

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Zemědělská fakulta**



**SROVNÁNÍ FUNKCE POROSTŮ NA ZÁKLADĚ  
SLEDOVÁNÍ ENERGETICKÉ BILANCE  
STANOVIŠTĚ**

Hana Chocová

Obor: Agroekologie

Bakalářská práce

České Budějovice

Duben 2007

Vedoucí bakalářské práce:  
Ing. Jan Procházka, Ph.D.  
Laboratoř aplikované ekologie

Konzultant: Ing. Jakub Brom

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a použitou literaturu jsem řádně citovala.

V Českých Budějovicích 18.4. 2007

.....

Poděkování patří především vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Procházkovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultantovi Ing. Jakobovi Bromovi, oběma pak za cenné rady, za ochotu a trpělivost při zpracování bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat své kolegyni Lucii Kissově a kolektivu Laboratoře aplikované ekologie ZF JCU, zejména Ladislavu Havelkovi, kteří mi pomáhali a vycházeli vstříc při vzniku této práce. Práce vznikla také v rámci projektu MSM 6007665806.

## ANOTACE

Téma bakalářské práce: Srovnání funkce porostů na základě energetické bilance stanoviště.

The comparison of the selected vegetations functions on the basis of energy balance monitoring at observed area.

Abstract:

This paper deal with energy flows differences at the relation on man managment in landscape and focused on importance of the dissipation solar energy, energy and water regime of vegetation and microclimate. We observed two areas with expressively different land use and type vegetation.

Souhrn:

Tato práce se zabývá rozdíly v energetických tocích ve vztahu k hospodaření člověka v krajině a zaměřuje se především na význam disipace sluneční energie, energetický a vodní režim porostů a jejich mikroklimatu. Sledována byla dvě odlišná území. Ta se výrazně liší svou vegetací a způsobem využití.

Klíčová slova (ČJ): disipace sluneční energie, energetický režim, vodní režim porostů, mikroklima

Key words (AJ): solar energy dissipation, energy regime, water regime of vegetation, microclimate

## **OBSAH**

<b>1. ÚVOD</b>	7
<b>2. CÍL PRÁCE</b>	7
<b>3. LITERÁRNÍ PŘEHLED</b>	8
3.1. Sluneční záření	8
3.2. Malý a velký koloběh vody	9
3.2.1. Vlastnosti vody	10
3.2.2. Bilanční prvky	10
3.3. Energetická bilance krajiny	11
3.4. Evapotranspirace	13
3.4.1. Transpirace	16
3.4.2. Výpar	17
3.5. Faktory ovlivňující evapotranspiraci	18
3.6. Mokřady a jejich význam	20
<b>4. POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ</b>	22
<b>5. METODIKA</b>	25
5.1. Výběr lokalit	25
5.2. Stanovení energetické hodnoty biomasy	26
5.3. Stanovení evapotranspirace a energetických toků	26
5.4. Mikrometeorologická měření	28
5.5. Zpracování dat	28
<b>6. VÝSLEDKY</b>	29
6.1. Primární produkce a energie vázaná v biomase	29
6.2. Mikroklimatologická charakteristika zájmových ploch	30
6.2.1. Vítr	31
6.2.2. Srážky	32
6.2.3. Relativní vlhkost a teplota	33
6.2.4. Energetická bilance a evapotranspirace	35
<b>7. DISKUSE</b>	37
<b>8. ZÁVĚR</b>	40

**9. PŘEHLED LITERATURY**

41

**10. PŘÍLOHY**

45

# 1. ÚVOD

Veškerý život na zemi spočívá na toku energie vyzařované sluncem do biosféry. Záření je tedy zdrojem energie, které ovlivňuje distribuci tepla, vody a organických látek. Příkon slunečního záření, které dopadá na horní hranici atmosféry osvětlené polokoule Země, se rovná přibližně  $1,8 \cdot 10^{14}$  kW. Tok energie slunečního záření k zemskému povrchu je pohlcován rostlinným pokryvem, povrchem půdy a vody (Larcher, 1988, Matejka a Huzulák, 1986).

Rozhodující roli pro účinnou disipaci sluneční energie má vegetace a nezbytnou podmínkou je dostatečné množství vody v krajině pro evapotranspiraci. Vegetace je tak řídicím článkem pro fungování terestrických ekosystémů a voda představuje medium pro přeměnu energie, transportní a chemické procesy. Koloběh vody lze považovat za energetický převaděč, který umožňuje disipaci sluneční energie, tlumení teplotních výkyvů. Charakteristickými rysy dobře (setrvale) fungujících krajinných celků jsou efektivně uzavřené látkové cykly, vyrovnané odtokové poměry a minimalizované transportní ztráty látek (Procházka a kol., 2001, 2006). Ve vědomí našich předků představovala voda denní životní nutnost, ale zároveň byla předmětem úcty a zbožňování pro svou nezměrnou sílu, kterou člověku sloužila i škodila. Dostatečné množství vody v přiměřené jakosti vždy bylo a zůstává významnou kvalitou životního prostředí (Tlapák a kol., 1992).

## 2. CÍL PRÁCE

Cílem mé práce bylo vyhodnotit rozdíly v energetických tocích v závislosti na hospodaření člověka v krajině na dvou územích, které se výrazně liší svou vegetací a způsobem využití. Práce je zaměřena především na sledování rozdílů v disipaci sluneční energie a mikroklimatu.

## 3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1. Sluneční záření

Rozhodujícím vstupem energie do biosféry, a tím také do všech ekosystémů, je tok slunečního záření dopadajícího na Zemi. Sluneční energie je nezávisle proměnnou složkou ekosystémů. K povrchu atmosféry na plochu kolmou ke směru dopadajících paprsků se dostává během dne sluneční záření o průměrné hustotě  $1,38 \text{ KJ.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (=  $1,38 \text{ kW.m}^{-2}$ ). Tato hodnota se nazývá solární konstanta (Slavíková, 1986).

Z tohoto záření však dosáhne zemského povrchu průměrně pouze 47 %. Více než polovina záření je ztracena – odráží se bezprostředně zpět do vesmíru především v důsledku odrazu od oblaků, nebo je rozptýlováno a pohlcováno oblaky a částicemi rozptýlenými ve vzduchu. Větší část absorbovaného záření se přeměňuje bezprostředně na teplo- částí této frakce je využito pro výpar vody a zbytek způsobuje vzrůst teploty zemského povrchu (Larcher, 1988) .

Sluneční záření pronikající do rostlinného porostu se mnohonásobně odráží, rozptyluje, částečně se absorbuje a částečně prochází listy, takže jenom malá část dosáhne povrchu půdy bez změny spektrálního složení. Tak vzniká v porostu radiační režim. Listy rostlin se vyznačují selektivní absorpcí sluneční energie (Matejka a Huzulák, 1986).

#### *Distribuce záření v rostlinném pokryvu*

V aktivní vrstvě porostu dochází k transformaci záření (cca 5 až 30% v závislosti na charakteru povrchu se odrazí – albedo, reflexe). Část záření (cca 1%) se spotřebovává na fotosyntézu. Další část přechází v podobě tepelného toku do půdy a z porostu do ovzduší vlivem konvekce (Pokorný a kol., 1999, Procházka a kol., 2001).

V závislosti na charakteru stanoviště a stavu porostu dochází v různém poměru k rozdělení energie mezi výpar, tok tepla do půdy, ohřátí porostu, fotosyntézu a tok tepla z porostu do ovzduší (Procházka, Pecharová a kol., 2000).

Záření je pro rostlinu zdrojem energie a stimulatorem vývoje, ale může způsobit i poškození rostliny. Působení je vázáno na zachycování světelných kvant. Pro průběh fotosyntetických procesů v zelených rostlinách se využívá radiační energie vlnové délky mezi 380-710 nm. Toto fotosynteticky účinné záření PhAR je důležitou veličinou



v rostlinné ekologii. Fotodestrukční účinky se vyskytují při extrémně intenzivním viditelném záření nebo při UV záření. Na silné záření jsou z rostlin nejcitlivější řasy, mechy na stinných stanovištích a k stínu adaptované fotolabilní rostliny-vodní. Poškození se týká především fotooxidace chloroplastových pigmentů. Některé rostliny se brání přílišným poškozením tím, že natáčejí listy nebo chloroplasty v buňkách hranou k záření (fototaxe) nebo vytvářejí povrchy s vysokou odrazivostí s chlupy (Larcher, 1988).

### ***Energie v biomase***

Sluneční energie která je využívána při fotosyntéze tvoří jen nepatrnou část z celkové sluneční energie dopadající během roku na porost. Pouze ale jediné tato nepatrná část je využívána pro tvorbu biomasy (Pokorný a kol., 2007). Při fotosyntéze činí spotřeba energie přibližně 15,9 kJ na gram vytvořených primárních produktů (Larcher, 1988). U jednotlivých listů dosahuje účinnost využití záření při fotosyntéze za zvláště příznivých podmínek až 15 % (u C<sub>4</sub>- trav až 24 %, ale obvykle pracují listy s účinností 5 až 10 % nebo i méně. Poměrně málo produktivní rostlinná společenstva pracují s účinností pod 1 % (Larcher, 1988).

## **3.2. Malý a velký koloběh vody**

Podmínkou vyrovnaného stavu vody v přírodě je její oběh. Působením tepla se voda vypařuje v množství přibližně 518 600 km<sup>3</sup> a přechází do ovzduší jako vodní pára. Kondenzací vodních par v ovzduší se vznikají srážky, které v množství asi 411 600 km<sup>3</sup> spadnou zpět do oceánů a moří a v množství asi 107 000 km<sup>3</sup> na pevninu (Tlapák a kol., 1992).

Po dopadu dešťových srážek se většina této vody zase vypaří rostlinami, volnou půdou a vodními plochami, zbytek se po povrchu či podzemní cestou dostává do vodních toků a opouští území (Martiš a Šolc, 1977).



Obr. 1. - Oběh vody v přírodě.

### 3.2.1. Vlastnosti vody

1. Fyzikální schopnost kondenzace, evaporace (Carnotův cyklus - je cyklický děj, který odebírá teplo z teplejšího zásobníku, koná práci a odevzdává teplo chladnějšímu zásobníku) → atmosféra → pevnina → moře, oceány. Ochlazovací funkce téměř bez ztrát v prostoru.
2. Chemická schopnost srážení, rozpouštění (nábojově ztrátový cyklus) → pevnina → moře, oceány. Nevratný ztrátový proces v prostoru.
3. Biologická schopnost respirace, fotosyntéza (Carnotův cyklus) krátké cykly v rámci moří, oceánů a v rámci pevniny. Rozptyl energie má minimální ztráty v čase (Ripl a Hildmann, 2000).

