

# DYNAMIKA PŮDNÍ VLHKOSTI V EKOSYSTÉMU LUŽNÍHO LESA JIŽNÍ MORAVY

Pavel Hadaš<sup>1</sup>, Tomáš Litschmann<sup>2</sup>, Vítězslav Hybler<sup>3</sup>

<sup>1</sup>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)

<sup>2</sup>AMET, Velké Bílovice, Czech republic, [amet@bva.sol.cz](mailto:amet@bva.sol.cz)

<sup>3</sup>Department of Agrochemistry, Soil Science, Microbiology and Plant Nutrition, Faculty of Agronomy, Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech republic, [hybler@mendelu.cz](mailto:hybler@mendelu.cz)

## Abstract

A most vulnerable point of the floodplain forest ecosystem is a disturbance of its soil moisture regime. Disturbances of this kind happen relatively often due to hydrological measures in the Dyje River channel and in the consequence of climate development. Another critical factor that has been recently impacting the water regime of soils are flood events. Regeneration of commercially used floodplain forests is adversely affected both by the deficit and by the surplus of soil moisture.

Thanks to the continual measurement of soil moisture it will be possible to assess the soil moisture dynamics between two site options – on the clearing and inside the forest. Furthermore, a comparison will be made of the values of other monitored variables (soil surface temperature, precipitation amount, air temperature and relative humidity, ground-water table) with the course of soil moisture that will make possible to analyze reasons of soil moisture changes and dynamics with respect to possible deficit situations or with respect to short spells of drought.

Key words: soil moisture regime, monitoring, development on the clearing and inside forest, floodplain forest Dyje river systém

## Úvod

Údolní niva dolních toků řek Moravy a Dyje patří k unikátním přírodním výtvarům. Její význam je natolik nadregionální, že lokalita „Mokřady dolního Podyjí“ je zařazená do nově koncipované trilaterální česko-slovensko-rakouské ramsarské oblasti „Niva na soutoku řek Moravy, Dyje a Dunaje“.

Niva dolního toku Dyje je oblastí, kde se odnepaměti setkával silný vliv říční dynamiky se snahou člověka o uvážené hospodářské využívání. Svým krajinným typem byla niva předurčena do péče lesního a vodního hospodářství, které koordinovaně přetvářeli ráz údolní nivy. Již téměř po dvě století můžeme sledovat rozsáhlé hospodářské zásahy nebo naopak snahu o dílčí obnovení dynamicky vodního režimu údolní nivy. Zásadní změny se odehrály teprve ve druhé polovině 20. století. V tomto období byly lokální zásahy a lesní meliorace vystřídány komplexní vodohospodářskou úpravou, které se odrazily v ekologické stabilitě lužních lesů, ve vodního režimu údolní nivy a tím i ve vlhkostním režimu půd.

Ekologická stabilita lužních lesů jižní Moravy je významně ovlivňována rovněž způsobem hospodaření a zásahy do lesních porostů a lesního prostředí. Hlavním zdrojem zásahů do změny ekologické stability lesa je sklizeň dřeva. Nová příroda blízká či přírodě vzdálená výstavba lesa je určena organizací porostních obnov. Nejrozšířenější forma hospodářského využívání lesa v oblasti lužních lesů je založena na holosečné formě obnovy s jednorázovým smýcením stromů na souvislé porostní ploše. Proces nahrazování vytěženého porostu novým pokolením je doprovázen specifickými ekologickými i stanovištními podmínkami porostního prostředí. Následný porost odrůstá na volné ploše (holině) bez ekologické ochrany mateřského porostu za plného světelného požitku, udržení dřevin je omezováno a ohrožováno extrémní porostního mikroklimatu, konkurencí vitální buřeně,

okusem myšovitých hlodavců a zvěří atd. (Míchal a kol., 1992). Při srovnání s přírodním lesem mění holá seč půdní povrch a intenzitu přeměn rozkladných procesů v půdě, teplotní režim povrchu půdy a vzduchu, vláhovou bilanci a vlhkostní režim půd. Tento způsob obnovy lesa vyvolává kritická stanoviska z pohledu ochrany a zvyšování biodiverzity, přerušení půdních procesů, vytváření monokulturních porostů a nízkého zohlednění vlastností lesního stanoviště.

Současný vlhkostní režim půd údolní nivy řeky Dyje je dále ovlivňován lokální revitalizací vodního režimu. Revitalizační opatření, která byla dokončena v roce 2000, navazovala na stav vodního režimu vzniklého vodohospodářskou úpravou provedenou v minulosti a svým způsobem pomohla zlepšit a zafixovat stav vodního režimu v údolní nivě řeky Dyje pod Novými Mlýny. Revitalizační opatření spočívala v obnovení podélného i příčného propojení původních kanálů a starých říčních ramen s řekou Dyje a v úpravě stavidlových objektů páteřního toku řeky Dyje v lokalitě Herdy a Horního lesa. Přijatá řešení vodního režimu se soustředila zejména na stanovení průběhu hladin povrchových průtoků a zcela opomíjela jejich nutnou dynamiku. Současná lokální revitalizační opatření jsou totiž ve velké míře vázána na statickou, uměle navýšenou hladinu povrchové vody a do určité míry omezují možnosti obnovy dynamiky průtokového režimu.

V současné době je zřejmé, že možnosti lokálních revitalizačních opatření začínají být vyčerpány. Stěžejní oblast budoucího revitalizačního opatření je situovaná v pravobřežní údolní nivě mezi obcí Bulhary a lokalitou Janohrad (tato oblast je na svých hranicích vymezena regulovaným korytem Dyje a jejím derivačním ramenem Zámecká Dyje). Tato opatření budou zásadně ovlivňovat vodní režim údolní nivy i lužního lesa až po město Břeclav (lokalita Horní les a Kančí obora). Budoucí revitalizace jsou určeny pohledem na údolní nivu jako na organický celek a jsou determinovány nutností obnovy nejen dynamiky jejího průtokového režimu a vlhkostního režimu půd, ale jak ukázala jarní povodeň roku 2006, i zajištění protipovodňové ochrany.

## **Materiál a metodika**

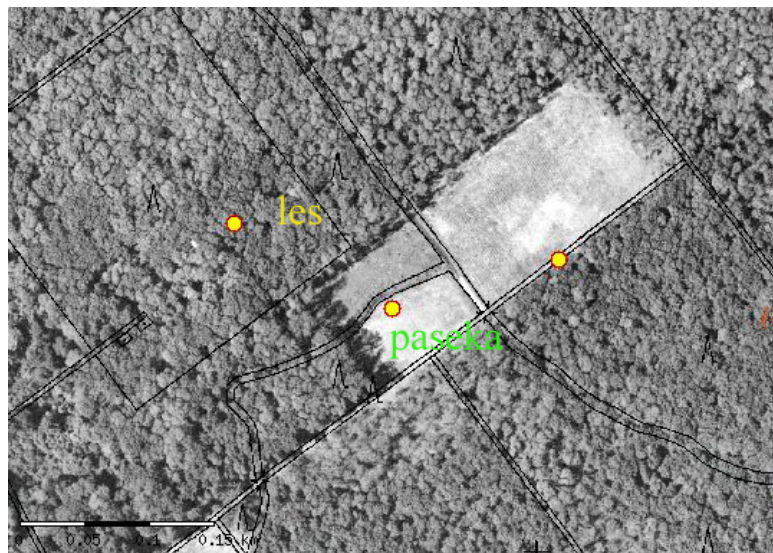
V rámci řešení mikroklimatických poměrů ekosystému lužního lesa v rámci výzkumného záměru LDF MZLU v Brně pod číslem MSM 434100005 „*Trvale udržitelné hospodaření v lesích a v krajině. Od koncepce k realizaci*“ jsme se mj. zabývali též i měřením objemové vlhkosti půdy na dvou lokalitách v blízkosti Výzkumné plochy Prof. Ferdinanda Vašíčka, CSc. poblíž Lednice na Moravě, spravované LDF MZLU. Lesní porost je zde tvořen převážně duby, jasany a jilmy, v bezprostředním okolí stanice „les“ se nachází lípa srdčitá (*Tilia cordata*). Stáří porostu je 100 – 130 let. Bližší představu o zkoumané ploše se zakreslením obou mikrometeorologických stanic vybavených registrátory vlhkosti půdy typu VIRRIBLOGGER (AMET Velké Bílovice) poskytuje obr. 1. Stanice označená jako „paseka“ se nachází na volné ploše tvořené bylinným porostem se semenáčky dřevin o výšce přibližně 20 – 30 cm.

