

# HORIZONTALNÍ SRÁŽKY JAKO VÝZNAMNÁ SLOŽKA VLÁHOVÉ BILANCE EKOSYTÉMU LUŽNÍCH LESŮ

Pavel Hadaš

Institute of Forest Ecology, Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University of  
Agriculture and Forestry, Brno, Czech republic, [hadas@mendelu.cz](mailto:hadas@mendelu.cz)

## Abstract

A most vulnerable point of the floodplain forest ecosystem is a disturbance of its water balance with the direct impact on the moisture regime of soils and soil water supplies. During the growing season the increased expenditure of water by evapotranspiration is usually compensated for either by the subsidy of soil and ground water or by atmospheric precipitation.

Taking into account the specific features of floodplain forest climate in South Moravia (higher air temperatures and lower atmospheric precipitation totals in summer months) an issue is discussed of the significance of horizontal precipitation in water balance. The amount of horizontal precipitation is established on the basis of a model computation from measuring relative humidity and air temperature within the forest stand microclimate.

It follows from the analysis that in extremely dry vegetation periods the horizontal precipitation totals may reach up to 40 mm, which is more than 10% of total atmospheric precipitation.

Key words: monitoring forest stand microclimate, horizontal precipitation, water balance, floodplain forest ecosystem, South Moravia

## Úvod

V oblasti lužních lesů jižní Moravy v nivách řek Moravy a Dyje byly v roce 2000 dokončeny revitalizační opatření. Revitalizační opatření spočívala v obnovení podélného i příčného propojení původních kanálů a starých říčních ramen s páteří sítí vodních toků a v úpravách stavidlových objektů páteřních toků. Na základě studia dopadu revitalizačních opatření na ekosystém lužního lesa (Hadaš, Prax, 2001, Hadaš, 2003) bylo zjištěno, že se zvětšila plocha vodních toků a zvýšila se úroveň hladiny podzemní vody. Hladina podzemní vody se dostává nad horní hranici šterkopísků do vrstev hlinitých horizontů, což umožňuje vzlínáním vylepšovat vlhkostní režim půd v půdních horizontech s výskytem kořenového systému dřevin. Dále bylo zjištěno, že objemová vlhkost půdy v 60 cm pod porosty je během vegetačního období téměř z 92 % ovlivňována vyšší úrovní hladiny podzemní vody, 0.6 % připadá na evapotranspiraci a pouze 0.1 % připadá na místní atmosférické srážky. Vlhkostní režim nivních půd pod porosty charakterizovaný objemovou vlhkostí půdy v úrovni 30 cm je během vegetačního období v průměru z 53 % ovlivněn vývojem hladiny podzemní vody, z 6 % evapotranspirací a pouze 0.9 % připadá místní srážkové úhrny.

Na hospodářsky využívaných vytěžených plochách (na pasece v lokalitě Herdy) je vlhkostní režim nivních půd v úrovni 60 cm ovlivňován z cca 81 % úrovní hladiny podzemní vody, více jak 13 % připadá na evapotranspiraci, cca 4 % na relativní vlhkost vzduchu nad povrchem půdy a pouze 0.5 % připadá na místní srážkové úhrny. Objemová vlhkost půdy v 10 cm na pasece je z téměř 32 % ovlivněna úrovní hladiny podzemní vody, cca 28 % vliv připadá na evapotranspiraci, téměř 21 % připadá na relativní vlhkost vzduchu a 17.5 % na místní srážkové úhrny. Je zřejmé, že ve vlhkostních poměrech svrchních horizontů nivních půd postupně roste míra vlivu evapotranspirace a místních srážkových úhrnů. Vlhkostní poměry svrchních horizontů jsou tak více ovlivňovány vývojem porostního klimatu. Následný obnovný porost odrůstá na volné ploše (holině) bez ekologické ochrany mateřského porostu za plného světelného požitku, udržení dřevin je omezováno a ohrožováno extrémním porostním mikroklimatem, především teplotním režimem povrchu půdy, ovzduší a režimem srážek

s dopadem na evapotranspiraci a vláhovou bilanci. S ohledem na specifické vlastnosti klimatu lužního lesa jižní Moravy, v letním období se střídají periody s vyšší teplotou vzduchu a nižším úhrnem atmosférických srážek, je řešena otázka významu horizontálních srážek ve vláhové bilanci.

