lesů v měřítku mezoklimatu za období 1808-2001 je založen na základním vztahu (Možný,1993)

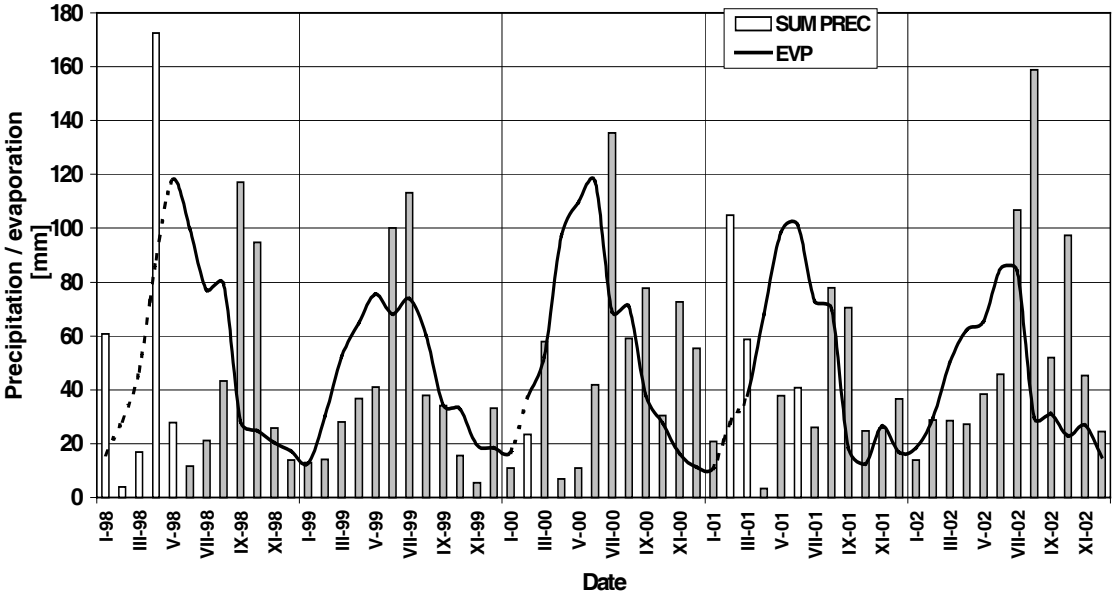
$$VB=(R_a - R_n) - (ETP_a - ETP_n), \qquad (3)$$

kde R_a je měsíční úhrn srážek v daném roce v mm, R_n je dlouhodobý úhrn srážek v daném měsíci , ETP_a je měsíční úhrn potenciální evapotranspirace v daném roce v mm, ETP_n je dlouhodobý úhrn potenciální evapotraspirace v daném měsíci v mm. Suma vláhové bilance je vypočtena pro měsíce duben až září. Potenciální evapotranspirace (ETP) je odvozena nepřímou metodou podle Thornthwaita (Mottl, 1983). Vypočtený výpar v mm se převádí na normální den o 12 hodinách slunečního svitu a na příslušnou zeměpisnou šířku. K tomuto účelu Thornthwaite sestavil tabulku (Nosek,1972).

Výsledky a diskuse

Odlišné teplotní a vlhkostní poměry porostního klimatu sledovaných stanovišť modifikují měsíční i roční chod vláhové bilance. V lokalitě Herdy je během vegetačního období zjištěn nižší průměrný srážkový úhrn o 34 až 48 mm a nižší průměrná relativní vlhkost vzduchu až o 3 %, než v lokalitě uvnitř hustě zapojeného lesa (Ranšpurk). Tyto teplotní a vlhkostní poměry vedou k tomu, že lokalita Herdy je i nejsušší. Je zde dosahován nejvyšší průměrný potenciální výpar (dle Ivanova) přes 431 mm, což je ve srovnání s lokalitami reprezentující zapojený dubový les o 68 až 121 mm více. Vypařené množství vody během vegetačního období je v průměru zajištěno horizontálními a vertikálními srážky jen z cca 83 %, což se negativně odráží i na vláhové bilanci, která se dostává do téměř 74 mm deficitu.