Monitoring vlhkostního režimu půd je zaměřen na zhodnocení dokončené revitalizace obnovy průtokového režimu a vlivu hospodářského využívání lužního lesa. Půdní vlhkost je měřena v hodinových intervalech na dvou stanovištích - na pasece s obnovou dubu (stáří 5 let) a v dospělém porostu v lokalitě Herdy s převahou dubu, shodně v hloubce 60 a 10 cm pomocí snímačů objemové vlhkosti VIRRIB (AMET Velké Bílovice) uložených vodorovně.

Monitoring vlhkostního režimu půd navazuje na monitoring abiotických parametrů ekosystému lužního lesa jižní Moravy (Prax, Hadaš, Hybler, 1997, Hadaš, Prax, 2001). V rámci abiotických parametrů je měřena teplota a relativní vlhkost vzduchu (čidla jsou 150 cm nad povrchem půdy), teplota povrchu půdy a teplota v 5 cm pod povrchem a atmosférické srážky. K měření uvedených parametrů mikroklimatu jsou použita čidla pro teplotu, vlhkost vzduchu a atmosférické srážky spojená s registrátorem HOBO (výrobce Onset Computer, USA). Na počátku roku 2003 bylo měření v lokalitě Herdy doplněno o čidlo FAR (výrobce DETEGO Třeboň). I toto čidlo je spojeno s registrátorem HOBO. Jedná se o miniaturní bateriový registrátor s příslušným čidlem a vlhkostním senzorem, respektive senzorem pro snímání srážkové vody, který provádí v 30 minutových intervalech elektronický záznam teploty a vlhkosti vzduchu, teploty povrchu půdy a 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 (notebooku).

Kromě těchto monitorovacích stanic je v této lokalitě již od roku 1994 umístěna další stanice, registrující s občasnými výpadky kromě vlhkostí půdy v hloubce 30 a 60 cm, teploty půdy, teploty a vlhkosti vzduchu i hladinu podzemní vody. Tato stanice se nalézá na okraji paseky (na obr. 1 nepopsané žluté kolečko).



Obr. 1  
Letecký snímek s vyznačením polohy jednotlivých měřicích stanic v blízkosti výzkumné plochy Prof. Ferdinanda Vašíčka, CSc., poblíž Lednice na Moravě. (s použitím mapového serveru ÚHÚL)

Díky kontinuálnímu měření půdní vlhkosti je možné posoudit charakteristiku rozdílů půdní vlhkosti mezi variantou na pasece a v lese. Srovnáním ostatních měřených veličin porostního mikroklimatu s půdní vlhkostí je možné vysvětlovat změny jejího průběhu ať už z hlediska možných deficitních situací či krátkodobých přísušků. Souběžně s měřením půdní vlhkosti jsou odebrány půdní vzorky pro stanovení fyzikálních vlastností půdy a pro kalibraci měření. Ověřování kalibrace bylo prováděno příležitostnými odběry vzorků půdy do Kopeckého válečku pracovníky Ústavu agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin AF MZLU a použitím gravimetrické metody, přičemž nebyly zjištěny výraznější rozdíly mezi oběma způsoby stanovení objemové půdní vlhkosti. Tyto vzorky budou využity také pro stanovení bodu vadnutí (Hadaš, Prax, 2001) a predikci situací s pravděpodobností jeho výskytu.

Mikroklimatické podmínky včetně půdní vlhkosti představují důležité faktory ovlivňující obnovu lesa po jeho plošném vytěžení. V předloženém příspěvku se proto zaměříme na vyhodnocení dvouletých měření půdních vlhkostí (2004-2005) prováděných v lužním lese a na pasece vzniklé smýcením lužního lesa v listopadu 1997. Hodnoty a průběh půdní vlhkosti na konkrétním stanovišti ovlivňuje celá řada faktorů, mezi něž patří zejména evaporace z půdy, spotřeba vody rostlinami, půdní vlastnosti, velikost a hustota makropórů vytvořených odumírajícími kořeny, historie srážek a v případě lužního lesa i výška hladiny podzemní vody pod povrchem, která hraje jednu z důležitých rolí.

K posouzení změn objemové vlhkosti půdy měřené na pasece během vegetačního období roku 2004 byly použity faktory, u kterých se předpokládá přímý nebo nepřímý vliv na vývoj vlhkosti půdy. Jedná se o vývoj vláhové bilance a vývoj relativní vlhkosti vzduchu. Vzhledem k opakované poruše čidla pro měření úrovně hladiny podzemní vody v lokalitě Herdy byl použit vývoj průtoků v nedalekém říčním toku nacházejícím se severovýchodním směrem ve vzdálenosti cca 1750 m. Hodnoty průtoků byly převzaty z hydrologického profilu Dyje-Ladná (Kolektiv, 2005). Vláhová bilance byla vyhodnocena na základě rozdílu mezi denními úhrny srážek a denní potenciální evapotranspirací vypočtenou dle metody Turca (Turc, 1961). V denních úhrnech srážek byla vedle

měřené vertikální srážky zahrnuta rovněž srážka horizontální, vznikající při tvorbě rosy (Hadaš, 2003). Vývoj vláhové bilance byl charakterizován průběžně sumovanou denní hodnotou vláhové bilance.

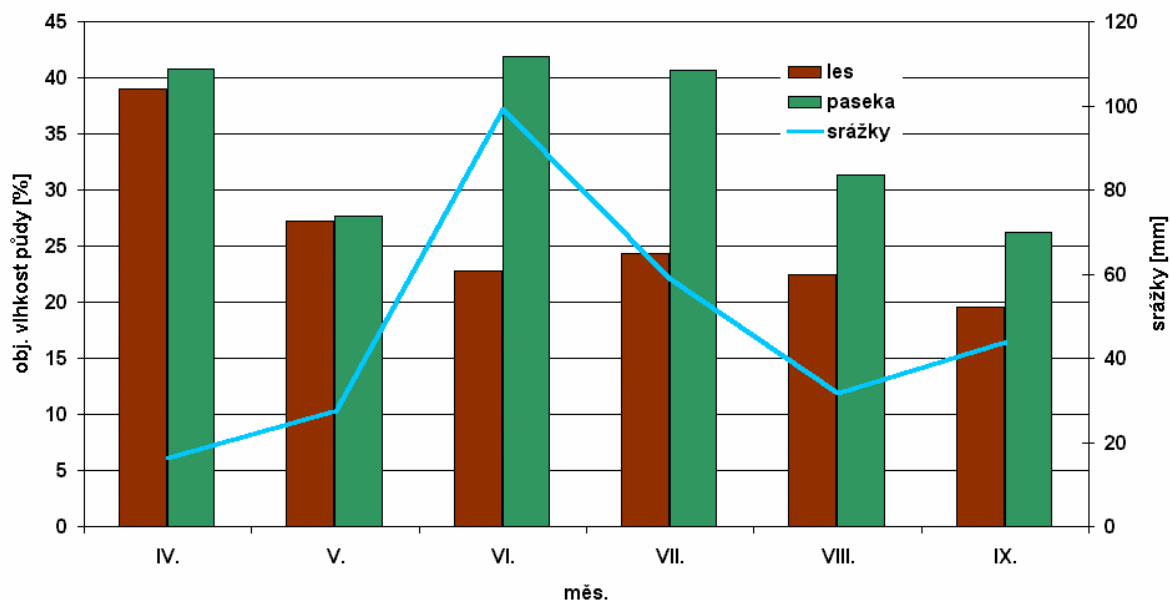
Pro výpočet potenciální evapotranspirace bylo nutné odvodit hodnoty denních sum globální radiace. Denní sumy globálního záření byly odvozeny na základě modelového výpočtu komponent slunečního záření v horizontální rovině (Hadaš, 2002). V modelovém výpočtu byly použity údaje o denním trvání slunečního svitu během vegetačního období roku 2004 ze stanice Lednice – Mendeleum. Ke kalibraci modelového výpočtu byly použity měřené denní sumy FAR na stanovišti Herdy paseka. Pro stanovení míry vlivu použitých faktorů byla aplikována jednoduchá i vícenásobná regresní a korelační analýza (Meloun, Militký, 1998).