## Metodika

V rámci hodnocení vláhové bilance porostního mikroklimatu je proveden modelový výpočet potenciálního množství horizontálních srážek, které označujeme jako rosa. Rosou nazýváme malé kapky vody, vytvářející se během noci na listech vegetace, na travinách a na zemském povrchu, jako výsledek kondenzace vodních par v přízemní vrstvě vzduchu. Vznik rosy vyvolává radiační ochlazení listů vegetace, trávy a zemského povrchu během jasných nocí při bezvětří resp. při rychlosti proudění vzduchu  $1 \text{ m s}^{-1}$ . Obdobný proces kondenzace resp. desublimace probíhá i v období se zápornou teplotou vzduchu resp. zemského povrchu. Produkt se pak označuje jako jíní nebo jinovatka. Tyto produkty kondenzace jsou tvořeny drobnými ledovými jehličkami nebo krystalky.

K měření vodní hodnoty rosy jsou používány rosoměry založené na principu miskové váhy, která zaznamenává množství rosy kondenzované na přizpůsobených mřížkách, umístěných u země. Vzhledem k umístění přístroje v prostředí porostního mikroklimatu, je aktivitou biotické složky luhu ovlivňována citlivost váhy a měření je problematické. Používají se rovněž nepřímé metody měření horizontálních srážek například pomocí Duvdevaniho rosoměru. Jedná se o sérii destiček umístěných v horizontální poloze v různých výškách, na kterých dochází ke kondenzaci. Pomocí série fotografií se subjektivně určuje množství vodní hodnoty rosy. Pro stanovení vodní hodnoty rosy byl zvolen jiný nepřímý postup.

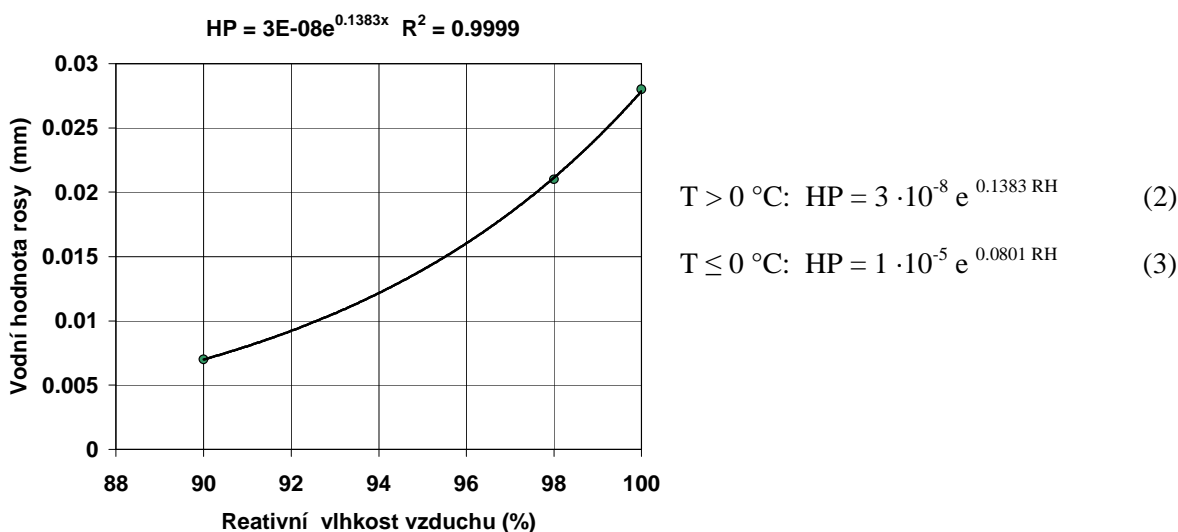
Výpočet množství horizontálních srážek z rosy a jinovatky je založen na podmínkách vzniku radiační mlhy z vyzařování a mlhy z vypařování. Při výpočtu vodní hodnoty (množství) horizontálních srážek se vychází z těchto podmínek:

1. teplota vzduchu je nižší než teplota rosného bodu,
2. rychlost větru není větší než  $3 \text{ m s}^{-1}$  (Zverev, 1986),
3. při  $T > 0 \text{ }^\circ\text{C}$  je minimální relativní vlhkost vzduchu  $\geq 90 \%$  (Chromov, 1968),
4. při  $T \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$  je minimální relativní vlhkost vzduchu  $\geq 80 \%$  (Chromov, 1968),
5. dny s vysokou hodnotou relativní vlhkosti vzduchu a s výskytem srážek nejsou do výpočtu uvažovány.

V podmínkách střední Evropy dosahuje v rovinách voda z rosy za jedinou noc 0.1 až 0.3 mm srážek (Havlíček a kol., 1986). Z podmínek vzniku rosy a dostupných údajů o množství zkondenzované vody dle hodnoty relativní vlhkosti vzduchu byla odvozena exponenciální funkce:

$$HP = a e^{b RH}, \quad (1)$$

kde  $a$ ,  $b$  jsou parametry exponenciální funkce. Pomocí této funkce lze vypočítat potenciální vodní hodnotu rosy v mm, která je získána z měřených hodnot relativní vlhkosti vzduchu porostního mikroklimatu v době od 20 hod. do 8 hod. SEČ následujícího dne při uplatnění všech uváděných podmínek. Údaje o rychlosti větru byly použity ze stanice Lednice - Mendeleum. Odvozená funkce byla použita pro výpočet vodní hodnoty rosy pro dvě paseky s obnovou dubu v lužním lese, která vznikly v důsledku těžby. První se nachází v lokalitě Herdy v blízkosti výzkumné plochy Prof. Ferdinanda Vašíčka, CSc. poblíž Lednice na Moravě a v lokalitě Pohansko nedaleko od Břeclavi. Paseka v lokalitě Herdy je uzavřena uvnitř většího lesního komplexu, paseka v lokalitě Pohansko je tvořena větší otevřenou plochou zaříznutou do okraje lužního lesa. Pro obě lokality byl použit tento tvar exponenciální funkce při



Obrázek 1. Použitá funkční závislost mezi vodní hodnotou rosy a relativní vlhkostí vzduchu pro stanovení množství srážek v mm při  $T > 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

V obou lokalitách probíhá monitoring porostního mikroklimatu. Je měřena teplota a relativní vlhkost vzduchu (čidla jsou 170 cm nad povrchem půdy), teplota povrchu půdy a atmosférické srážky (hrana srážkoměru je 210 cm nad povrchem půdy). K měření uvedených parametrů mikroklimatu jsou použita čidla pro teplotu, vlhkost vzduchu a atmosférické srážky spojená s registrátorem HOBO (výrobce Onset Technical Support, USA). Jedná se o miniaturní bateriový registrátor s příslušným čidlem a vlhkočinným senzorem, respektive senzorem pro snímání srážkové vody, který provádí v 30 minutových intervalech elektronický záznam teploty a vlhkosti vzduchu, teploty povrchu půdy nebo množství srážek. S registrátorem lze komunikovat přes přenosný počítač pomocí obslužného programu přes sériový port a propojovací kabel. Obslužný program umožňuje přehrávat naměřená data do přenosného počítače.

Pro hodnocení vláhové bilance musíme vedle množství srážek znát i hodnotu evapotranspirace. Potenciální měsíční výpar v porostním klimatu je odvozen na základě vztahu mezi měřenou teplotou a relativní vlhkostí vzduchu podle vzorce Ivanova (Tomlain, 1979)

$$EVP = 0.0018 (25 + T_m)^2 (100 - RH_m), \quad (4)$$

kde  $T_m$  je průměrná měsíční teplota vzduchu,  $RH_m$  je průměrná měsíční relativní vlhkost vzduchu. Hodnota EVP je v mm za měsíc.