### 3.2.2 Bilanční prvky

Uvedené procesy (výpar, infiltrace a další) se kvantitativně vyjadřují jako tak zvané bilanční prvky v rámci hydrologické bilance. Hydrologická bilance je porovnání příjmových a ztrátových složek (bilančních prvků) hydrologického cyklu. Umožňuje určit velikost přírodních zdrojů vody a tím možnosti jejich využití v určitém území. Lidská činnost – odlesňování, rozrůstání velkoměst, stavba hrází a vodních nádrží

ovlivňuje koloběh vody tím, že mění charakter srážek, zásoby vody a množství vody, které se vypaří (Burrouhgs, Crowder a kol.,1999).

### 3.3. Energetická bilance krajiny

Mezi zemí a atmosférou dochází k významné výměně záření dlouhovlnného. Složky zemského povrchu většinou velmi dobře přijímají a vydávají dlouhovlnné záření a mají tedy v této oblasti spektra vlastnosti absolutně černých těles. To znamená, že bez ohledu na barvu a různé vlastnosti ve vztahu ke krátkovlnnému záření pohlcují všechny druhy přirozených povrchů dlouhovlnné záření na ně dopadající téměř dokonale a vydávání energie závisí na jejich absolutní teplotě. Bilanci krátkovlnného a dlouhovlnného záření obecně vyjadřuje rovnice (směr toku k povrchu).

$$R_n = R_s(1 - C) + R_1$$

$R_n$  - radiační bilance (čistá)

$R_s(1 - C)$  – tok krátkovlnného záření dopadající na povrch

$R_s$  - krátkovlnné sl. Záření dopadající na povrch

$C$  – albedo povrchu

$R_1$  – bilance dlouhovlnného záření (směr toku od povrchu)

(Penka, 1985)

Bilance záření  $R_n$  představuje množství radiační energie zachycené povrchem rostlinstva a půdy, které se uplatní v přímé a nepřímé výměně tepla mezi jednotlivými složkami systému půda – rostlinstvo – atmosféra a na přeměnách chemické energie při fotosyntéze a respiraci rostlinstva.  $R_n + H + LE + G + aA = 0$

$R_n$  - radiační bilance (čistá)

$LE$  - nepřímá výměna tepla s atmosférou

$L$  – 2,45 kJ.g<sup>-1</sup>, skupenské teplo výparu při 20°C

$E$  – evapotranspirace g.cm<sup>-2</sup>

$G$  – přímá výměna tepla s rostlinnou hmotou a půdou

$aA$  - výměna energie při fotosyntéze a respiraci rostlinstva

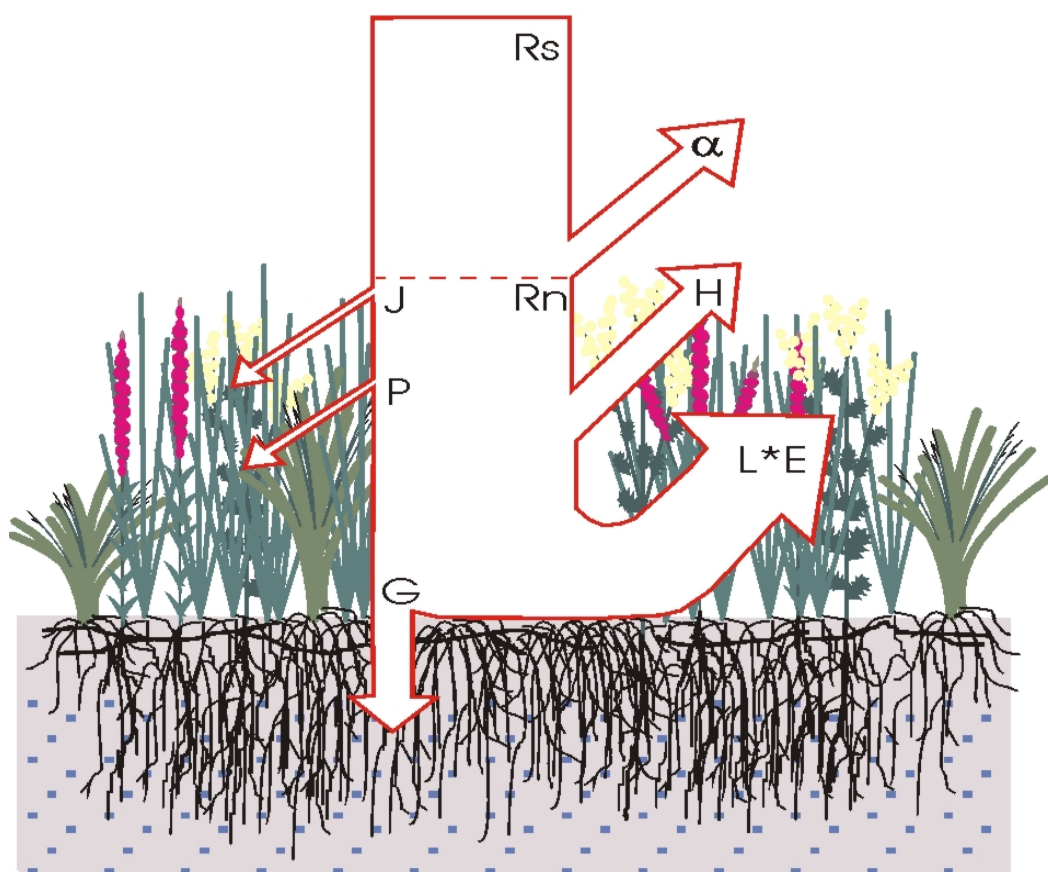
$a$  – koeficient přeměny chemické energie 15,07 kg.g<sup>-1</sup>

$A$  – čistá produkce fotosyntézy za bilanční období g.cm<sup>-2</sup>

(Penka, 1985)

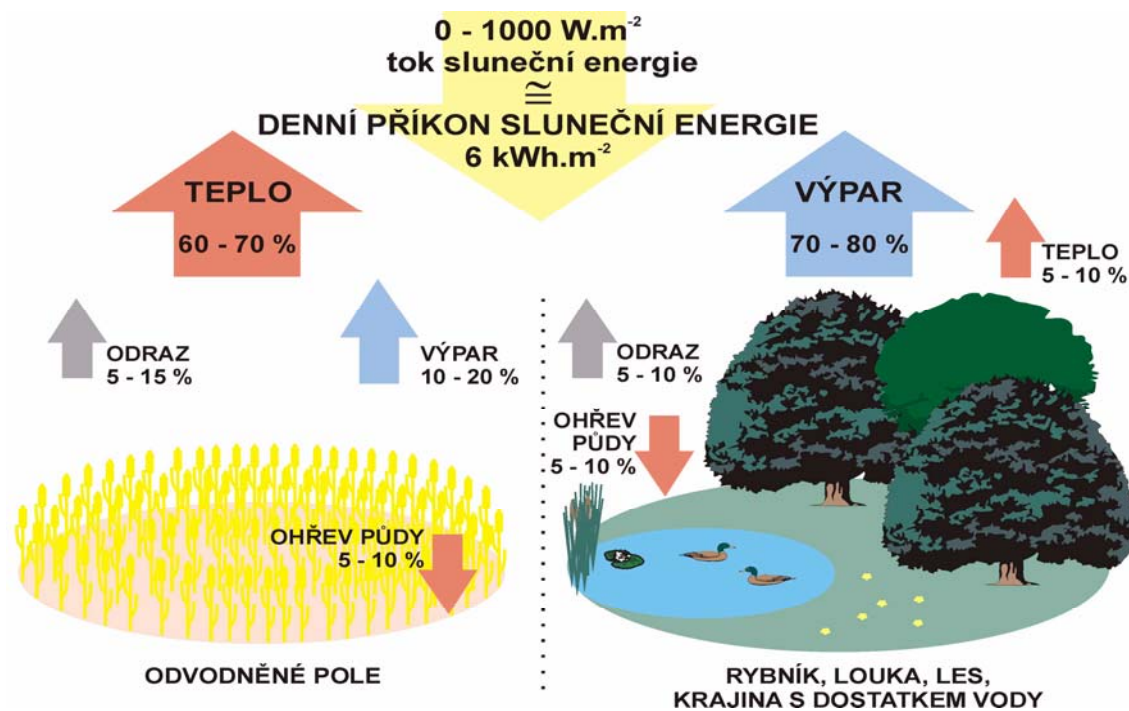
Tok energie slunečního záření k zemskému povrchu je pohlcován rostlinným pokryvem, povrchem půdy a vody. Čisté záření, spotřeba energie tepelná výměna jsou hlavní faktory, jenž mají vliv na energetickou, a tím i na tepelnou bilanci rostlin (obr.2). V porostech probíhá výměna energie hlavně v úzkém pásmu blízko horního povrchu porostu. V této aktivní vrstvě jsou teplotní rozdíly mezi různými rostlinnými částmi nejpatrnější a časová proměnlivost teplot je největší (Larcher, 1988).

- Rs - Globální záření
- Rn - Čisté záření
- $\alpha$  - Odraz (albedo)
- H - Uvolněné pocitové teplo
- L x E - Skupenské teplo x Evapotranspirace
- G - Tok tepla do půdy
- P - Fotosyntéza
- J - Akumulované teplo v biomase



Obr.2. - Schematické znázornění distribuce sluneční energie v porostu (Pokorný a Květ, 2001).

Ve dne má energetická bilance tento průběh: Na aktivní povrch dopadá přímé rozptýlené sluneční záření (krátkovlnné) a dlouhovlnné záření oblohy. V případě travního, keřového, případně lesního porostu, nepronikne na povrch žádné záření. V tom se liší od zemědělských kultur, které mají po značnou dobu během roku část půdy nepokrytou (Pokorný a Květ, 2001).



Obr.3.- Energetická bilance krajiny: rozdíl mezi disipací energie na odvodněném poli a ve vegetaci dobře zásobené vodou (Pokorný, 2001).