#### *Porovnání měsíčních průměrných vlhkostí v lese a na pasece*

Pro potřebu posouzení velikosti a ročního chodu půdních vlhkostí na jednotlivých stanovištích a v jednotlivých hloubkách byly z hodinových záznamů údajů snímačů VIRRIB vypočítány měsíční průměrné hodnoty, v nichž se do jisté míry eliminují krátkodobé výkyvy (o nichž pojednáme dále) a grafy se stávají přehlednějšími. Výsledky těchto zpracování jsou na obr. 2 až 5. Na počátku vegetačního období se vlhkosti v hloubce 10 cm příliš neliší, výraznější rozdíly nastávají v letních měsících a především pak ve srážkově vydatnějších obdobích, během nichž lze předpokládat, že do půdního profilu na pasece proniká více vody než v lesním prostředí. V roce 2004 se tak stalo v již v červnu, v roce 2005 o měsíc později. V obou těchto měsících spadlo kolem 100 mm srážek, což je nadnormální množství pro tuto lokalitu.

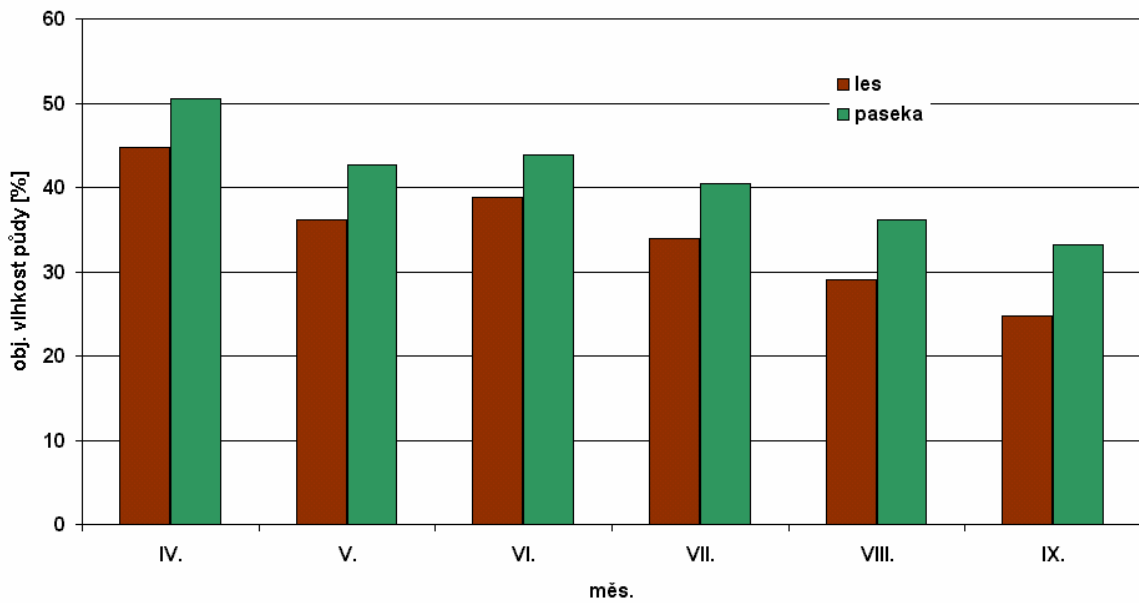
U hloubky 60 cm jsou patrné téměř trvale vyšší hodnoty půdních vlhkostí na pasece, v roce 2005 byly hodnoty zpočátku téměř stejné, teprve od června se začaly výrazněji lišit.