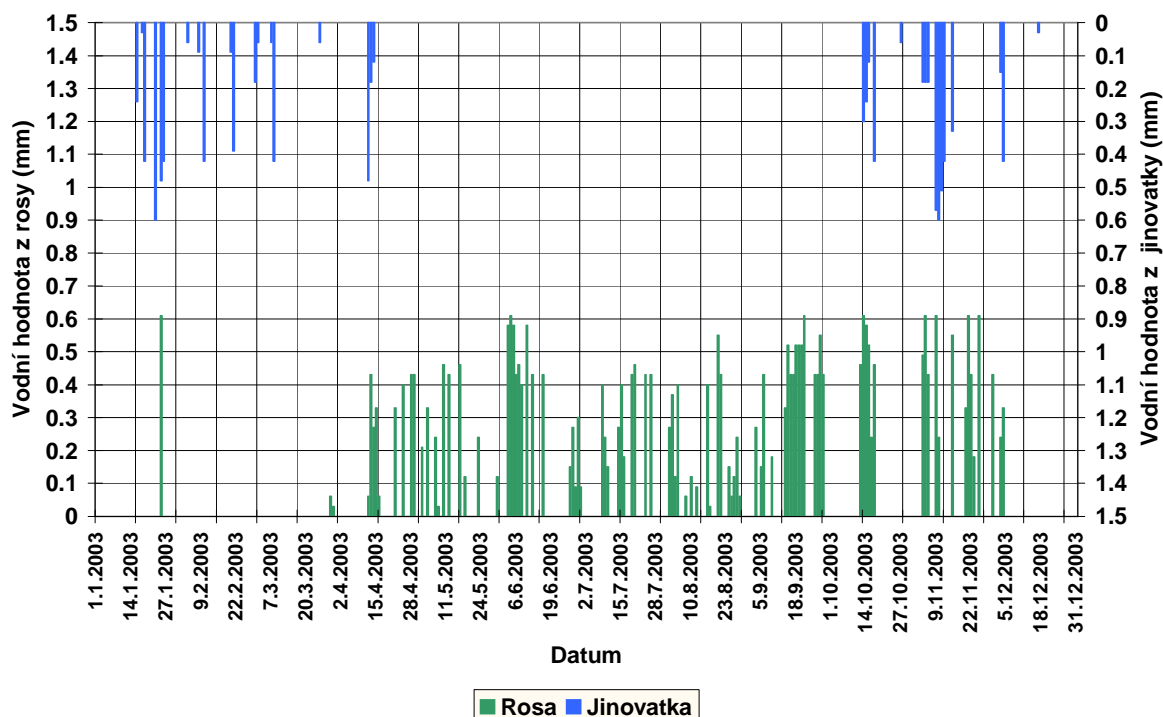
Odvození množství srážek, resp. vodní hodnoty rosy, jíní nebo jinovatky v mm bylo provedeno dle funkcí (2) a (3) pro období 2003-2005.

## Výsledky a diskuse

### Vodní hodnota srážek z rosy a jinovatky

Ukázky odvozených hodnot potenciální vodní hodnoty srážek z rosy a jinovatky v roce 2003 z paseky v lokalitě Herdy jsou znázorněny na obrázku 2, z paseky v lokalitě Pohansko na obrázku 3. V tabulce 1 jsou uvedeny sumy srážek z rosy a jinovatky za rok a za vegetační období v letech 2003-2005. Z obrázků 2 a 3 vyplývá, že pokud jsou splněny podmínky pro vznik rosy nebo jinovatky, tak může vodní hodnota srážek z rosy nebo jinovatky na obou lokalitách dosahovat hodnot od minima 0.05 mm do maxima 0.6 mm. Z tabulky 1 vyplývá, že celkové roční sumy srážek z rosy v lokalitě Herdy dosahují hodnot od 34 do 64 mm, sumy srážek z rosy za vegetační období dosahují cca 24 až 45

mm. Celkové roční sumy srážek z jinovatky v lokalitě Herdy dosahují hodnot od 5 do 9.5 mm, za vegetační období od 0.4 do 0.9 mm.