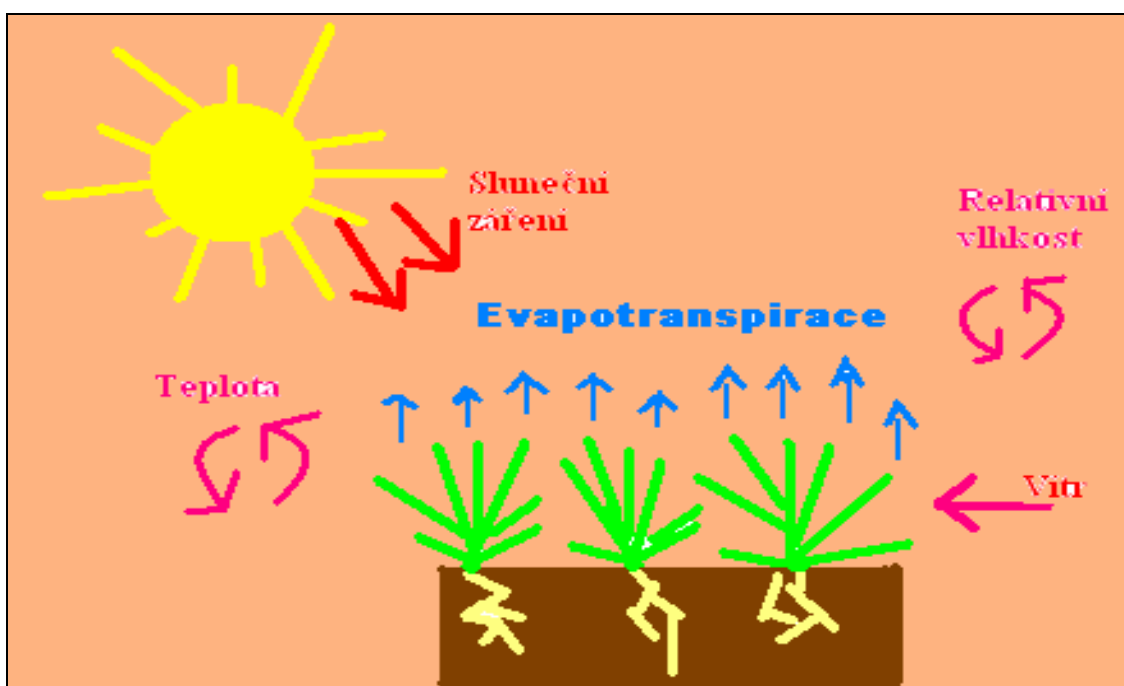
Na obrázku 3. lze vidět, že na odvodněném poli odchází z povrchu země až o 60 – 65 % více tepla než na ploše pokryté vegetací. Naopak výpar na odvodněném poli činí pouhých 10-20% n rozdíl od krajiny s vegetací a dostatkem vody. Odras energie od povrchu (albedo) je daleko vyšší na odvodněných půdách než na půdách pokrytých vegetací (Forman a Godron, 1993).

### 3.4. Evapotranspirace

Evapotranspirace je proces který vrací vodu do atmosféry a tudíž dokončuje hydrologický cyklus. Evapotranspirace je rozdělena do dvou subsystémů, evaporace a transpirace. Evaporace nezbytně nastává na povrchu vodní otevřené hladiny jako jsou

jezera, nádrže či louže, nebo z vegetace a půdního povrchu. Transpirace zahrnuje přemístění vody z půdy rostlinnými kořeny, jenž transportují vodu rostlinou až do listu a vypařováním voda odchází do atmosféry (Ward, 1995). Faktory určující velikost evapotranspirace krajiny a porostů jsou teplota, relativní vzdušná vlhkost a pohyb vzduchu (Jelínek a Zicháček, 1999).

Vysoká teplota signalizuje snížení evapotranspirace zatímco relativně nízká teplota signalizuje, že více sluneční energie je spotřebováno na evaporaci (Vymazal, 2001).



Obr. 4. - Faktory ovlivňující velikost evapotranspirace.

Variabilita v evapotranspiraci je převážně dána rozdíly v zářivé energii a větru. Vlivem proudění vzduchu se ztenčuje hraniční vrstva na povrchu listu, v níž je vlhčí vzduch, a vytváří turbulence (promíchává vzduch) uvnitř zápoje. Vítr zrychluje difúzi vody z listu do okolního prostředí tím, že jeho vlivem se snižuje vlhkost v těsném okolí listu obr. 4.

Evaporace se více méně liší od evapotranspirace v závislosti na struktuře porostu a vodním režimu půd. Na obnažené půdě je výpar až třikrát vyšší než na louce nebo v lese. Proto se velmi mnoho autorů zabývalo metodami stanovení evapotranspirace a

zejména pak výpočtem evapotranspirace jako jsou (Penmann 1948, 1956 a Monteith 1965, 1975 in Penka, 1985).

Pro stanovení evapotranspirace používáme buď přímé metody, které zjišťujeme pomocí lysimetrů nebo nepřímé mikro-meteorologické metody. Mezi ně se řadí aerodynamické metody (Thorntwaithova metoda, Penman-Monteithova metoda a FAO evapotranspirační metoda, Meteorologické modely – MORECS, AVISO, Priestley-Taylorova metoda, Turbulentní difusní metoda) a dále metoda Bowenova poměru a vířivá kovarianční metoda (Pokorný a kol., 2006).

Aerodynamické metody se zjišťují pomocí psychrometrů. V poslední době se začíná prosazovat metoda *vířivé kovariance* - pomocí ultrazvukových anemometrů (Pokorný a kol., 2004)

Stanovení výpočtu evapotranspirace metodou energetické bilance :

$$R_n = H + LE + G$$

$R_n$  - radiační bilance (čistá) vypařujícího se povrchu ( $W.m^{-2}$ )

$H$  – intenzita toku tepla z aktivního povrchu do atmosféry ( $W.m^{-2}$ )

$L$  – skupenské teplo vypařování ( $J.kg^{-1}$ )

$G$  – intenzita toku tepla do půdy ( $W.m^{-2}$ )

(Rožnovský a Litschmann, 2003)

Stanovení evapotranspirace pomocí energetické bilance

Intenzita evapotranspirace se počítá z rovnice energetické bilance aktivního povrchu, na němž probíhá fázová změna kapalné vody na vodní páru. Metoda je založena na určení množství energie, která je potřebná k fázové přeměně kapalné vody na vodní páru (Rožnovský a Litschman, 2003).

U této metody je třeba naměřit velké množství denních chodů a denních úhrnů evapotranspirace. Doporučuje se interval alespoň po 10 minutách. Je to vzhledem k tomu že je třeba zjistit průměrné hodnoty meteorologických charakteristik v přízemní vrstvě atmosféry. Princip metody vychází z předpokladu, že všechny přesuny vody, ať už v podobě kapalné nebo v podobě vodní páry, jsou podmíněny přísunem energie (Pokorný a Květ, 2001).

Stanovení výpočtu evapotranspirace metodou Bowenova poměru:  $LE = (R-G)/(1+\beta)$

V průběhu 24 hodin se měří sluneční záření dopadající na porost, suché a vlhké teploty, délka přímého svitu slunce, teplota půdy v několika hloubkách. S využitím těchto naměřených hodnot se vypočítává energetická bilance porostu včetně množství energie spotřebované na výpar vody (Pokorný a Kučerová, 2004).

### **3.4.1. Transpirace**

Transpirace je výparem z rostlin, který je významnou součástí výparu ze Zemského povrchu. Voda se vypařuje z celého vnějšího povrchu rostliny a ze všech vnitřních povrchů, které přicházejí do styku se vzduchem. Transpirace je fyzikálně biologickým procesem. Bývá rozdělována na stomatární a kutikulární (Larcher, 1988).

#### *1. Kutikulární transpirace*

Představuje výdej vody (ve formě par) z kutinizovaného povrchu rostliny mimo dýchací skuliny průduchů. Kutikulární transpiraci umožňují trhlinky, otvůrky, póry a ektodermu v kutikule listů a stonků i větví. Tvoří zpravidla jen malý podíl z celkové transpirace.

#### *2. Stomatární transpirace*

Představuje výdej vody (ve formě par) průduchy (stomaty) umístěnými v pokožce transpirujícího listu (obr. 5) resp. zeleného orgánu (Penka, 1985).

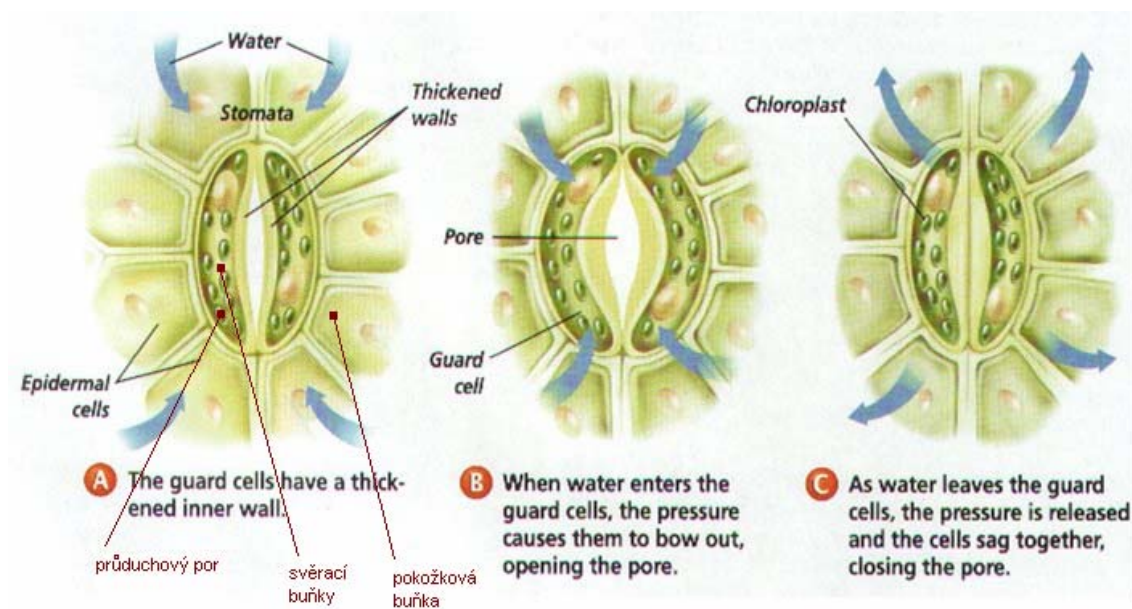
#### Význam transpirace

Zajišťuje existenci nepřetržitého proudu v rostlině, který zabezpečuje stálý příjem vody a živin z půdy. Také reguluje stupeň nasycenosti buněk vodou. Intenzivní vypařování vody způsobené transpirací má velký význam i při ochlazování rostlinného těla. Rostlina spotřebuje asi 70% sluneční energie přijaté listem na transpiraci .



## Vlivy na transpiraci

K vnějším faktorům patří především sluneční záření, teplota, vlhkost půdy a vzduchu, vítr, exhaláty (emise, imise). K vnitřním faktorům náleží a stáří rostliny, obsah vody, struktura a tvar listu, délka jeho obvodu, plocha a zabarvení atd. (Penka, 1985).



Obr. 5. – Regulace transpirace

(<http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kbd/fyzroaek/index1.htm>).

Svěrací buňky mají zesílenou vnitřní stěnu. Když voda proniká buňkou, tlak jí způsobí, že se odkloní ven a tím otevřou průduch. Zatímco voda odchází, tlak se uvolní a buňky společně klesnou zpět a uzavřou průduch.

### 3.4.2. Výpar

Výpar vody je možno definovat jako přestup vodní páry do atmosféry následkem odtrhávání pohybujících se molekul z povrchu vody a půdy, z povrchu sněhu a ledu (sublimace), z rostlinných orgánů (evapotranspirace) a též ze všech hmot, obsahujících vodu nebo ledové krystaly (Havlíček a kol., 1986).

Množství tepla nutného k výparu 1g vody při 20°C je 2 460 J. Zde je vidět souvislost bilance vody s bilancí energie. Menší část absorbované vody je nutná k udržení hydratace rostlin, živočichů a půdy a okolního vzduchu (Bumerl, 1995).