**Průměrné měsíční vlhkosti půdy v hloubce 10 cm v lese a na pasece v roce 2004**



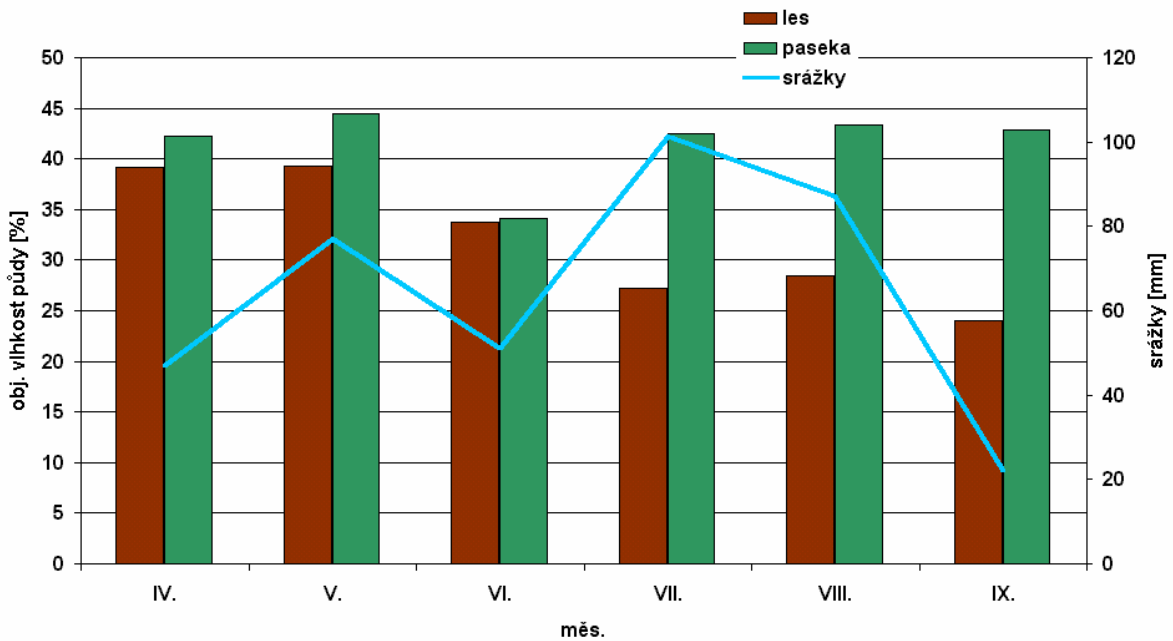
Obr. 2

**Průměrné měsíční vlhkosti půdy v hloubce 60 cm v lese a na pasece v roce 2004**



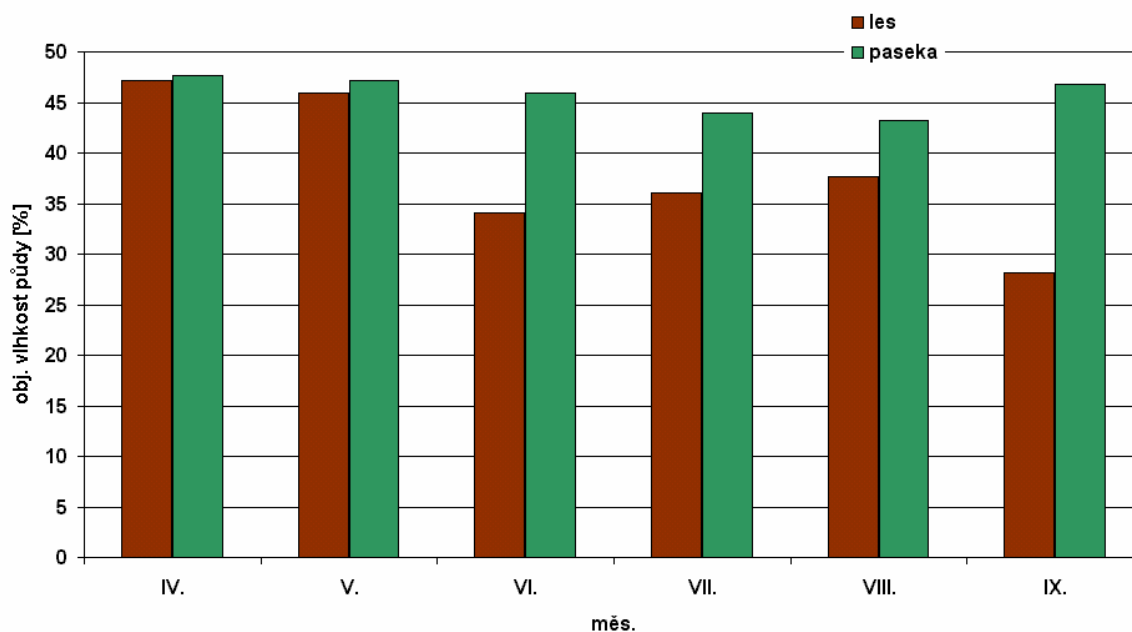
Obr. 3

**Průměrné měsíční vlhkosti půdy v hloubce 10 cm v lese a na pasece v roce 2005**



Obr. 4

**Průměrné měsíční vlhkosti půdy v hloubce 60 cm v lese a na pasece v roce 2005**



Obr. 5

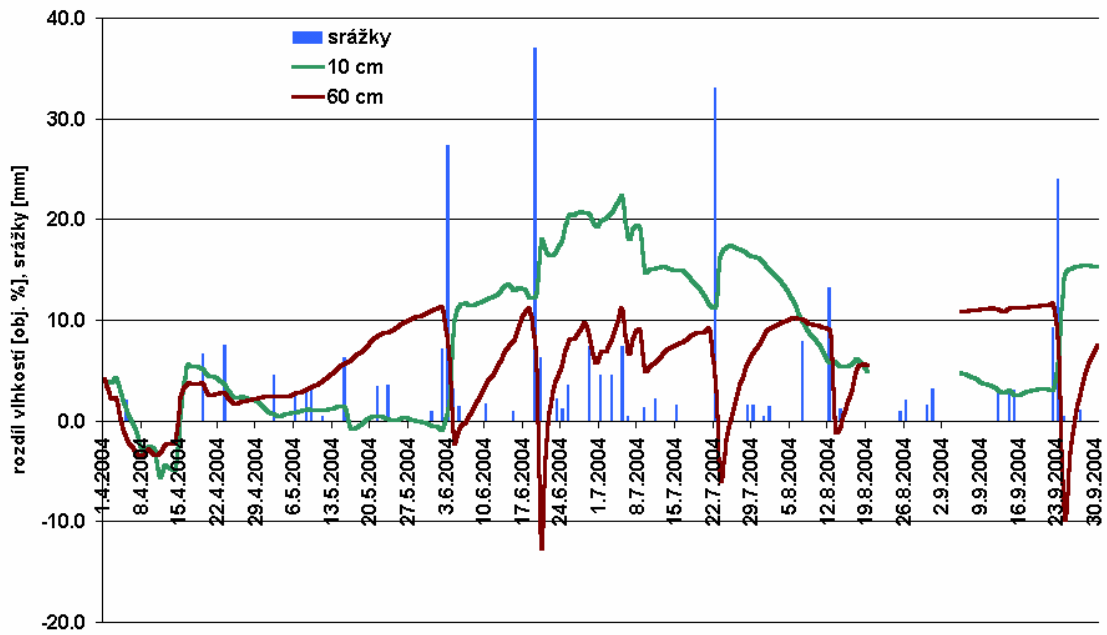
*Porovnání rozdílů půdních vlhkostí v lese a na pasece ve vegetačním období 2004 a 2005*

Na obr. 6 a 7 jsou vyneseny rozdíly v půdních vlhkostech v hloubce 10 a 60 cm na pasece a v lese v letech 2004 a 2005. Kladné hodnoty znamenají, že na pasece jsou vyšší objemové vlhkosti půdy oproti lesnímu stanovišti, záporné naopak. Vyhodnocovalo se pouze vegetační období od dubna do září, v němž jsme předpokládali, že se vliv různých druhů porostů bude projevovat nejvýrazněji.

Na začátku vegetačního období roku 2004 se vlhkosti půdy v hloubce 10 cm pohybovaly na obou stanovištích nejprve na stejné úrovni, zatímco v hloubce 60 cm se rozdíly pozvolna od první dekády května zvyšovaly úměrně tomu, jak docházelo k rozvoji listové plochy stromů. K výraznější změně došlo během intenzivní srážky počátkem června, po níž došlo k zvýšení rozdílů v hloubce 10 cm a naopak k jejich snížení v 60 cm. Dá se to vysvětlit tím, že do půdy na pasece proniká za těchto situací více srážkové vody než pod lesním porostem, kde je jednak nutno počítat s intercepací, jednak s vyšší zádržnou schopností nadložního humusu a opadu pod korunami stromů. Naproti tomu snížení rozdílů v hloubce 60 cm je způsobeno tím, že po vydatnějších srážkách i v širším okolí dojde ke zvýšení hladiny podzemní vody a snímače na obou lokalitách se dostanou do oblasti kapilárně podepřené vody a její přítok dostahuje k pokrytí vláhových potřeb obou typů porostů. Obdobná situace se v roce 2004 opakovala ještě čtyřikrát, vždy po vydatnějších srážkách. Maximální kladné rozdíly v půdních vlhkostech dosahovaly v hloubce 10 cm přes 20 obj. %, v hloubce 60 cm se pak pohybovaly kolem 10 obj. %.

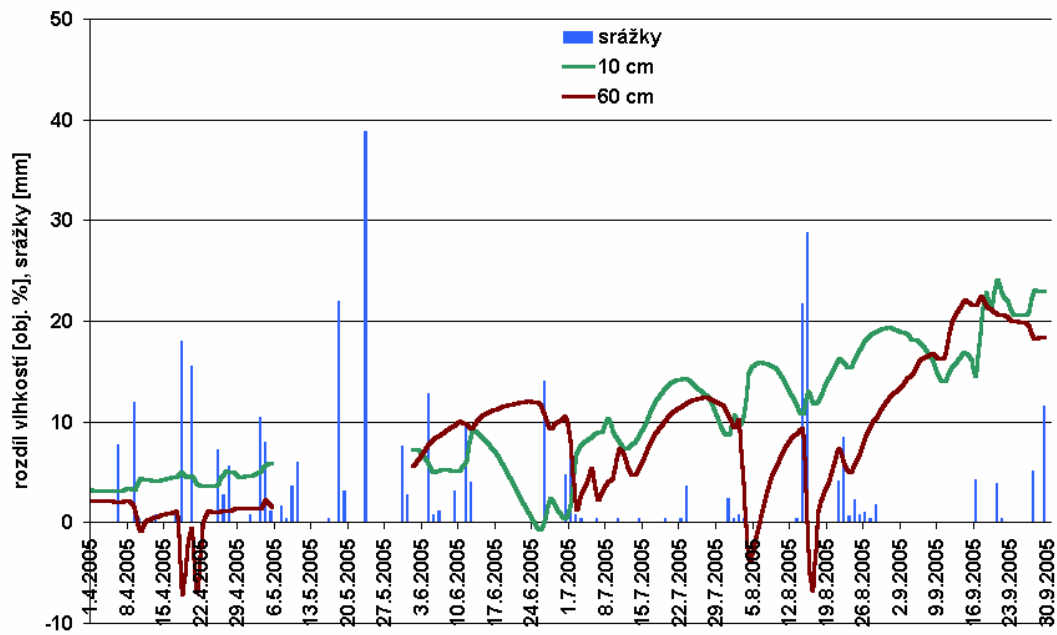
Obdobné tendence bylo možno sledovat i v roce 2005, na začátku vegetačního období byly rozdíly opět velmi malé a zvětšovaly se ke konci vegetačního období, kdy dosahovaly v obou hloubkách hodnoty přibližně 20 obj. %. Po vydatnějších srážkách, ačkoliv v tomto roce ne tak často jako v předchozím, dochází opět ke snížení rozdílů vlhkosti v hloubce 60 cm a naopak jejich zvýšení v hloubce 10 cm.