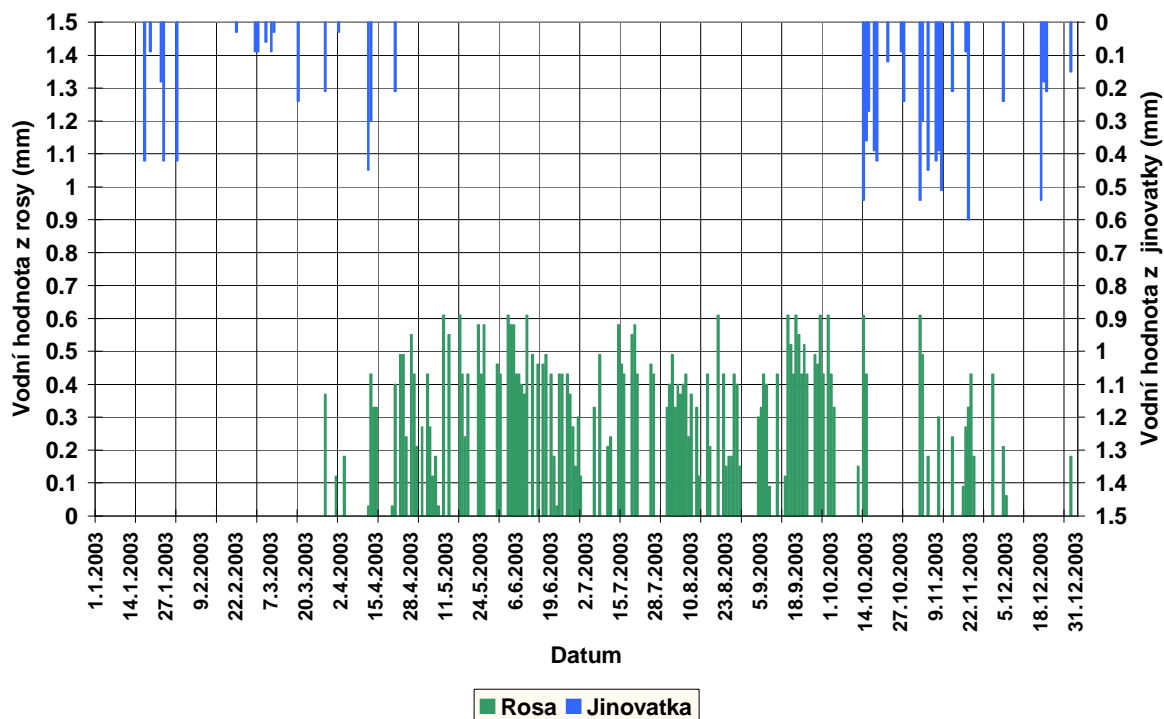


Obrázek 2. Odvozené hodnoty potenciálního množství srážek z rosy a jinovatky na pasece v lokalitě Herdy v roce 2003.