Intenzita vypařování se zpravidla vyjadřuje v  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  nebo v  $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Kapalina se vypařuje při každé teplotě. Rychlost vypařování však není vždy stejná. Rychlost vypařování závisí na obsahu, povrchovém napětí, na teplotě a na tom jak rychle se odstraňují páry z povrchu kapaliny. Při vyšší teplotě kapaliny se molekuly pohybují rychleji, a proto více molekul má takovou pohybovou energii, že může opustit kapalinu. Proto se kapalina vypařuje rychleji. Hodnota skupenského tepla vody je při 0°C 2 500  $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$  (Havlíček a kol., 1986).

Poměr energie spotřebované na výpar vody z porostu a energie přeměněné na ohřevné teplo unikající z porostu je tzv. Bowenovým poměrem. Získáme jej měřením teplot a vlhkostí na aktivním povrchu porostu a nad porostem. Energie spotřebovaná fotosyntézou je téměř zanedbatelná (1%). Známe-li tedy bilanci záření, můžeme vypočítat množství energie spotřebované na výpar a z ní velikost samotného výparu (Procházka a kol., 2000).

Čím větší je povrch kapaliny, tím více molekul na povrchu může kapalinu opustit. Proto probíhá vypařování rychleji. Pokud páry vznikající nad povrchem kapaliny neodvádíme mohou se některé molekuly páry vracet zpět do kapaliny a tím se zpomalí vypařování.

### 3.5. Faktory ovlivňující evapotranspiraci

#### Teplota

Teplota je termodynamická veličina, která udává stav termodynamické rovnováhy objektu. Může existovat stav rovnovážný i nerovnovážný. Teplota se vyjadřuje jako termodynamická teplota, jejíž jednotkou je kelvin (K), který je 1/273,16 částí teploty trojného bodu vody (Havlíček a kol., 1986). Soustava jenž má všechny tři fáze (tuhá, kapalná, plynná) v rovnováze, se nazývá trojný bod. Pro trojný bod je charakteristická teplota a tlak trojného bodu (Klouda, 2002). Nejběžněji se teplota vyjadřuje ve stupních Celsiových (°C) a stupních Fahrenheitových (°F). Termodynamická teplota se značí  $T$ , Celsiova  $t$ , mezi kterými je vztah :  $t = T - T_0$

Kde  $T_0 = 273,16 \text{ K}$  (Havlíček a kol., 1986).

Rostliny jsou poikilotermní organismy (jejich vlastní teplota má tendenci přibližovat se teplotě okolí). Nadzemní části rostlin vyměňují energii se svým okolím, může se jejich teplota lišit od teploty vzduchu značně. Proto musí být tepelná výměna rostlin vždy dána do souvislosti s energetickou bilancí stanoviště (Larcher, 1988).

### **Vlhkost vzduchu**

Vlhkost vzduchu je množství vodních par obsažených ve vzduchu. Ty se do vzduchu dostávají vypařováním vodní hladiny a z půdy. Vodní páry obsažené ve vzduchu jsou podmínkou pro vznik oblačnosti a srážek. Mírou nasycení vzduchu vodní parou je relativní vlhkost. Je to poměr mezi skutečným obsahem vodních par a maximálním možným obsahem par při dané teplotě. Relativní vlhkost je udáván v %. 100% relativní vlhkost znamená plné nasycení vzduchu vodní parou. Tento případ nastává např. při mlhách. Teplota, při níž se pára obsažená ve vzduchu stane nasycenou se nazývá rosný bod. Průměrná relativní vlhkost je nejvyšší v listopadu, prosinci a lednu. Nejnižší je mezi dubnem až srpnem. Vlhkost vzduchu se měří vlhkoměrem neboli hygrometrem (<http://www.meteoshop.cz>).

Vzhledem k mnohostranným souvislostem obsahu vodní páry v atmosféře s ostatními meteorologickými jevy, charakterizujeme kvantitativně vlhkost vzduchu řadou veličin, které souhrnně nazýváme vlhkostní charakteristiky. Mezi nejčastěji používané patří:

- Tlak vodní páry ( $e$ ) a tlak nasycené vodní páry ( $E$ ) - jednotkou je hPa.
- Absolutní vlhkost ( $a$ ) a maximální vlhkost vzduchu - je hustota vodní páry. Jednotkou je  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Při nasycení vzduchu hovoříme o maximální vlhkosti ( $A$ ).
- Relativní vlhkost vzduchu ( $r$ ) (poměrná vlhkost vzduchu) – vyjadřuje stupeň nasycenosti vzduchu. Definujeme jako podíl  $e/E$ . V případě že je třeba vyjádřit relativní vlhkost v %, násobíme tento poměr stem:  $r (\%) = e \cdot 100 / E$
- Ekvivalentní relativní (poměrná) vlhkost vzduchu ( $r_{\text{ekv}}$ ) - vyjadřuje stupeň nasycenosti vzduchu vzhledem k prostředí s odlišnou teplotou

- Měrná vlhkost vzduchu ( $s, S$ ) – označována jako směsný poměr vyjádřená v  $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ . Je to hmotnost vodní páry, tedy hmotnostní poměr v jakém jsou zastoupeny ve směsi základní složky, tj. vodní pára a suchý vzduch.
- Teplota rosného bodu ( $t$ ) – jednotkou je K, °C.
- Sytostní doplněk ( $d$ ) – udává, kolik vodní páry chybí do nasycení. Vyjádřen:  $d = 100 - r$ ,  $d = E - e$ ,  $d = A - a$ ,  $d = S - s$  (Havlíček, 1986).

### 3.6. Mokřady a jejich význam

Hydrologické funkce mokřadů jsou často spojovány s rozšířením představy, že to jsou v podstatě velké „houby“, zachycující a absorbující dešťové srážky, které v suchých obdobích zásobují krajinu uvolněnou vodou (Kolmanová a kol., 1999).

Poskytují vhodné podmínky pro existenci specifických mokřadních organismů. Hostí rostliny a živočichy, kteří by bez mokřadů vyhnuli, navíc se v nich vyskytují mnohé vzácné druhy, vzácné právě dnes z důvodu dřívějšího masivního ničení mokřadů. Mokřad má ale i další úlohy, některé i přímo zasahující do života společnosti. Jsou považovány za vysoce cenné biotopy.

Podle Ramsarské úmluvy v článku 1.1. je mokřad definována jako „území bažin, slatin, rašelinišť i území pokrytá vodou, přirozená i uměle vytvořená, trvalá či dočasná s vodou tekoucí, sladkou, brakickou či slanou, včetně území s mořskou vodou, jejíž hloubka při odlivu nepřesahuje šest metrů (Chytil a kol., 1999). Mokřady jsou velmi složitější než pouze vodní či suchozemský ekosystém, protože představují 3 fáze jako je vzduch, voda a půda. Mimo to, mají důležitý význam na změny vztahující se na prostor a čas. Přesto ve velkém měřítku vykazují jednotnost mokřadních rostlin, ale značnou odlišnost v mikro prostředí v prostoru a čase. Je to způsobené hlavně změnami výšek vodních hladin, na hustotě rostlin a hospodařením (Krolikowska a kol., 1998).

Pravidelně zaplavované plochy vyskytující se na mokré pastvině, které jsou ve vnější části pobřeží rybníku představují mokřadní typy způsobené častým zaplavováním v jižních Čechách. Tyto plochy mohou být zaplaveny v různém čase během roku, zvláště brzy na jaře, během zimního tání a vytrvalými srážkami. Důležitou charakteristikou těchto ploch je sedimentace minerálního bahna. Z rostlin zde dominují např. melice trsnatá, bezkoleneček modrý (Příbáň a Ondok, 1977).

Necitlivé hospodaření člověka v krajině narušilo koloběh vody i jeho propojení s tokem energie a transportem látek. Nezbytným předpokladem pro snížení ztrát vody a látek z krajiny je obnova vegetace a vodou nasycených půd. Mokřady, jež účinně disipují energii v prostoru a čase, pomáhají zvlhčovat podnebí (Eiseltová, 1996).

V našich podmínkách řadíme k mokřadům obvykle:

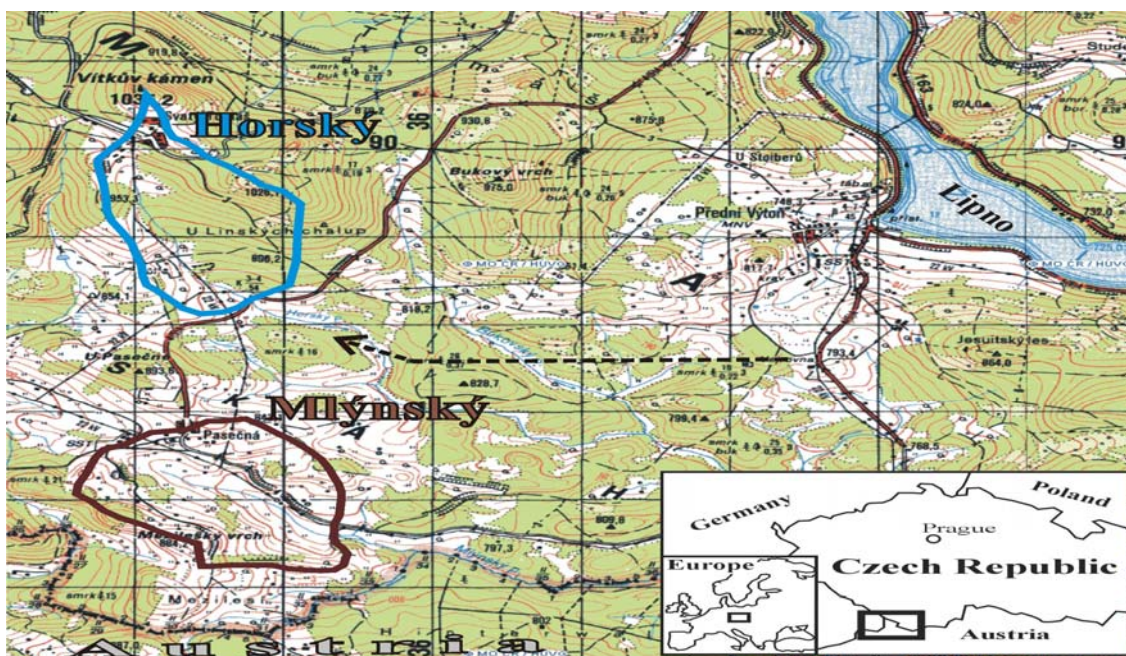
1. rybníky a jejich litorály
2. mokré louky a pramenitě
3. říční nivy a včetně lužních lesů
4. rašeliniště
5. podmáčené smrčiny
6. umělé mokřady - kořenové čistírny apod. (Kender, 2000)

Mezi nejdůležitější funkce mokřadů patří zadržování vody, ochrana před účinky přívalových srážek a zmírnění povodňových vln, stabilizace břehů a ochrana proti erozi, doplňování zásob podzemní vody a její opětné uvolňování, čištění vody, zachycování živin, sedimentů a případných znečišťujících látek, jejich využití nebo odbourání, stabilizace mikroklimatu (tok energie) a hodnoty estetické (Kender, 2000).