*Rozdíl vlhkosti půdy na pasece a v lese v roce 2004*



Obr. 6

*Rozdíly vlhkosti půdy na pasece a v lese v roce 2005*



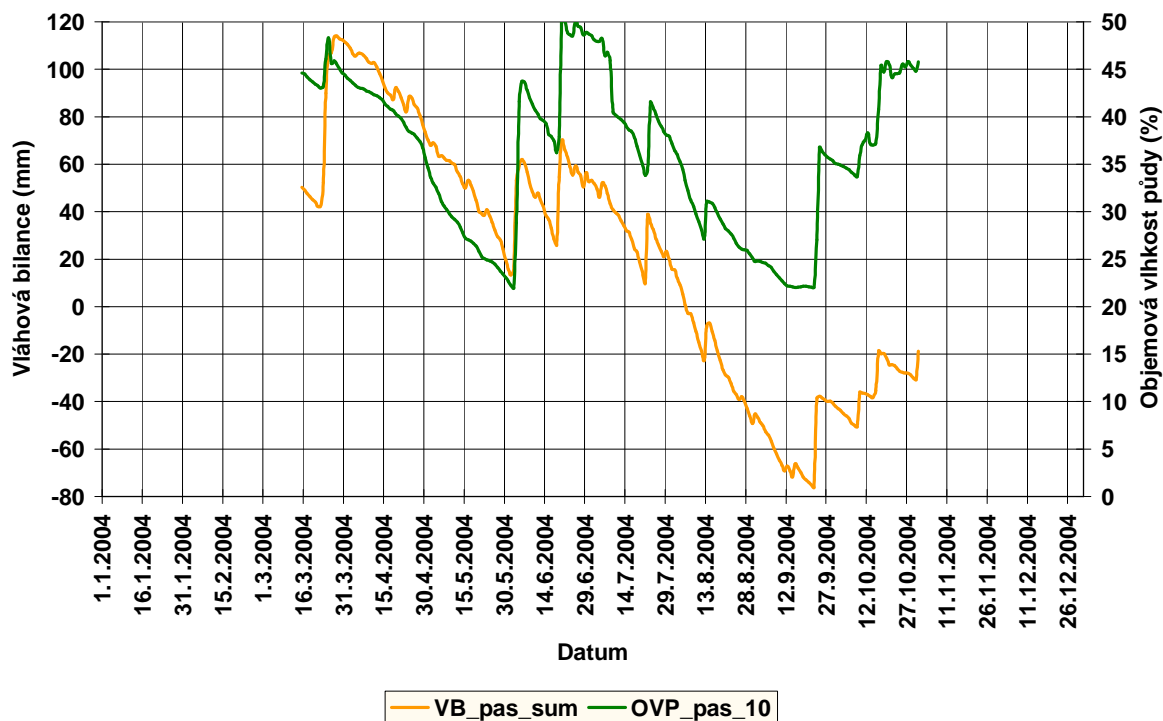
Obr. 7

### Faktory ovlivňující vývoj objemové vlhkosti půdy v úrovni 10 a 60 cm roce 2004

Na obr. 8 je znázorněn vývoj objemové vlhkosti půdy měřený na pasece v 10 cm (dále jako OVP10) a vývoj vláhové bilance v lokalitě Herdy. Z obrázku je zřejmé, že denní průměr OVP10 velmi dobře reaguje na vývoj vláhové bilance povrchu půdy. Na pokles i vzestup vláhové bilance okamžitě reaguje poklesem nebo vzestupem i OVP10. Při přechodu vláhové bilance do největšího srážkového deficitu (-76.2 mm, 22.9.2004) dochází v hloubce 10 cm k výskytu nejnižší 22 % objemové vlhkosti půdy. Z vývoje půdních vlhkostí na pasece v 10 cm vyplývá, že vlhkost v půdě se při této situaci přiblížila k bodu vadnutí. Jako hodnotu bodu vadnutí jsme uvažovali hodnotu určenou metodou dle Váši ve výši 21.12 %. Pokud se vlhkost půdy dostane pod bod vadnutí, můžeme obecně říci, že vegetace, jejíž kořenový systém čerpá vláhu převážně z hloubky 10 cm (obnova porostů) může být oslabena a až nevratně poškozena působením sucha.

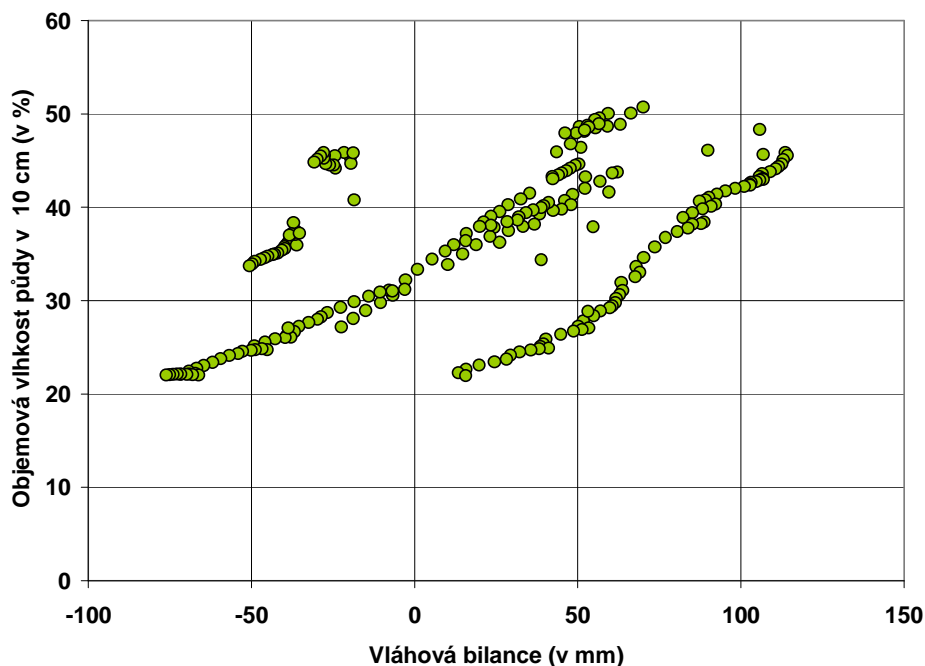
Závislost OVP10 na vláhové bilanci je znázorněna na obr. 9. Z obrázku vyplývá, že průběh závislosti OVP10 v období 15.3. – 31.10. 2004 můžeme rozdělit cca do tří částí. Vzhledem k charakteru závislosti ve studovaném období byl zjištěn mírný stupeň těsnosti mezi vláhovou bilancí a OVP10. K vysvětlení vývoje OVP10 byl vedle vláhové bilance použit ještě další faktor, relativní vlhkost ovzduší. Pro regresní a korelační analýzu bylo studované období 15.3. – 31.10. 2004 rozděleno na tři dílčí období: I. období 15.3. – 4.6.2004, II. období 5.6. – 22.9. 2004 a III. období 23.9.- 31.10.2004. Výsledek regresní a korelační analýzy je uveden v tabulce 1, ve které jsou pro dílčí období uvedeny hodnoty dílčích parciálních koeficientů korelace a hodnoty koeficientů korelace a determinace vícenásobných regresních funkcí.

Z regresní a korelační analýzy vyplývá, že nejvyšší míra váhy vybraných faktorů prostředí byla dosažena u vláhové bilance (0.8893) ve II. studovaném období. Odvozená vícenásobná lineární regresní funkce vysvětluje vývoj OVP10 dle determinantu z více jak 93 %, dle koeficientu korelace 0.965 byl dosažen velmi těsný vztah resp. velmi vysoký stupeň vázanosti mezi OVP10 a vysvětlujícími faktory RH, VB a průtokem. V období I. a III. byl dosažen vysoký stupeň těsnosti vztahu s vysvětlením vývoje OVP10 pomocí RH, VB a průtoků z 66, resp. 83 %.



Obr. 8. Vývoj objemové vlhkosti půdy měřený na pasece v 10 cm (OVP\_pas\_10) a vývoj vláhové bilance (VB\_pas\_sum) v lokalitě Herdy v období 15.3. – 31.10. 2004. Vláhová bilance je vyjádřena jako průběžně sumovaná denní hodnota vláhové bilance.