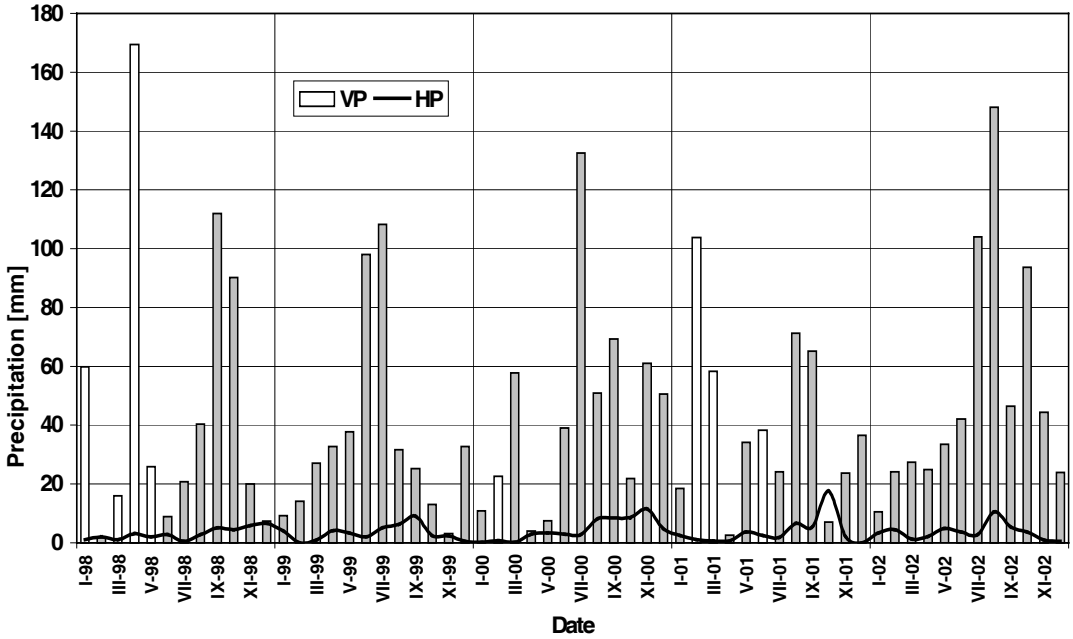
Z vývoje měsíčních sum výparu, horizontálních a vertikálních srážek v lokalitě Herdy (viz obrázek 2) vyplývá, že deficit vláhové bilance se téměř pravidelně formuje v jarních měsících od dubna do června. Největší deficit vláhové bilance 170 mm se vytvořil během extrémně teplého jara a počátku léta (od března do června) v roce 2000. Zvýšeným množstvím srážek doprovázený poklesem teploty vzduchu v červenci se rostoucí deficit zmírnil. Pozitivní vliv na zmírňování deficitu vláhové bilance byl zjištěn u horizontálních srážek. Z vývoje měsíčních úhrnů horizontálních a vertikálních srážek (viz obrázek 3) vyplývá, že v době poklesu vertikálních úhrnů srážek (srpen-říjen), horizontální srážky rostou. V některých letech se měsíční úhrny horizontálních srážek dostávají na poloviční úroveň vertikálních srážek (září 1999), nebo nad jejich úroveň (říjen 2001). K formování horizontálních srážek dochází zejména nočních a ranních hodinách těsně před východem Slunce, kdy nastává největší pokles teploty vzduchu až na hodnotu rosného bodu. Vzniklé horizontální srážky, ještě než se vypaří zpět do ovzduší, tak mohou být využity vegetací v rámci fyziologických procesů. V oblasti lužních lesů jižní Moravy jsou během poměrně dlouhého bezesrážkového období horizontální srážky jediným zdrojem vláhy. Během vegetačního období se může vytvořit více jak 30 mm horizontálních srážek..