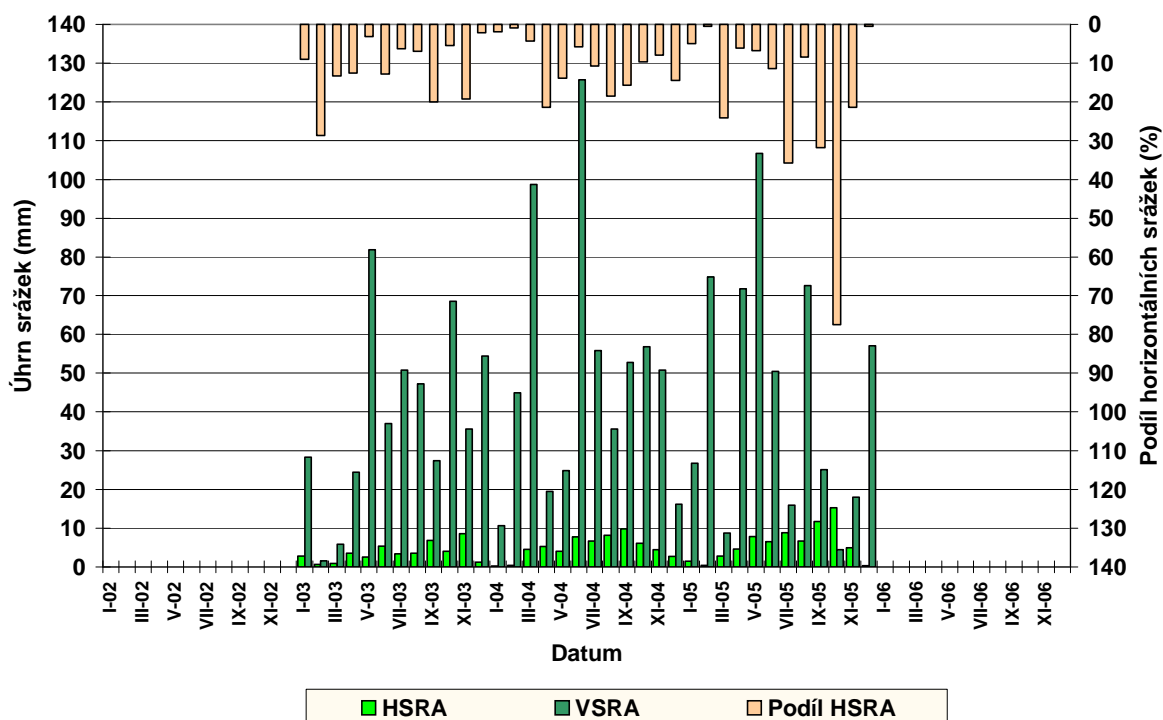
Celkové roční sumy srážek z rosy v lokalitě Pohansko dosahují hodnot od cca 47 do 59 mm, sumy srážek z rosy za vegetační období dosahují cca 39 až 43 mm. Celkové roční sumy srážek z jinovatky v lokalitě Pohansko dosahují hodnot od cca 6 do 11 mm, za vegetační období od 0.5 do 2.0 mm. Z odvozených hodnot vyplývá, že větší a více otevřená plocha paseky v lokalitě Pohansko zpočátku dosahovala o cca 15 mm vyšší roční srážkový úhrn, než v lokalitě Herdy. Tento rozdíl se postupně snižoval, a v roce 2005 je již dosažená hodnota srážek z rosy a jinovatky v lokalitě Herdy vyšší o cca 4 mm. Jednou z možných příčin růstu horizontálních srážek v uzavřené lokalitě paseky Herdy je zvětšení plochy revitalizované říční sítě a tím i zvyšování relativní vlhkosti v ovzduší. Paseka v lokalitě Pohansko je ovlivňována dopady revitalizace říční sítě podstatně méně, proto jsou zde i nižší hodnoty relativní vlhkosti vzduchu. Určitý vliv zde hraje i větší a rychlejší výměna vzduchových hmot s okolím, než v lokalitě paseky Herdy.

Tabulka 1. Sumy potenciálních srážek z rosy a jinovatky za rok a vegetační období na pasece Herdy a Pohansko v letech 2003-2005 odvozené modelovým výpočtem (sumy jsou v mm)

Rok	Rosa – Herdy		Jinovatka-Herdy		Herdy srážky vertikální		Rosa-Pohansko		Jinovatka-Pohansko		Pohansko srážky vertikální	
	Σ Rok	Σ IV-IX	Σ Rok	Σ IV-IX	Σ Rok	Σ IV-IX	Σ Rok	Σ IV-IX	Σ Rok	Σ IV-IX	Σ Rok	Σ IV-IX
2003	34.05	24.39	9.51	0.78	408.6	268.6	47.65	41.21	10.62	0.99	412.8	254.1
2004	54.27	41.01	5.03	0.42	592.0	314.2	59.28	43.34	5.85	0.50	564.3	238.3
2005	64.07	45.30	6.59	0.90	532.3	342.6	56.85	38.88	9.86	2.07	532.9	334.6



Obrázek 3. Odvozené hodnoty potenciálního množství srážek z rosy a jinovatky na pasece v lokalitě Pohansko v roce 2003.