Obr. 9. Závislost OVP10 na vláhové bilanci na pasece v lokalitě Herdy v období 15.3. – 31.10. 2004.

Tabulka 1. Výsledné hodnoty míry váhy vybraných faktorů prostředí ovlivňujících objemovou vlhkost půdy v úrovni 10 cm na pasece v lokalitě Herdy v roce 2004 vyjádřené pomocí hodnot parciálních koeficientů korelace, determinantů a koeficientů korelace vícenásobných lineárních regresních funkcí.

Faktory prostředí /statistika regrese	I. období 15.3.– 4.6.2004	II. období 5.6. – 22.9. 2004	III. období 23.9. – 31.10. 2004
RH – rel. vlhkost ovzduší	0.0018	0.0027	0.0837
VB – vláhová bilance	0.1636	0.8893	0.4846
Průtok v řece Dyji	0.1662	0.0065	0.2548
D – determinant	0.6605	0.9314	0.8278
R – koeficient korelace	0.8127	0.9651	0.9098

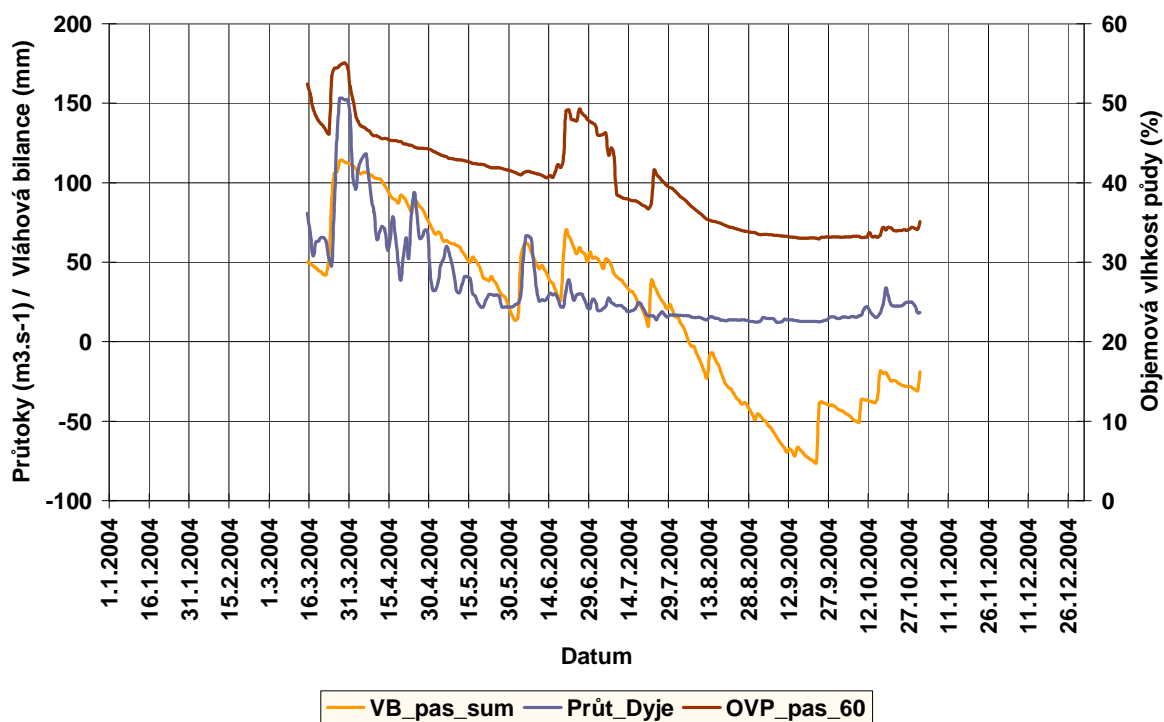
Na obr. 10 je znázorněn vývoj objemové vlhkosti půdy měřený na pasece v 60 cm (dále jako OVP60), vývoj vláhové bilance v lokalitě Herdy a vývoj průtokového režimu v řece Dyji. Z obrázku je zřejmé, že denní průměr OVP60 reaguje na vývoj vláhové bilance povrchu půdy i na průtokový režim v řece Dyji. Na pokles i vzestup vláhové bilance resp. průtokového režimu reaguje poklesem nebo vzestupem i OVP60. U průtokového režimu můžeme pozorovat v období 5.6. až 21.6. 2004 časově zpožděnou reakci v délce 15 dnů. U vláhové bilance pozorujeme větší odezvu, tzn. větší působení povrchového výparu, než předpoklad, že ve větší hloubce je očekávána větší dodávka vlhkosti přes kapilární elevaci z hladiny podzemní vody.

Toto zjištění je potvrzeno i regresní a korelační analýzou. Výsledek regresní a korelační analýzy je uveden v tabulce 2, ve které jsou uvedeny hodnoty dílčích parciálních koeficientů korelace a hodnoty koeficientů korelace a determinace vícenásobné regresní funkce. Odvozená vícenásobná lineární regresní funkce vysvětluje vývoj OVP60 dle determinantu z více jak 78 %, dle koeficientu korelace 0.885 byl dosažen vysoký stupeň vázanosti mezi OVP60 a vysvětlujícími faktory RH, VB a

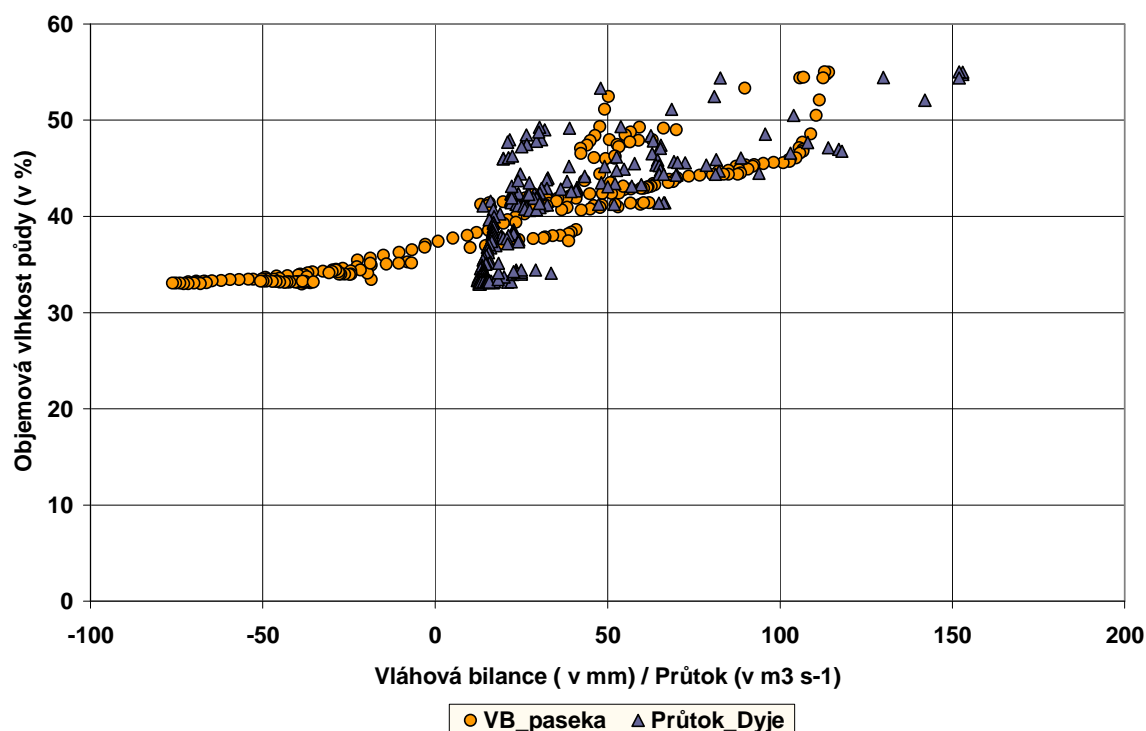
průtokem. Dle parciálních koeficientů korelace má relativní vlhkost vzduchu zanedbatelný vliv, vliv průtokového režimu je rovněž malý, nejvyšší vliv se projevuje u vláhové bilance.