Obrázek 2. Vývoj srážek (sumy horizontálních a vertikálních srážek SUM PREC) a výparu (EVP podle Ivanova) v lokalitě Herdy za období 1998-2002. Měsíční sumy srážek neoznačených šedou barvou a výpar znázorněný přerušovanou čarou je odvozen podle údajů stanice Lednice-Mendeleum.

Lokalita Herdy vykazuje v době delších period sucha více jak 10 % podíl horizontálních srážek na vertikálních srážkách (rok 2000). Podobná dynamika horizontálních srážek se formuje i v lokalitě Soutok, kde v roce 1999 se do vláhové bilance vegetačního období dostalo až 36 mm horizontálních srážek. V lokalitě Ranšpurk, vzhledem k charakteru porostního mikroklimatu, jsou dosahovány nepatrně nižší úhrny horizontálních srážek v rozsahu cca 20 mm. Ale i zde při optimálních podmínkách mohou dosáhnout úhrny horizontálních srážek až 30 mm. Během vegetačního období se v lokalitě Ranšpurk v průměru na vypařené množství vody 310.5 mm spotřebovává cca 77 % horizontálních a vertikálních srážek, tzn. že 23 % může přispívat na zvýšení

zásoby vody v povrchových vrstvách půdy. V lokalitě Soutok se během vegetačního období v průměru na vypařené množství vody 363.2 mm spotřebovává cca 92 % horizontálních a vertikálních srážek, tzn. že jen 8 % může přispívat na zvýšení zásoby vody v povrchových vrstvách půdy.



Obrázek 3. Vývoj vertikálních (VP) a horizontálních (HP) srážek v lokalitě Herdy za období 1998-2002. Měsíční úhrn srážek (VP) neoznačený šedou barvou je odvozen podle údajů stanice Lednice-Mendeleum

Je zřejmé, že ve vláhové bilanci se odráží místní podmínky pro výpar a stanovištní rozdíly. Stanoviště reprezentující okraj lesa a paseky vykazuje v oblasti lužních lesů jižní Moravy méně příznivý stav vláhové bilance, než v zapojeném lese. V pětiletém období 1998-2002 se během čtyř vegetačních období vytvořil deficit srážek dosahující maximální hodnoty až 170 mm. Na stanovištích reprezentujících zapojený lužní les se nepříznivý stav vláhové bilance projevil jen ve vegetačním období roku 2000 s hodnotou deficitů 110 a 148 mm. Proto je zřejmé, že stromy lužního lesa zejména na méně příznivých mikroklimatických stanovištích kryjí velkou část své spotřeby vody ze zdrojů podzemní vody. Fyziologická odezva k vodnímu deficitu se bude týkat zejména růstu a vývoje obnovovaných porostů, bylinného a keřového patra ekosystému lužního lesa. Dopady porostního mikroklimatu na vláhovou bilanci jsou v souladu s dřívějším zjištěním, že vlhkostní režim nivních půd charakterizovaný objemovou vlhkostí půdy v 30 cm je během vegetačního období v průměru z 53 % ovlivněn vývojem hladiny podzemní vody, z 6 % teplotním režimem ovzduší a z 0.9 % místními denními srážkovými úhrny (Hadaš, Prax, 2001).

Vývoj vláhové bilance z pohledu mezoklimatu je hodnocena na základě vztahu (3). Vývoj vláhové bilance je vypracován na základě rekonstrukce průběhu průměrných měsíčních teplot vzduchu**,** srážkových úhrnů v oblasti jižní Moravy Suma vláhové bilance je vypočtena pro měsíce duben až září. Potenciální evapotranspirace je odvozena nepřímou metodou podle Thornthwaita. Dlouhodobé měsíční úhrny srážek a potenciální evapotranspirace oblasti lužních lesů jsou uvedeny v tabulce 1. V rámci vláhové bilance se uvažovaly rovněž paušální hodnoty úhrnů horizontálních srážek porostního mikroklimatu odvozených jako průměr studovaných lokalit. Tyto srážky vylepšují vláhovou bilanci. Vývoj vláhové bilance v letech 1851-2001 v oblasti lužních lesů jižní Moravy je znázorněn na obrázku 4.