## 4. POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Zájmové území se nachází v CHKO Šumava a je součástí Trojmezenské hornatiny označované jako Svatotomášské pohoří. Obě vybraná povodí Mlýnského a Horského potoka náleží k povodí Dunaje (Obr. 6).

CHKO Šumava byla vyhlášena roku 1963 na ploše 1630 km<sup>2</sup> (zřízena výnosem MŠK ČSSR č. 53855/63 ze dne 27.12. 1963, zpřesněno výnosem MK ČSR č. 5954/75 ze dne 17.3. 1975 . V roce 1991 byl vyhlášen Národní park Šumava o výměře 680 km<sup>2</sup> nařízením vlády ČR č. 163/1991 Sb..



Obr. 6. - Sledovaná území na pravobřeží Lipna s vyznačením zájmových povodí.

Lipenské pravobřeží bylo osídlováno od 13. století. Vytvořila se postupně sídelní struktura založená na extenzivním využívání celého území. Poválečný odsun obyvatel německé národnosti, vybudování železné opony a přehradní nádrže Lipno oddělující tuto oblast od vnitrozemí byly příčinou zániku většiny sídel. Výrazně tak poklesla hustota obyvatelstva z původních 40 na 2.3 obyvatele na km<sup>2</sup>. Po dobu půl století zde probíhal specifický způsob hospodaření daný režimem hraničního pásma a odlišný od okolního území. Na většině dříve zemědělsky obhospodařovaných ploch povodí Horského potoka došlo k postupnému zalesnění převážně smrkem a byla navíc podstatná část území ponechána přirozené sukcesi. Pouze povodí Mlýnského potoka si

dochovalo charakter zemědělsky využívaného území. Převažující pastevní hospodaření bylo provázeno systematickým odvodněním většiny bezlesích ploch (Procházka a kol., 2001). Z geologického hlediska lze zájmové území zařadit k moldanubiku. Dominantní postavení zde mají hnědé půdy kyselé, které zaujímají více než 95% plochy zemědělských půd (Chábera, 1978).

Území patří do oblasti chladné, klimatický okrsek mírně chladný s průměrnou roční teplotou 5,5 °C a s ročním úhrnem srážek 910 mm. Během vegetačního období je průměrná teplota 11,2 °C a srážky 550 mm, maximum srážek je posunuto do letního období, minimum srážek je v lednu a zejména v únoru, průměrný počet dnů se sněhovou pokrývkou je 110, s průměrným maximem sněhové pokrývky 0,70 m (Brom, 2003).

V rámci sledovaného území byla vybrána dvě srovnatelná malá povodí, lišící se vegetačním pokryvem a způsobem využití. Povodí Mlýnského potoka bylo v minulosti systematicky odvodněno, potok napřímen a zahlouben. Dnes tvoří 90% plochy povodí polointenzivně obhospodařované louky a pastviny. Na podzim roku 1998 se uskutečnila revitalizace Mlýnského potoka, což umožňuje sledovat a hodnotit změny a výsledný efekt vlastní revitalizace (Procházka a kol., 1999).



Obr. 7. – Mlýnský potok

Povodí Horského potoka je více než z poloviny pokryto lesními porosty, zůstaly zde však z minulosti plochy bezlesí extenzivně obhospodařované a navíc zde vznikla plošně významná území přirozené sukcese (mokřady a mezofilní lada).



Obr. 8. – niva Horského potoka

V povodí Mlýnského potoka v rámci bezlesí převládají druhově bohatší extenzivně obhospodařované pastviny svazu *Cynosurion* (pohánky) a druhově chudé polointenzivně obhospodařované trvale travní porosty. Na sledované části povodí Horského potoka jsou zastoupeny druhově bohatá společenstva mokrých luk a pramenišť podsvazu *Calthenion* (pcháče) a podsvazu *Filipendulenion* (tužebník), druhově nejbohatší společenstva rašelinných luk se značným zastoupením chráněných druhů rostlin (Procházka a Brom, 2006).

Obě povodí jsou srovnatelná rozlohou, expozicí, nadmořskou výškou a klimatickými podmínkami, liší se jen ve způsobu využití území (Tab. 1).

Tab. 1 - Srovnání sledovaných území

Oblast	Plocha (ha)	Nadmořská výška (m.n.m.)	Nelesní plocha %	Management bezlesí
Mlýnský	214,1	784-884	90	Pastviny, kosené louky
Horský	201,7	826-1026	45	Plochy bez manag., kosené louky



## 5. METODIKA

### 5.1. Výběr lokalit

Na povodí Horského a Mlýnského potoka byly vymezeny transekty pro sledování roční produkce, mikroklimatu a energodisipačních toků energie napříč sledovanou částí povodí. Zaměření příčných profilů přes povodí Mlýnského a Horského potokaproběhlodigitálním nivelačním přístrojem Zeiss-DiNi 22. Na ose profilu, bylo zvoleno 8 lokalit (M1-M8, Mlýnský potok a H1-H8, Horský potok) (Procházka a Brom, 2006). V zájmovém území bylo provedeno fytoecologické snímkování a odběr nadzemní biomasy pro zjištění čisté primární produkce a kalorimetrické stanovení. Fytoecologické snímkování a vyhodnocení produkce biomasy prováděla pro účely své bakalářské práce kolegyně L. Kisoová, která se zabývala produkční charakteristikou porostů v závislosti na antropogenní činnosti.

Mým úkolem bylo vypracovat obecnou charakteristiku stanoviště a následně provést srovnávací měření. Na každé lokalitě byly vytyčeny 4 trvalé studijní plochy o výměře 1 m<sup>2</sup> (příloha 1.), na kterých bylo v průběhu vegetační sezóny 2006 odebráno a zpracováváno celkem 264 vzorků biomasy. Na povodí Mlýnského potoka proběhlo během sezony celkem 5 odběrů nadzemní biomasy. V povodí Horského potoka se odebírala biomasa pouze dvakrát. Měření teplot a vlhkostí bylo provedeno na 4 lokalitách v povodí Horského potoka a 5 v povodí Mlýnského potoka (zn. Comet). Na těchto plochách byl i charakterizován jejich stav pokryvnosti, výšky porostu a zastoupení převažujících rostlin (Tab.2 a viz. příloha 3). Hodnoty uvedené v závorkách se týkají zjištěných charakteristik pokryvnosti z 10.7.2006.

Tab.2.- Charakteristika stanovišť z 23.5. a 10. 7. 2006.

Plocha Horský	Pokryvnost (%)	Výška porostu (cm)	Výskyt hlavních rostlin	
H1	30 (80)	30	Violka bahenní	Mochna nátržník
H4	60 (98)	90	Blatouch bahenní	Tužebník jilmový
H5	85 (98)	35	Ostřice černá, Rašeliník	Tužebník jilmový
H7	20 (98)	55	Ostřice černá	Sasanka hajní

Plocha Mlýnský	Pokryvnost (%)	Výška porostu (cm)	Výskyt hlavních rostlin	
M1	80 (65)	10	Kostřava ovčí	Srha říznačka
M2	90 (75)	15	Svízel povázka	Lipnice luční
M3	90 (85)	20	Řebříček obecný	Smetánka lékařská
M4	50 (90)	10	Psárka luční	Psineček
M6	80 (65)	25	Srha říznačka	Metlice trsnatá

Vzhledem k způsobu hospodaření byla biomasa na Mlýnském povodí (pastvina) odebrána 5 krát za sezónu a na Horském (lado) 2 krát. U všech vzorků byla zjišťována hmotnost čerstvé biomasy a po usušení (15 hodin při 85°C) hmotnost sušiny (pro energetické bilance) (Procházka a Brom, 2006).

## 5.2. Stanovení energetické hodnoty biomasy

Pokud analyzujeme tok hmoty a energie v určitém porostu, potřebujeme znát množství energie, které je rostlinami fixováno, jaká je efektivnost využití sluneční energie a jak se energetický obsah u odumřelých struktur zmenšuje. Předpokladem k těmto kalkulacím je zjištění energetických hodnot (spalného tepla; kalorické hodnoty) biomasy. Princip stanovení spalného tepla spočívá ve spálení vzorku v kyslíku pod tlakem v kalorické bombě umístěného v kalorimetru, ve kterém se určí vzestup teploty. Ze zvýšené teploty se vypočte množství tepla uvolněného spálením navážky vzorku (Rychnovská, 1987).

Energetický obsah v biomase byl stanoven kalorimetricky na pracovišti ČZU v Praze (Dr. Hnilička – Katedra botaniky a fyziologie rostlin, AF) kalorimetrickým systémem C200, který je určen pro stanovení spalného tepla pevných materiálů a tekutin (Procházka a Brom, 2006).

## 5.3. Stanovení evapotranspirace a energetických toků

Pro hodnocení evapotranspirace byla použita data která se měřila po 15 minutách. Měření byla provedena na obou povodích ve dnech 10.-12.7. 2006.

Poskytnutá LI-1400 pro zjištění dopadajícího a odraženého globálního záření na povodí Mlýnského byla zaznamenávána 10. – 12. 7. 2006 v 5ti minutovém intervalu. Hodnoty globální radiace a albeda měřené 11. – 12.7. 2006 v povodí Horského byly měřeny v 1hodinovém intervalu od 9:30 do 7:00 přístrojem Li-250A.

Pro výpočet evapotranspirace byla použita metoda Bowenova poměru.

Metoda Bowenova poměru vychází z rovnice energetické bilance stanoviště:

$$R_N = G + H + LE$$

kde  $R_N$  je čistá radiace ( $W.m^{-2}$ ) a  $G$  je tepelný tok do půdy ( $W.m^{-2}$ ),  $H$  je zjevné teplo ( $W.m^{-2}$ ),  $LE$  je latentní teplo výparu ( $W.m^{-2}$ ).

Pro výpočet samotné evapotranspirace v  $mm.h^{-1}$  byl použit vzorec odvozený z výše uvedeného:

$$E = 1/L * (R_n - G) / (1 + \beta) \quad (\text{Pribáň a Ondok, 1977})$$

Čistá radiace ( $R_N$ ) byla vypočtena ze vztahu:

$$R_N = (1 - \alpha) \cdot R_s - 1,1 \cdot (0,2 + 0,8 (n/N)) \cdot (100 - T)$$

kde  $\alpha$  je albedo (relativní),  $R_s$  je globální krátkovlnné záření,  $n$  je skutečná doba slunečního svitu = 0 až 1,  $N$  je teoretická doba slunečního svitu = 1,  $T$  je teplota ve dvou metrech. Vzhledem k časové integraci dopadajícího slunečního záření bylo při výpočtu použita hodnota poměru  $n/N$  rovného jedné.