Tabulka 2. Výsledné hodnoty míry váhy vybraných faktorů prostředí ovlivňujících objemovou vlhkost půdy v úrovni 60 cm na pasece v lokalitě Herdy v roce 2004 vyjádřené pomocí hodnot parciálních koeficientů korelace, determinace a koeficientu korelace vícenásobné lineární regresní funkce.

Faktory prostředí	Období 15.3.– 31.10.2004
RH – rel. vlhkost ovzduší	0.0002
VB – vláhová bilance	0.6338
Průtok v řece Dyji	0.0626
D – determinant	0.7824
R – koeficient korelace	0.8845



Obr. 10. Vývoj objemové vlhkosti půdy měřený na pasece v 60 cm (OVP\_pas\_60), vývoj vláhové bilance (VB\_pas\_sum) v lokalitě Herdy a průtoků v řece Dyji v období 15.3. – 31.10. 2004. Vláhová bilance je vyjádřena jako průběžně sumovaná denní hodnota vláhové bilance.



Obr. 11. Závislost OVP60 na vláhové bilanci na pasece v lokalitě Herdy a na průtokovém režimu v řece Dyji v období 15.3. – 31.10. 2004

#### *Možnosti modelování půdních vlhkostí v lužním lese*

Matematické modely umožňují v některých případech lépe proniknout do vztahů mezi jednotlivými faktory ovlivňující vlhkost půdy na různých stanovištích, po jejich verifikaci lze pak provádět výpočty i pro lokality, na nichž se přímá měření neprováděla. Rozhodli jsme se porovnat naměřené hodnoty půdních vlhkostí s vypočítanými pomocí programu BUDGET, který je poměrně nenáročný na vstupní údaje.

Program BUDGET (Raes 2002) se skládá z několika částí, popisujících jednotlivé procesy vznikající při odběru vody kořeny rostlin a pohybem vody půdním profilem. Základními vstupními meteorologickými údaji jsou denní hodnoty potenciální evapotranspirace a srážek. Půdní profil lze definovat z několika vrstev s různými vlastnostmi. V programové databázi jsou uloženy potřebné údaje a pF křivky pro jednotlivé půdní druhy, v případě potřeby je lze modifikovat. Jednotlivé plodiny lze specifikovat pomocí koeficientů  $K_c$ , délky jednotlivých vegetačních období a velikosti kořenového systému.

Pro modelování půdních vlhkostí na pasece byly použity následující údaje: polní vodní kapacita 44 % obj., bod vadnutí 23 % obj., počáteční  $K_c$  0,60, maximální 0,95, hranice bodu snížené dostupnosti se nalézala při 50 % využitelné vodní kapacity. Půdní profil byl považován za homogenní.

Porovnání výsledků výpočtu pro hloubku 10 cm na pasece a srovnání se skutečně naměřenými hodnotami pro rok 2004 je na obr. 12. Ukazuje se, že program BUDGET s parametry nastavenými tak, jak je uvedeno výše, poměrně dobře simuluje průběh půdních vlhkostí na začátku vegetačního období až do okamžiku, kdy dojde k výraznějším srážkám, které většinou způsobují vzestup hladiny podzemní vody a zvýší se její kapilární přítok do kořenové zóny i ve svrchních vrstvách půdy. Za těchto situací je vypočítaná půdní vlhkost nižší než skutečná. V roce 2004 takové období nastalo po srážkách počátkem června a v jeho druhé polovině. Naopak nedostatek srážek ve druhé polovině srpna a v září vedl k tomu, že hladina podzemní vody poklesla a měřená půdní vlhkost se velmi těsně přiblížila k vypočítaným hodnotám.

V roce 2005 byla poměrně dobrá shoda mezi naměřenými a vypočítanými hodnotami půdní vlhkosti (obr. 13) až do poloviny července a jak je z tohoto obrázku zřejmé, k odchylkám došlo právě v důsledku zvýšení hladiny podzemní vody. V jarních měsících, kdy rovněž hladina podzemní vody se nalézala v blízkosti povrchu, byl tento vliv kompenzován jednak nižší potenciální evapotranspirací v tomto období, jednak častějším výskytem srážek, takže hodnoty půdní vlhkosti v blízkosti povrchu se pohybovaly v oblastech polní vodní kapacity a vliv kapilárního přítoku tudíž nemohl být zaznamenán. Zřetelně se však projevilo, že pokud je hladina podzemní vody hlouběji pod povrchem, což bylo v tomto roce od počátku června do poloviny července, panuje velmi dobrá shoda mezi vypočítanými a naměřenými vlhkostmi půdy v hloubce 10 cm. Ke konci vegetačního období tohoto roku, kdy výskyt srážek nebyl příliš častý, to byla zejména podzemní voda, která přispěla ke zvýšení vlhkosti půdy i v jejích svrchních vrstvách.

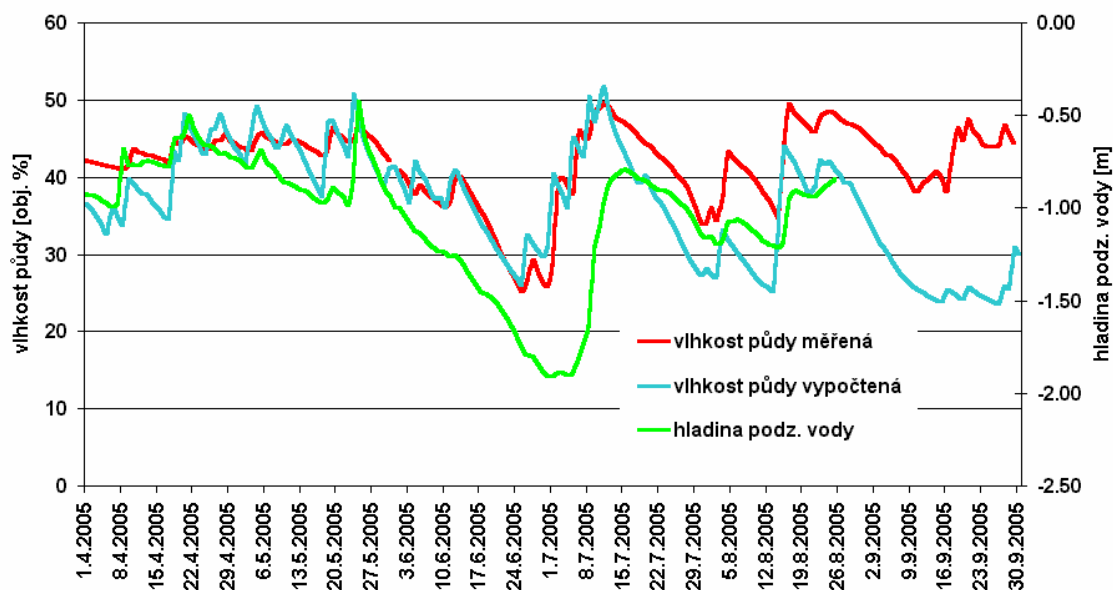
Pokud se vliv podzemní vody projevuje po určitou část vegetačního období v hloubce 10 cm pod povrchem, je zřejmé, že její vliv v hlubších vrstvách bude podstatně výraznější. Proto použití uvedeného simulačního modelu zcela selhalo v případě výpočtu vlhkostí půdy v hloubce 60 cm a jejího porovnání se skutečně naměřenými hodnotami. Velmi dobře si to lze znázornit na obr. 14, na němž jsou vykresleny příslušné hodnoty pro rok 2005. Ukazuje se zde poměrně těsná vazba mezi průběhem půdní vlhkosti a hladinou podzemní vody, proto zejména pak od druhé poloviny července jsou rozdíly mezi vypočítanými a změřenými vlhkostmi půdy poměrně velké a ke konci vegetačního období se zvyšují. V případě absence vlivu podzemní vody by pravděpodobně vlhkost půdy v této hloubce dosáhla bodu vadnutí.