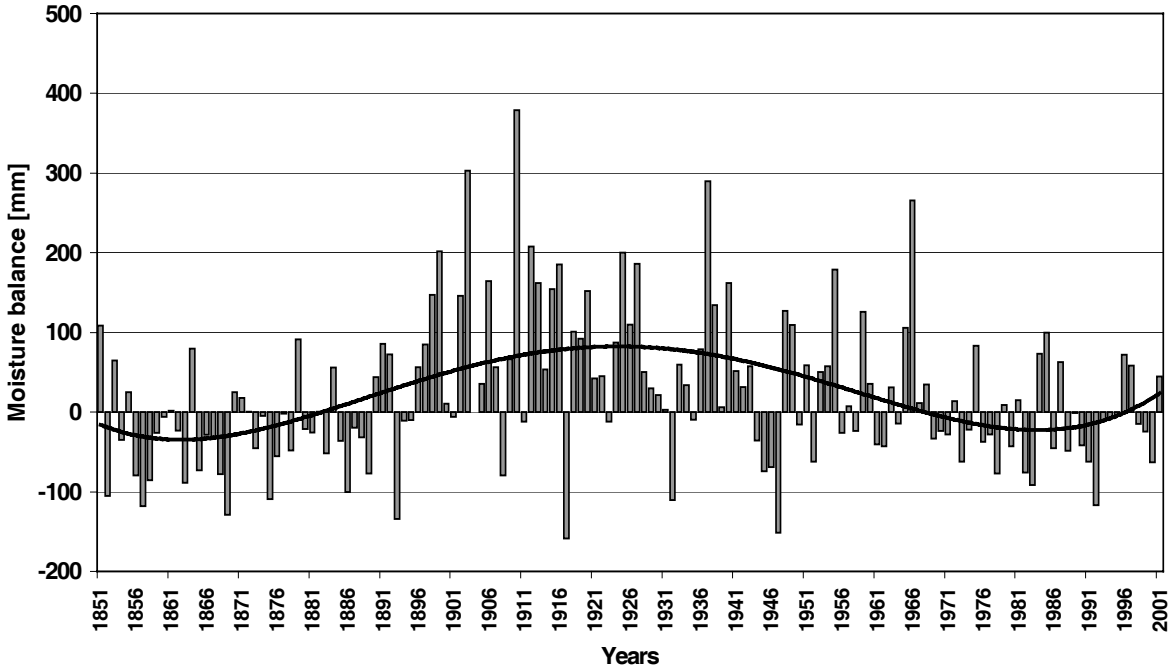
Z obrázku 4 vyplývá, že ve vývoji vláhové bilance mezi jednotlivými roky dochází k velkým změnám. V těchto změnách se velmi silně odráží teplotní a srážkové poměry jak úrovně mezoklimatu, tak úrovně mikroklimatu.Oteplování klimatu je spojováno se zvýšením evapotranspiračních požadavků, tedy se zvýšením nebezpečí narušení fyziologických procesů v důsledku stresu suchem na začátku a na konci trendu vláhové bilance. Je zřejmé, že růst a distribuce vegetace i vývoj škůdců a obtěžujících forem hmyzu v ekosystému lužních lesů je v letech se zápornou vláhovou bilancí

limitována vodním deficitem půdy a úrovní hladiny podzemní vody pod povrchem půdy více, než jakýmkoliv jiným faktorem prostředí. V takových situacích se zvyšuje význam porostního mikroklimatu, zejména jeho schopnost částečně tlumit stresové stavy vyvolané suchem přes teplotu a relativní vlhkost vzduchu, které hrají významnou úlohu při vzniku horizontálních srážek (rosy atd.).