Pro výpočet vlastního Bowenova poměru  $\beta$  bylo použito gradientu  $\Delta T$  a  $\Delta e$ :

$$\beta = \gamma (\Delta T / \Delta e)$$

kde  $\gamma$  je psychrometrická konstanta ( $0,066 Pa.K^{-1}$ ),  $\Delta T$  je rozdíl teplot ( $^{\circ}C$ ) 2 m nad porostem a na povrchu porostu a  $\Delta e$  je tlak vodní páry (kPa) v těchto výškách.

Tlak nasycených vodních par ve vzduchu  $E_a$  v kPa byl vypočten podle vztahu

$$E_a = 0,61121 \cdot \exp ( 17,502 \cdot t) / (240,97 + t)$$

kde  $t$  je teplota ve  $^{\circ}C$

Vlastní hodnota latentního tepla výparu ( $LE$ ) byla vypočtena na základě substituce v rovnici energetické bilance:  $LE = R_n - G / 1 + \beta$

Tok tepla do půdy ( $G$ ) byl vypočten podle rovnice rovnice:

$$G = \lambda (T_0 - T_1 / Z_0 - Z_1) = \lambda \cdot (\Delta T / 0,15)$$

kde  $T_0$  a  $T_1$  jsou teploty při povrchu země ( $Z_0$ ) a 0.15 m pod povrchem půdy ( $Z_1$ ),  $\lambda$  je tepelná vodivost půdy (pro Horský = 0,9 a pro Mlýnský = 1,2).

Zjevné teplo ( $H$ ) bylo získáno odečtením z rovnice energetické bilance:

$H = R_n - G - LE$  (Pokorný et al. 2006)

#### 5.4. Mikrometeorologická měření

V průběhu vegetační sezóny roku 2006 byly na obou sledovaných povodích měřeny vybrané mikrometeorologické charakteristiky pomocí automatických meteorologických stanic Vantage Pro (Davis Instruments - USA). Teplota a relativní vlhkost byla měřena ve 2 m (s přesností  $\pm 0,5$  °C, resp.  $\pm 3\%$ ). Dále byla měřena krátkovlnná globální radiace, rychlost a směr větru a srážky. Hodnoty byly měřeny každých 15 minut. Na všech stanovištích byly měřeny teploty a relativní vlhkosti opět ve 2 m a na povrchu porostu (Obr. 10). Teplota na povrchu půdy a 0,15 m pod půdním povrchem byla měřena na dvou stanovištích pro každé sledované povodí teplotním záznamníkem Comet. Pro zhodnocení množství srážek, rychlosti a směru větru byla použita pro měsíce červen, červenec a srpen opět data ze stanic Vantage Pro.



Obr.10. – Datalogger pro měření teplot a vlhkostí firmy Comet (vlevo) a automatická meteorologická stanice Vantage Pro (Davis Instruments – USA).

#### 5.5. Zpracování dat

Pro účel statistického porovnání zájmových ploch byla v programu Microsoft Excel vypočtena směrodatná odchylka a průměrné hodnoty k porovnání srážek, relativní vlhkosti, teploty, rychlosti větru a globální radiace.

## 6. VÝSLEDKY

### 6.1. Primární produkce a energie vázaná v biomase

Pro přehlednost byly výsledné hodnoty zpracovány do tabulky, kde se ze zjištěné netto energie a produkce biomasy získala energie v biomase a využití slunečního záření nadzemní biomasou. Tabulka 4. shrnuje tyto výsledky. Z nich je patrné, že průměrná roční produkce nadzemní biomasy v sušině se v obou povodích pohybovala kolem  $0,5 \text{ kg.m}^{-2}$ . Celková energie, která se v průběhu vegetační sezóny naváže do biomasy je něco málo přes  $2 \text{ kWh.m}^{-2}$ . Za rok 2006 se tedy navázalo do nadzemní biomasy pouze kolem 0,3 % z dopadajícího slunečního záření.

Tab. 3. - Primární produkce a množství energie v sušině nadzemní biomasy.

odběr	lokality	Netto ener. biomase ( $\text{kJ.g}^{-1}$ )	Produkce biomasy ( $\text{kg.m}^{-2}$ )	Energie v bioma. ( $\text{MJ.m}^{-2}$ )	Energie v biomase ( $\text{kWh.m}^{-2}$ )	Využití sluneční energie nadzemní biomasou (%)
1.odběr 23.5.06	M1 – 4	14,85	0,21	3,12	0,87	0,13
	M5 – 8	14,88	0,16	2,38	0,66	0,10
2.odběr 22.6.06	M1 – 4	15,21	0,14	2,13	0,59	0,09
	M5 – 8	14,56	0,20*	2,91	0,80	0,12
3.odběr 10.7.06	M1 – 4	14,33	0,10	1,43	0,38	0,06
	M5 – 8	15,12	0,08	1,21	0,34	0,05
4.odběr 7.9.06	M1 – 4	16,36	0,04	0,65	0,18	0,03
	M5 – 8	15,23	0,03*	0,46	0,13	0,02
5.odběr 11.10.06	M1 – 4	15,92	0,04	0,64	0,18	0,03
	M5 – 8	17,04	0,04	0,68	0,19	0,03
1.odběr 10.7.06	H1 – 4	14,85	0,42	6,24	1,73	0,26
	H5 – 8	15,94	0,30	4,78	1,33	0,20
2.odběr 11.10.06	H1- 4	14,52	0,12	1,87	0,52	0,07
	H5- 8	16,15	0,17	2,75	0,76	0,11

*Suma sluneční energie dopadlé za sledovanou vegetační sezónu 2006, tj. od 25.4. do 11.10.2006 (170 dnů), činila dle meteostanice Davis  $677 \text{ kWh.m}^2$ , z toho fotosynteticky aktivního (PhAR)  $305 \text{ kWhm}^2$ .*

*Hodnoty s „\*“ označují plochy ovlivněné devastací dobyt看 (viz příloha 2.).*

Tab. 4.- Celková průměrná primární produkce a množství energie vázané v biomase.

Povodí	Produkce biomasy v (kg.m <sup>-2</sup> )	Energie v biomase (kWh.m <sup>-2</sup> )	Využití sluneční energie nadzemní biomasou (%)
Horský	0,51	2,17	0,32
Mlýnský	0,52	2,16	0,33

## 6.2. Mikroklimatologická charakteristika zájmových ploch

Průměrné teploty, relativní vlhkosti, rychlost větru, globální radiace a srážky byly za měsíc červen až srpen zpracovány do přehledné tabulky 5. a 6. Největší rozdíly v teplotách jsou za měsíc červen, kdy na povodí Horského potoka dosahovala průměrná teplota o něco nižších hodnot než na pastvině Mlýnského potoka a kde jsou naopak i nižší relativní vlhkosti. Povodí Mlýnského potoka ukazuje největší rozdíl v průměrné teplotě za měsíc červen, která je vyšší než na povodí Horského potoka. Zároveň ale dosahuje nižších hodnot relativní vlhkosti a mnohonásobně větší rychlosti větru. U globální radiace se hodnoty neliší. Nejvíce srážek napadlo za měsíc srpen.

Tabulka č. 5 : Průměrné hodnoty v povodí Horského potoka (hodnoty uvedené v závorkách představují směrodatnou odchylku naměřených hodnot)

Horský potok	červen	červenec	srpen
Průměrná teplota ve 2 m (°C)	11,39 (6,48)	17,9 (4,9)	12,1 (3,7)
Průměrná rel. vlhkost ve 2 m (%)	78,6 (15,9)	78,9 (16,7)	87,9 (11,6)
Průměrná rychlost větru ve 2 m (m.s <sup>-1</sup> )	0,4 (0,5)	0,3 (0,5)	0,4 (0,5)
Průměrná globální radiace (W.m <sup>-2</sup> )	202,7 (259,9)	213,8 (271,7)	127,9 (199,8)
Srážky suma (mm)	91	66	148

Tab. 6.- Průměrné hodnoty v povodí Mlýnského potoka

Mlýnský potok	červen	červenec	srpen
Průměrná teplota ve 2 m (°C)	13,66 (7,59)	17,84 (6,20)	12,32 (4,16)
Průměrná rel. vlhkost ve 2 m (%)	75,17 (17,28)	75,92 (18,14)	83,56 (11,73)
Průměrná rychlost větru ve 2 m (m.s <sup>-1</sup> )	1,07 (1,07)	0,78 (0,96)	1,59 (1,27)
Průměrná globální radiace (W.m <sup>-2</sup> )	201,8 (255,5)	214,3 (264,8)	129,0 (191,7)
Srážky suma (mm)	67	52	156

Tab. 7.- Sumy globální radiace v kWh.m<sup>2</sup> za měsíc červen až srpen.

Suma globální radiace (kWh.m <sup>-2</sup> )	Měsíc	červen	červenec	srpen
	Mlýnský	145	159	96
Horský	146	159	95	

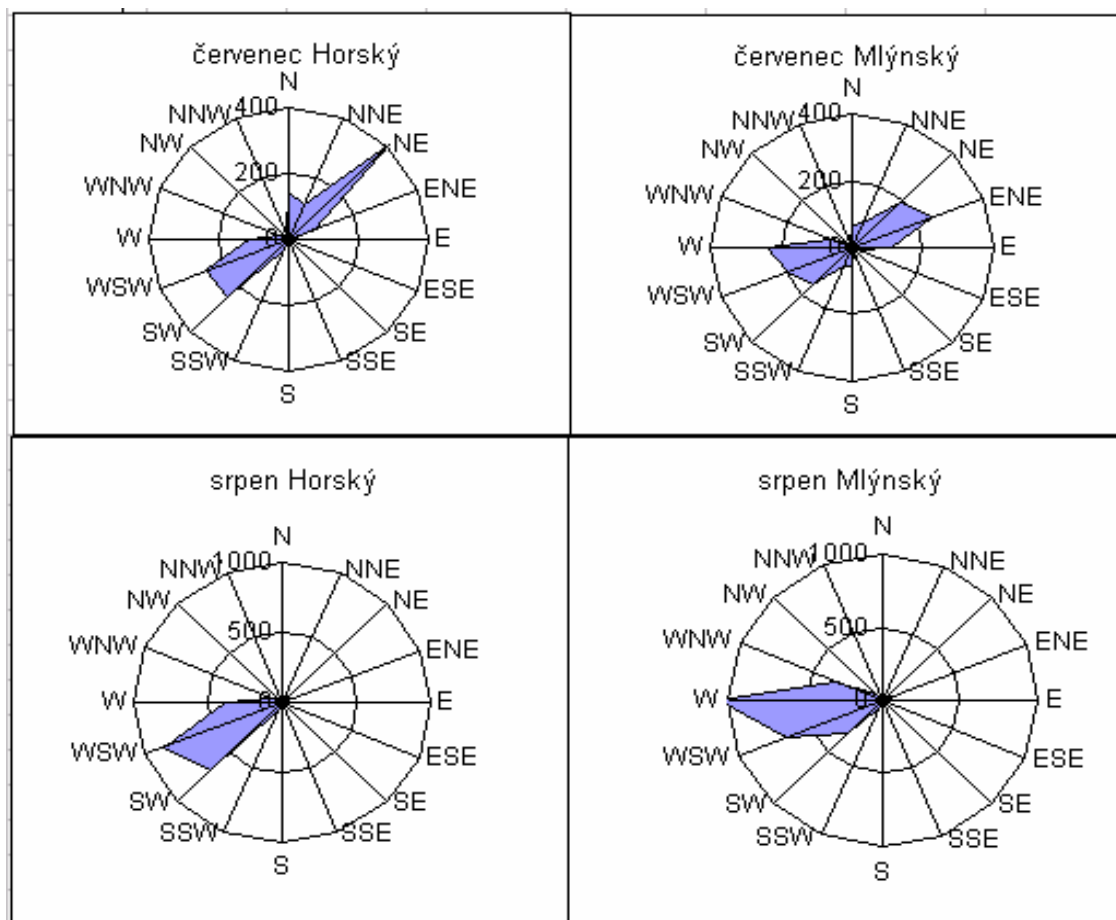
Z výsledků v tabulce č. 7 nejsou viditelné téměř žádné rozdíly v celkové sumě sluneční radiace mezi lokalitami. Nejvíce záření dopadlo za měsíc červenec 159 kWh.m<sup>-2</sup>, nejméně za měsíc srpen 96, resp. 95 kWh.m<sup>-2</sup>.