**Porovnání vypočítaných a naměřených hodnot vlhkosti půdy v hloubce 10 cm v roce 2004**



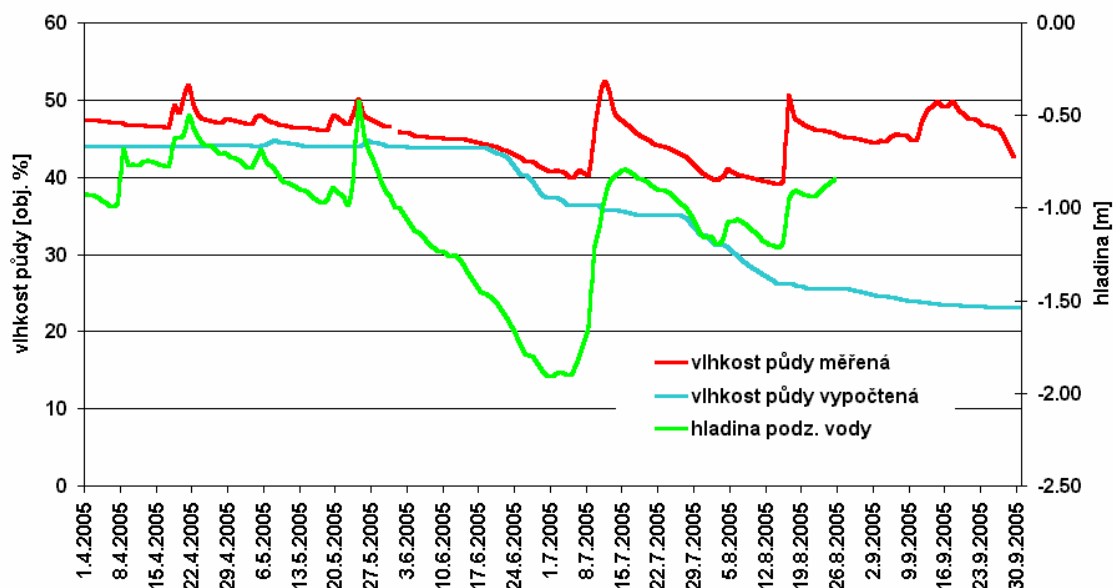
Obr. 12

**Porovnání vypočítaných a naměřených hodnot vlhkosti půdy v hloubce 10 cm a hladiny podz. vody v roce 2005**



Obr. 13

**Porovnání vypočítaných a naměřených hodnot vlhkosti půdy v hloubce 60 cm a hladiny podz. vody v roce 2005**



Obr. 14

**Závěr:**

Ukázalo se, že vlhkost půdy je na pasece stejná anebo vyšší než v lesním porostu, především pak v obdobích s nadnormálními srážkami. Projevuje se to jak v průměrných měsíčních vlhkostech, kdy

se rozdílly pohybují řádově v procentech, v jednotlivých dnech však může rozdíl dosáhnout řádově jednotek až desítek %, a to jak ve svrchních vrstvách, tak i v hloubce 60 cm. Příčinu tohoto stavu je nutno hledat v:

- zvýšené spotřebě vody jednotlivými rostlinnými patry lesního porostu oproti volné pasece,
- vyšší intercepci zapojených korun stromů, snižujících množství srážek spadlých na povrch půdy,
- vyšší a homogenní vrstvě nadložního humusu pod lesním porostem, která v důsledku vyšší polní vodní kapacity snižuje průsak vody do níže ležících vrstev půdy,
- hloubce kořenového systému, jež je u lesního porostu větší než u bylin na pasece a odčerpává vodu i z hlubších vrstev půdy. Za situací, kdy je hladina podzemní vody dostatečně hluboko, nestačí již kapilární přítok pokrývat potřeby stromů a dochází k poklesu vlhkosti půdy i v hlubších vrstvách.

Vláhová bilance rozhodujícím způsobem ovlivňuje vlhkostní režim půd v úrovni 10 cm, stabilita obnovy lesa je v prvních letech po výsadbě v období srážkového deficitu velmi silně ohrožena. Revitalizaci optimálního vlhkostního režimu svrchního horizontu půd v době hlubokého srážkového deficitu lze provádět jen opakovaným umělým zvyšováním hladiny podzemní vody nebo je nutné realizovat speciální technická opatření úpravy povrchu půdy směřující ke snižování evaporace z povrchu půdy (např. pokrytí povrchu půdy drcenou kůrou atd.).

Obdobné výsledky získali i Rajkai a Gacsi (2004) při studiu rozdílů půdních vlhkostí v bukovém lese a na přilehlé mýtině v Maďarsku. I v tomto případě byla místa bez stromů vlhčí.

V případě lužního lesa je nutno počítat s hladinou podzemní vody, která přináší do systému vodu z okolních výše položených oblastí a její množství je ovlivněno celou řadou jak přírodních faktorů, tak i manipulací na VD Nové Mlýny, popřípadě na lokálních hydrotechnických zařízeních instalovaných přímo v lese. Hladina podzemní vody tak může mít průběh nezávislý na výskytu srážek přímo na zkoumaném stanovišti a v případě její blízkosti k povrchu půdy může příznivě ovlivňovat vlhkostní poměry v suším období.

S ohledem na vliv hladiny podzemní vody na průběh vlhkosti lze jenom obtížně modelovat jednoduchými prostředky vlhkostní poměry na zkoumaném stanovišti. Toto modelování však může naopak poměrně dobře odhalit, kdy se vliv zvýšené hladiny podzemní vody uplatňoval a kdy nikoliv.

### **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 soil moisture regime in floodplain forests. *Ekológia* (Bratislava), Vol. 20, Supplement 1/2001, p. 143-162.
- Hadaš P., 2002: Globální a UV složka radiace pro libovolné expozice reliéfu vyšších poloh Moravskoslezských Beskyd – modelový výpočet. *Beskydy*, 15: 31-38.
- Hadaš P., 2003: Potenciální vláhová bilance ekosystému lužního lesa. In.: Šiška B., Igaz D., Mucha M. (ed.): *Bioklimatologické pracovní dny „Funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatologických systémoch“*. Ráčková dolina, 2.-4.9. 2003. Zborník príspevkov.
- Kolektiv, 2005: *Hydrologická ročenka České republiky*. ČHMÚ Praha, 205 str.
- Litschmann T., Michna F., 1993: Změny hydrického režimu půd v NPR Křivé jezero. In: *Klimatické změny a lesní hospodářství*, Sborník z konference, Brno 1.7.1993, s. 103-109
- Litschmann, T., Michna, F., 1995: Trvalé sledování vlivu srážek a výšky hladiny vody na půdní objemovou vlhkost ve svrchní vrstvě půdy v povodí Dyje. *Vodní hospodářství* č.9, s. 271-273
- Meloun, M., Militký, J., 1998: *Statistické zpracování experimentálních dat*. EAST PUBLISHING Praha, 839 str.

- Míchal I. a kolektiv, 1992: Obnova ekologické stability lesů. Academia Praha, 172 str.
- Prax A., Hadaš P., Hybler V., 1997: Experience and results from monitoring of selected parameters of floodplain forest moisture regime (in Czech). III. Proceedings from International Conference „Soil Monitoring“ ÚKZÚZ Brno, p. 31-32.
- Raes, D., 2002: BUDGET. A soil and water balance model. Reference manual, Version 5.0, 88 s.
- Rajkai, K., Gacsi, Z., 2004: Soil moisture patterns in artificial gaps of a managed beech forest stand. NAT-MAN Working Report 48.
- Turc, L., 1961: Evaluation des besoins en eau d'irrigation, evapotranspiration potentielle. Ann. Agron., 12:13-49.
- Tužinský, L. (1996): Predpokladané dôsledky klimatických zmien na vlhkosť režim lesných pôd. In.: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed.): XII. Česko-slovenská bioklimatologická konferencie, Velké Bílovice



Detail umístění  
VIRRIBLOGGERu na stanici v  
lese



Celkový pohled na stanici s VIRRIBLOGGEREM v lese, v pozadí věž pro výšková měření



Pohled na stanici na pasece s porostem buřeně a malých semenáčků