Tabulka 1. Dlouhodobé měsíční úhrny srážek (R_n) a potenciální evapotranspirace (ETP_n) oblasti lužních lesů jižní Moravy za období 1851-2001. Úhrny měsíčních srážek (vertikálních) jsou zvýšeny o úhrny měsíčních horizontálních srážek (HP) (všechny hodnoty jsou v mm).

Parametry	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	I.-XII.	IV.-IX.
EVP_a	0.7	2.6	16.8	47.3	82.2	102.3	115.2	110	68.6	40	10	1.9	597.6	525.6
R_a	27.3	25.6	29.5	36.7	54.2	61.8	65.3	56.2	40.1	38.1	37.1	33.1	505.0	314.3
HP^+	3.3	2.1	1.1	2.6	2.6	3.8	3.2	5.8	5.8	3.9	4.9	3.1	42.2	23.8

Pozn.: $^+$ průměrné hodnoty horizontálních srážek jsou odvozeny za období 1998-2002 ze tří studovaných lokalit porostního mikroklimatu



Obrázek 4. Vývoj vláhové bilance v letech 1851-2001 v oblasti lužních lesů jižní Moravy. Periodický trend vláhové bilance je proložen polynomem 4 stupně.

Z dosažených výsledků vláhové bilance vyplývá, že srážky nemohou být jediným zdrojem vody pro existenci ekosystému lužních lesů. Vláhová bilance nám např. definuje disponibilní vláhu pro přirozený areál rozšíření dubu, která se dle literatury (Vinš, 1996) pohybuje kolem 250 mm. Je zřejmé, že dny s vláhovou bilancí 250 mm a vyšší se během 150-ti letého období (1851-2001) vyskytly pouze 4 krát.

Potenciální vláhová bilance ekosystému lužního lesa je řešena v rámci výzkumného záměru LDF MZLU v Brně pod číslem MSM 434100005 *„Trvale udržitelné hospodaření v lesích a v krajině. Od koncepce k realizaci“*.

Literatura

Hadaš P, Prax A., 2001: Stress factors of soils moisture regime of floodplains forests**.** Ekológia (Bratislava), Vol. 20, Supplement 1/2001, p. 143-162.
Havlíček, V. a kol., 1986: Agrometeorologie. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 264 str.
Chromov S. P., 1968: Meteorológia a klimatológia. Vydavateľstvo Slovenskej academie vied, Bratislava, 456 str.
Kolektiv, 1972: Podnebí Československé socialistické republiky. Textová část. HMÚ, Praha, 355 str.
Meloun M., Militký J.. 1998: Statistické zpracování experimentálních dat. EAST PUBLISHING Praha. 839 str.
Mottl W., 1983: Abschätzung der potentiellen Evapotranspiration aus Klimadaten und Verfleich verschiedener Berechnungsmethoden. Österreichische Wasserwirtschaft, 35, 9/10: 247-254.
Možný M., 1993: Potenciální evapotranspirace jako významná agroklimatická charakteristika. Meteorologické zprávy, 46, 5: 152-156.
Nosek M., 1972: Metody v klimatologii. Academie, Praha, 434 str.
Polišenský A., 1988: Stoletá řada atmosférických srážek na stanici Valtice na jižní Moravě. Meteorologické zprávy 41, 3: 75-81
Tomlain J., 1979: Metódy určovania potenciálného a skutočného výparu z povrchu pôdy. Meteorologické zprávy, 32, 2: 72-76.
Vinš B. a kol., 1996: Dopady možné změny klimatu na lesy v České republice – Územní studie změny klimatu, Element 2. Národní klimatický program České republiky – svazek 19. ČHMÚ Praha, 135 str.
Zverev A. S., 1986: Synoptická meteorológia. ALFA Bratislava, SNTL Praha, 712 str.