### 6.2.1. Vítr

Výsledky zjištěné z měření větru v tabulce 8. ukazují, že hodnoty rychlosti větru jsou na obou lokalitách velmi rozdílné. V průměru jsou rychlosti na lokalitě Mlýnského potoka 2-4x vyšší než na lokalitě potoka Horského. Naproti tomu hodnoty směru větru jsou pro obě lokality velmi podobné. Zatímco v červenci bylo rozděleno proudění rovnoměrně mezi SV-VSV a ZJZ-JZ, tak v srpnu převládalo proudění JZ-Z (Graf 1).

Tab. 8. – Průměrné rychlosti větru (m.s<sup>-1</sup>).

Rychlost větru	červen	červenec	srpen
Horský	0,45	0,32	0,46
Mlýnský	1,07	0,78	1,59

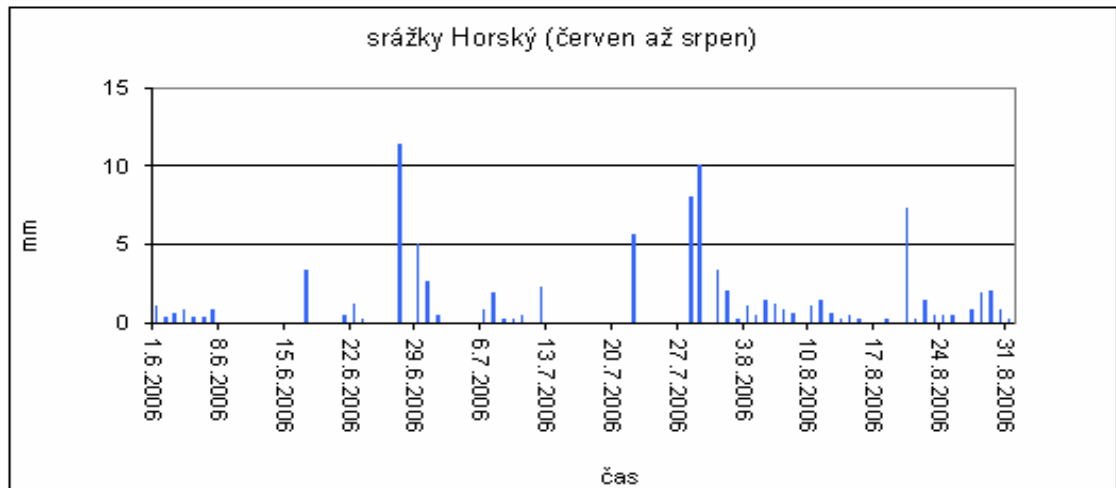


Graf 1. – Směrová růžice převládajícího větru za měsíc červenec a srpen.

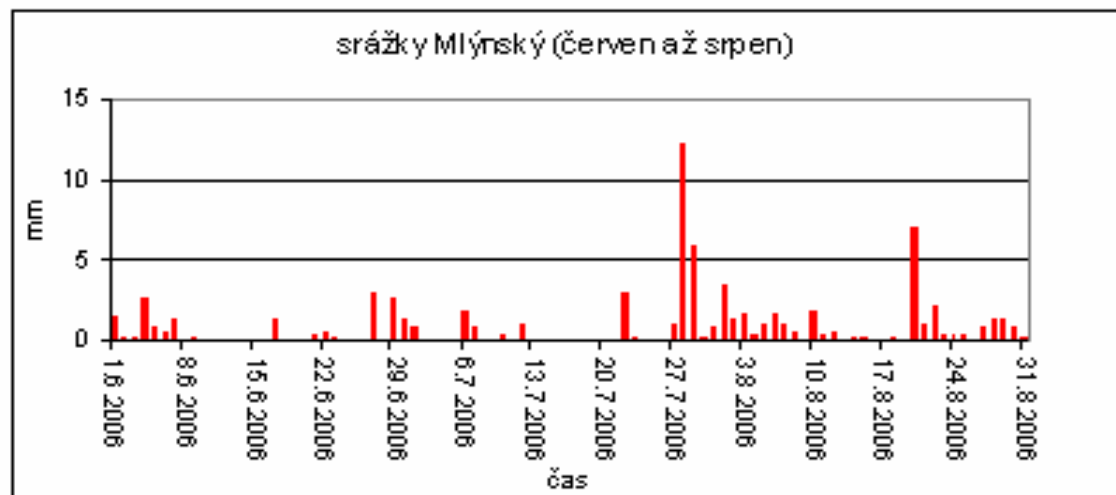
### 6.2.2. Srážky

Srážkové průběhy (graf 2. a 3.) za sledované období se mezi lokalitami příliš neliší. Nejvíce srážek spadlo u obou povodí za měsíc srpen. Obě lokality jsou od sebe vzdáleny cca 3 km, drobné odlišnosti mohla zapříčinit např. bouře.





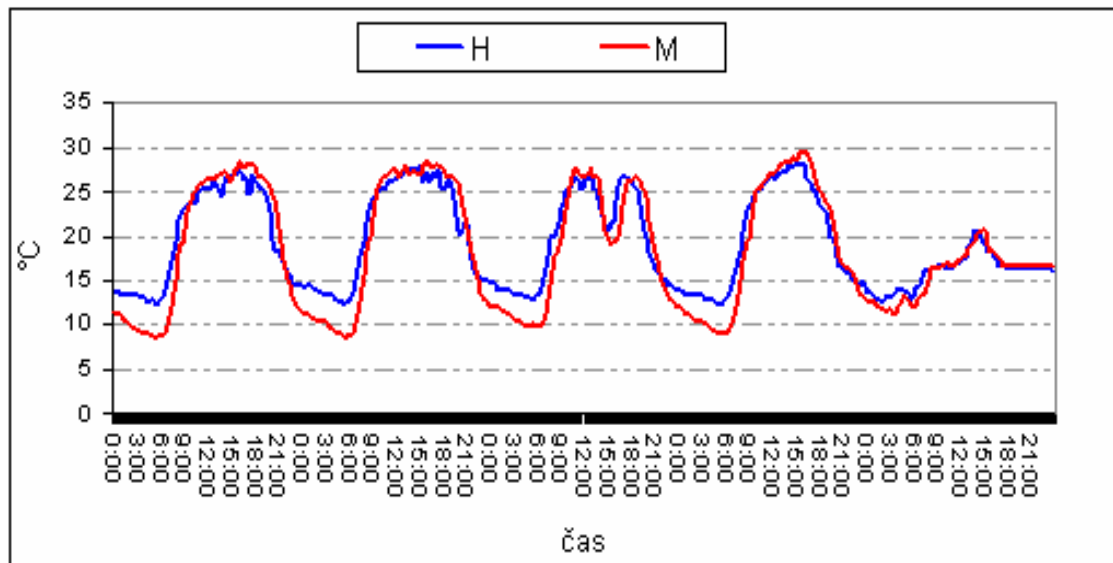
Graf č. 2. - Průběh srážek za měsíc červen až srpen na povodí Horského.



Graf č. 3. - Průběh srážek za měsíc červen až srpen na povodí Mlýnského potoka.

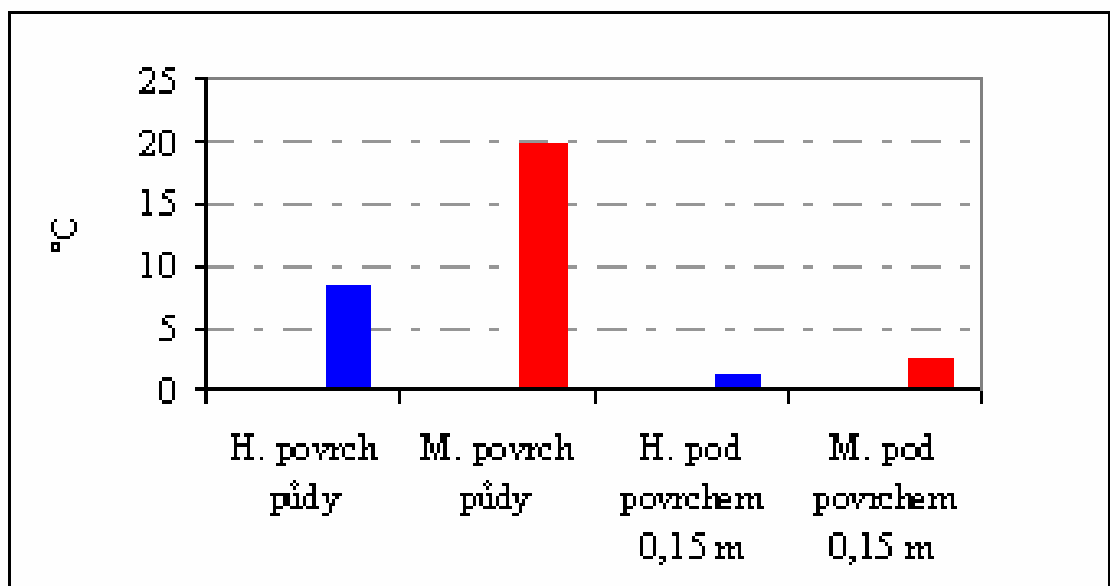
### 6.2.3. Relativní vlhkost a teplota

Aby se daly tyto dvě charakteristiky pro sledované lokality co nejpřesněji porovnat (graf 4. a 6.), bylo vybráno za měsíc červenec pět dní, kdy vítr dosahoval minimální rychlosti a sluneční radiace dosahovala nejvyšších hodnot. Tomu odpovídaly dny od 25. – 29. 7. 2006, kdy byl interval mezi měřeními opět 15 minut.