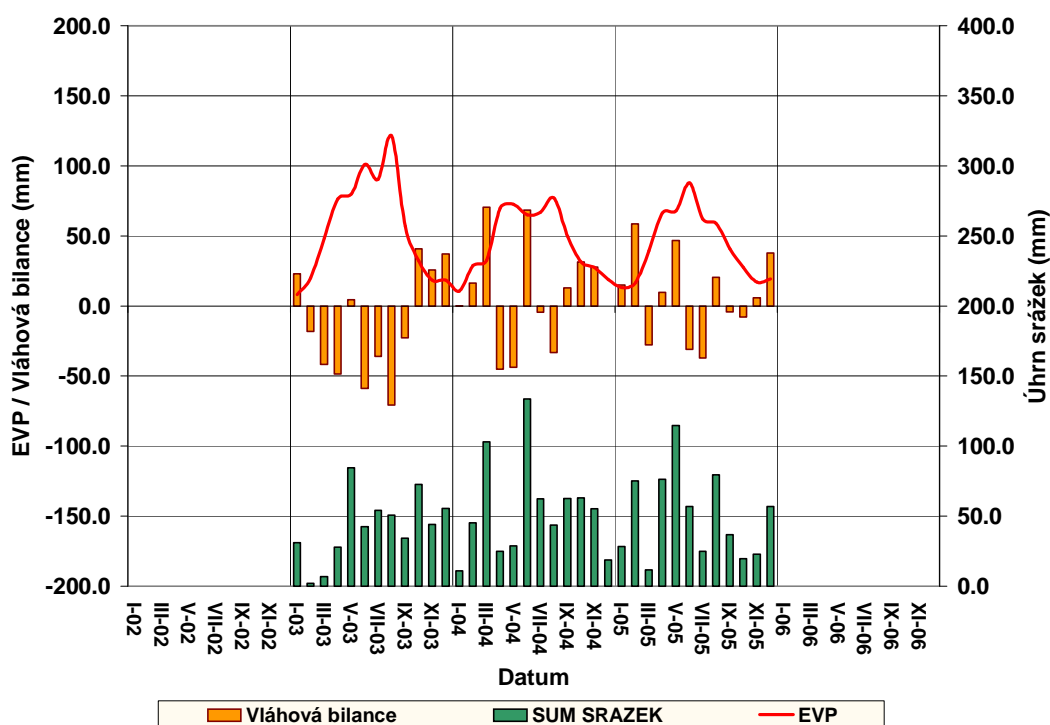
Obrázek 4. Podíl měsíčních sum horizontálních srážek (HSRA) na celkové měsíční sumě atmosférických srážek (suma horizontálních HSRA a vertikálních srážek VSRA) v lokalitě paseky Herdy v období 2003-2005.

Z tabulky 1 vyplývá, že během vegetačního období dosahují horizontální srážky (z rosy) na běžně měřených vertikálních atmosférických srážkách v lokalitě Herdy podíl od 7 do 13 %, v lokalitě Pohansko 12 až 18,5 %. Podíl srážek z rosy a jinovatky v jednotlivých měsících dosahuje ještě větších hodnot. Vzhledem k tomu, že lužní lesy jižní Moravy leží v suchém teplém klimatu, ve kterém mohou úhrny srážek libovolného měsíce klesat i pod 10 mm. Při těchto situacích, zejména v letním období, je v podstatě jediným zdrojem srážek vznik rosy. Na obrázku 4 je znázorněn podíl měsíčních sum horizontálních srážek z rosy resp. jinovatky na celkové měsíční sumě atmosférických srážek v lokalitách pasek Herdy a Pohansko.

Z obrázku 4 vyplývá, že především na konci léta a na podzim dosahuje v lokalitě paseky Herdy podíl horizontálních srážek běžných hodnot 15-20 %, ojediněle 30 až 40 % a v extrémních situacích i nad 70 %. Podobné hodnoty podílů v celkové sumě atmosférických srážek dosahují horizontální srážky i lokalitě paseky Pohansko.