Kontaktní adresa: RNDr. Pavel Hadaš, Ústav ekologie lesa, LDF MZLU v Brně, Zemědělská 3, Brno 613 00, Česká republika, +420 545134188, hadas@mendelu.cz

Abstract

POTENTIAL WATER BALANCE IN THE AREA OF FLOODPLAIN FOREST ECOSYSTEM

Sustainable management of floodplain forests is affected by a number of abiotic factors of which the primary ones include temperature and moisture conditions of environment forming at a level of both stand microclimate and mesoclimate. Regarding the fact that the ecosystem of floodplain forests is bound to water, an assessment was made of the development of its moisture balance for the purposes of objective evaluation of the development of abiotic conditions of the floodplain forest ecosystem with respect to its sustainable management.

A reconstruction of the course of moisture balance was made on the basis of multiple regression function and available long-term time series of air temperatures and precipitation, and on the basis of similar time series measured in South Moravia.The assessment of moisture balance includes a model calculation of the potential amount of horizontal precipitation (from dew and rime). Potential evaporation of stand microclimate is deduced on the basis of the relation between temperature and relative humidity according to the formula by Ivanov and potential evapotranspiration of mesoclimate is derived by indirect method according to Thornthwaite.

It follows from the results of moisture balance that precipitation cannot be the only source of water for the existence of floodplain forest ecosystem. Water balance can specify e.g. moisture available for the natural habitat of oak, which is referred in literature as to be ranging about 250 mm. It is obvious from the results that the days with moisture balance of 250 mm and greater occurred only 4-times during the period of 150 years (1851-2001). It follows that the research of the course of moisture balance, microclimate/mesoclimate relation can provide us information about a future development of floodplain forest ecosystem and about the sustainable management of these forests as related to the anticipated climatic changes of the Earth.

Key words: potential evaporation, moisture balance, stand microclimate, mesoclimate, floodplain forest of Morava/Dyje river system

Souhrn

Trvale udržitelné obhospodařování lužních lesů ovlivňuje řada abiotických faktorů. Mezi základní faktory patří i teplotní a vlhkostní poměry prostředí, které se formují v úrovni mezoklimatu a porostního mikroklimatu. Vzhledem k tomu, že ekosystém lužních lesů je vázán na vodu, je pro účely objektivního hodnocení vývoje abiotických poměrů ekosystému lužních lesů z pohledu zajištění trvale udržitelného obhospodařování lužních lesů provedeno zhodnocení vývoje jeho vláhové bilance.

Na základě vícenásobné regresní funkce a dostupných dlouhodobých časových řad teplot vzduchu a srážek a obdobných časových řad měřených v oblasti jižní Moravy je provedena rekonstrukce vývoje vláhové bilance. V rámci hodnocení vláhové bilance je proveden modelový výpočet potenciálního množství horizontálních srážek (z rosy a jinovatky), potenciální evapotranspirace. Potenciální výpar porostního mikroklimatu je odvozen na základě vztahu mezi teplotou a relativní vlhkosti podle vzorce Ivanova, potenciální evapotranspirace mezoklimatu nepřímou metodou podle Thornthwaita.

Z dosažených výsledků vláhové bilance vyplývá, že srážky nemohou být jediným zdrojem vody pro existenci ekosystému lužních lesů. Vláhová bilance nám např. definuje disponibilní vláhu pro přirozený areál rozšíření dubu, která se dle literatury pohybuje kolem 250 mm. Je zřejmé, že dny s vláhovou bilancí 250 mm a vyšší se během 150-ti letého období (1851-2001) vyskytly pouze 4 krát. Je zřejmé, že studium vývoje vláhové bilance,vztahu mikroklimatu a mezoklimatu nám může poskytnout informace o budoucím vývoji ekosystému lužních lesů a o zajištění trvale udržitelného obhospodařování lesů ve vztahu k očekávaným změnám klimatu Země.

Klíčová slova: potenciální evapotranspirace, vláhová bilance, porostní mikroklima, mezoklima, ekosystém lužního lesa řek Moravy a Dyje