### Vliv na vláhovou bilanci

Je zřejmé že extrémní změny vláhové bilance paseky jsou vyvolány extrémním chodem teplotních a srážkových poměrů jak v úrovni mezoklimatu, tak v úrovni porostního klimatu. Pro udržení dřevin obnovovaných porostů je pak významný každý zdroj vláhy. Na obrázku 5 je znázorněn vývoj srážkových úhrnů (suma vertikálních a horizontálních srážek), potenciální evapotranspirace (podle Ivanova) a vláhové bilance stanoviště paseky v lokalitě Herdy v období 2003-2005.



Obrázek 5. Vývoj vláhové bilance, sumy atmosférických srážek (sumy horizontálních a vertikálních srážek) a výparu (EVP podle Ivanova) stanoviště paseky v lokalitě Herdy v období 2003-2005.

Z vývoje měsíčních sum výparu, horizontálních a vertikálních srážek vyplývá, že deficit vláhové bilance se formuje téměř pravidelně (na jaře) během vegetačního období (od dubna do září). Během května nebo června přechází obvykle vláhová bilance do kladných hodnot. Deficit vláhové bilance, který během vegetačního období roku 2003 dosáhl -232,3 mm, se formoval a postupně prohluboval během téměř celého vegetačního období. Zvýšeným množstvím srážek v květnu přešla

vláhová bilance nepatrně do kladných hodnot (+4.5 mm). Avšak pokračující extrémně teplé počasí a pokles srážek opět vrátilo vláhovou bilanci do deficitu. Pozitivní vliv na zmírnění deficitu vláhové bilance byl zjištěn u horizontálních srážek, které snížily deficit o 25.2 mm. Výraznější vliv měly horizontální srážky v roce 2004, kdy snížily deficit vláhy o 41.6 mm, v roce 2005 snížily deficit až o 46.2 mm.

## Závěr

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 pro fyziologické procesy přízemní vegetací, např. dřevinami obnovovaných porostů. Na zalesňovaných pasekách 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 40 mm horizontálních srážek. Lokalita Herdy vykazuje během vegetačního období 7 až 13 % podíl horizontálních srážek na celkovém úhrnu atmosférických srážek. Podobná dynamika horizontálních srážek se formuje i v lokalitě paseky Pohansko, kde se do vláhové bilance vegetačního období dostává až 46 mm horizontálních srážek, %, podíl na celkové sumě atmosférických srážek vegetačního období dosahuje 12 až 19 %. Podíl měsíčních sum horizontálních srážek na celkové měsíční sumě atmosférických srážek dosahuje běžných hodnot 15-20 %, ojediněle 30 až 40 % a v extrémních situacích (extrémně suchý měsíc) přesahuje podíl i 70 %.

Ukazuje se rovněž, že lužní les s provedenou revitalizací říční sítě vykazuje na uzavřených pasekách růst horizontálních srážek v důsledku rostoucí relativní vlhkosti ovzduší porostního mikroklimatu.

## Poděkování

Práce vznikla v souvislosti s řešením výzkumného záměru MSM č. 6215648902 „Lužní lesy – obhospodařování z pohledu využívání dřeva jako obnovitelné suroviny“.

## 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.
- Hadaš, P., 2003: Temperature and humidity conditions of the floodplain forest with respect to stand microclimate and mesoclimate. *Ekológia* (Bratislava), Vol. 22, Supplement 3: 19-46.
- Havlíček, V. a kol., 1986: *Agrometeorologie*. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 264 str.
- Chromov S. P., 1968: *Meteorológia a klimatológia*. Vydavateľstvo Slovenskej akademie vied, Bratislava, 456 str.
- Tomlain J., 1979: Metódy určovania potenciálneho a skutočného výparu z povrchu pôdy. *Meteorologické zprávy*, 32, 2: 72-76.
- Zverev A. S., 1986: *Synoptická meteorológia*. ALFA Bratislava, SNTL Praha, 712 str.