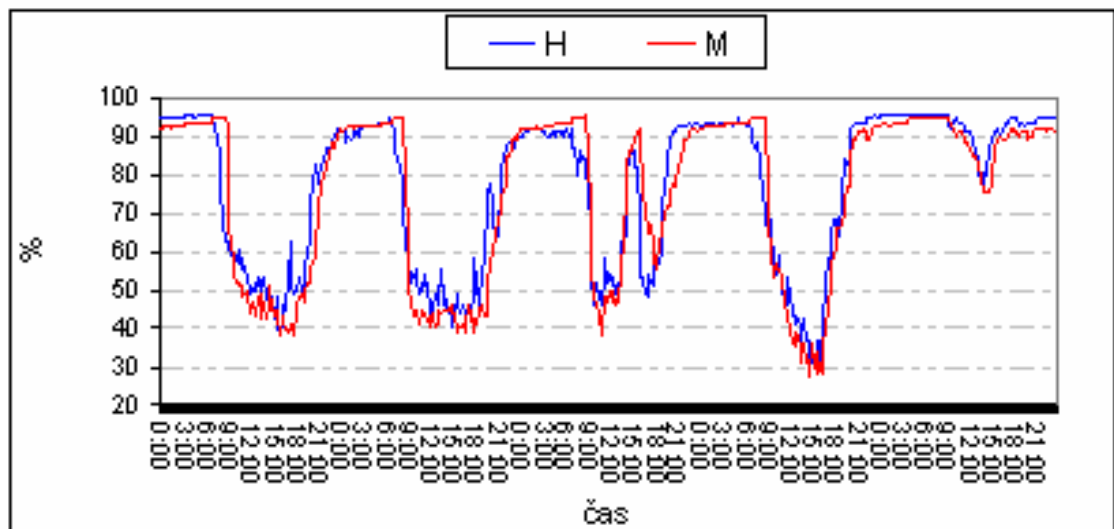
Graf 4. – Průběh teplot ve 2 m na obou povodích (25. – 29. 7 2006).

Na průběhu teplot v povodí Mlýnského potoka je vidět, že hodnoty dosahovaly vyšších výkyvů (amplitud) mezi dnem a nocí, na rozdíl od Horského povodí, kde jsou denní výkyvy nižší.



Graf 5. - Srovnání teplotních amplitud na povrchu a 0,15 m pod povrchem půdy (11.- 12. 7. 2006 od 9:30 – 18:00 a 4:00- 7:00 ).

V grafu 5. jsou znázorněny průměrné denní amplitudy, kdy na pastvině Mlýnského potoka jsou evidentně vyšší než v mokřadu na Horském povodí. Na povrchu půdy je rozdíl v amplitudě mezi lokalitami na povrchu půdy 11,3 °C a v půdě 1,5 °C.



Graf 6. - Průběh relativních vlhkostí ve 2 m na obou povodích (25. – 29. 7. 2006).

Hodnoty relativní vlhkosti byly na Mlýnském povodí nižší než na Horském, zejména přes den, kdy se zřejmě více projevily rozdíly ve vegetačním pokryvu a vodním režimu stanovišť.

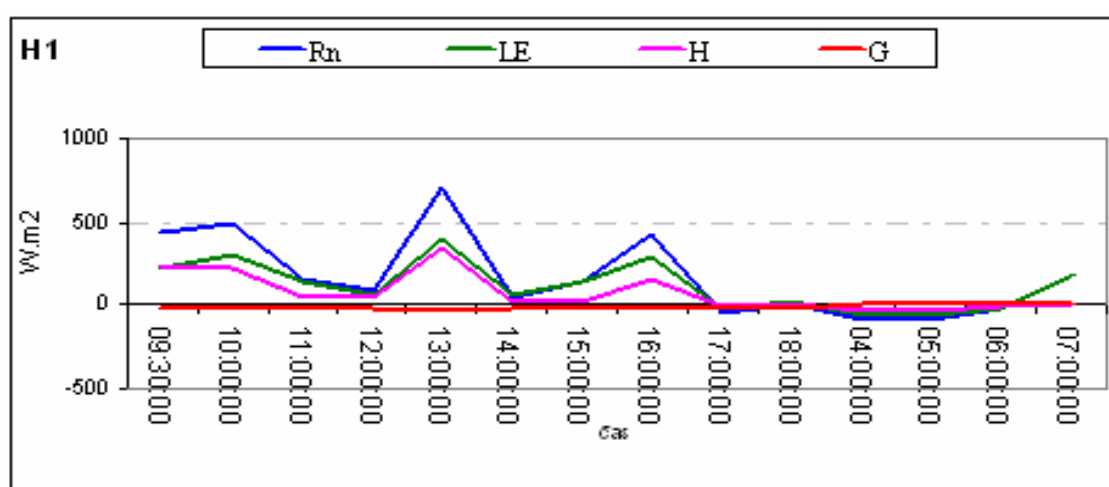
#### 6.2.4. Energetická bilance a evapotranspirace

Výsledné hodnoty Bowenova poměru a evapotranspirace pro všechny měřené lokality jsou uvedeny v tabulce (Tab. 9). Pro další srovnání prostřednictvím grafického vyjádření průběhů čisté radiace, zjevného a latentního tepla a toku tepla do půdy byly vybrány dvě plochy (graf 7. a 8.).

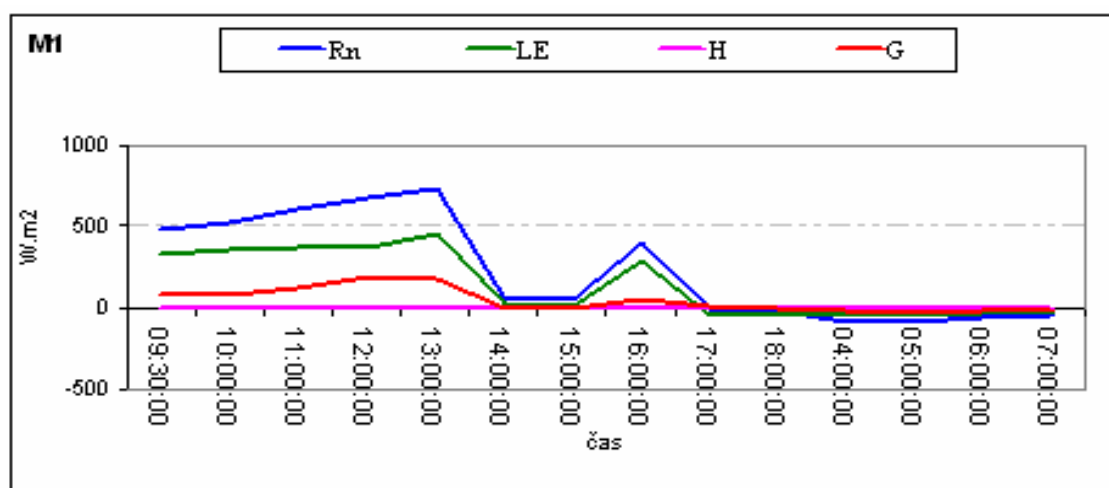
Tab. 9. - Hodnoty evapotranspirace v mm, Bowenův poměr a rychlost větru v  $\text{m.s}^{-1}$ .

plochy	Bowenův poměr průměr	Evapo-transpirace (mm)	Rychlost větru prům. ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Průměrné hodnoty E (mm)
M6	0,12	0,82	0,40	0,64
M4	0,37	0,89		
M3	0,12	0,83		
M2	-0,50	-0,01		
M1	0,33	0,77		
H7	0,42	0,61	0,14	0,58
H5	0,43	0,65		
H4	0,30	0,53		
H1	0,50	0,55		

Hodnoty evapotranspirace dosahují nečekaně vyšších hodnot na většině lokalit Mlýnského potoka ve srovnání s mokřadem na Horském, v průměru pak 0,64 mm, resp. 0,58 mm, za den. Zde se zřejmě projeví rozdíly v síle větru ( $M=0,4 \times H=0,14 \text{ m.s}^{-1}$ ). Z porovnání průběhů v grafech je zřejmé, že obě stanoviště dosahují maximálních hodnot radiace kolem 13. hodiny, obdobně je to i u zbývajících ukazatelů. Minimální hodnoty vykazují po 17. hodině, kdy mají až zápornou tendenci. U plochy M1 na pastvině jsou výrazně vyšší hodnoty toku tepla do půdy než na ploše H1 v mokřadu. Výraznější výkyvy v průbězích radiací má za následek střídavá oblačnost.



Graf 7. - Průběh čistě radiace, zjevného a latentního tepla a toku tepla do půdy na H1 (11.- 12. 7. 2006 od 9:30 do 07:00).



Graf 8. – Průběh čistě radiace, zjevného a latentního tepla a toku tepla do půdy na M1 (11.- 12. 7. 2006 od 9:30 do 07:00).

## 7. DISKUSE

Práce se zabývá sledováním dvou srovnatelných území se zřetelně odlišným charakterem vegetačního krytu v důsledku různého využívání. Území nejsou díky své poloze pod vlivem změn v aktuální hospodářské činnosti. Najít takovou situaci v kulturní krajině je velmi obtížné. Z hlediska ekologického výzkumu se proto zde nabízí ke studiu řada unikátních situací, které v kulturní krajině vnitrozemí většinou chybí. Za tímto účelem byly vybrány v této oblasti dvě povodí Mlýnského a Horského potoka (Procházka a kol., 2006).

Mezi sledovanými lokalitami nebyly zjištěny významné rozdíly ve využití sluneční energie na produkci nadzemní biomasy. Na sledovaných lokalitách bylo ve všech případech do biomasy navázáno pouze 0,3% z celkové dopadající sluneční energie. Tomu odpovídá tvrzení, že pouze zanedbatelná část sluneční energie (1%) se využívá fotosyntézou (Larcher, 1988). Na Mlýnském povodí bylo předpokládáno, že roční produkce nadzemní biomasy bude větší vzhledem k hospodářskému využití a pastvě než v mokřadním společenstvu v povodí Horského potoka. Podle výsledků je ovšem patrné, že se produkce v obou povodích nelišila. To je zřejmě dáno tím, že se pastevní lokalita nachází v drsných horských podmínkách, povodí je chudé na živiny (vliv odvodnění na odnos živin a nehnojí se tam - podle Procházka a kol. 2006) a dochází k lokální devastaci vegetace přítomností stáda dobytka. Podle Kendera (2000) je při dostatku živin a pravidelné sklizni (spásání) možné dosáhnout produkce biomasy 2-3x větší, v přirozených mokřadech je však roční produkce biomasy zpravidla menší než  $1 \text{ kg.m}^{-2}$ . Toto tvrzení však platí s určitou výhradou, protože většina odborných publikovaných prací se zabývá stanovením biomasy nadzemní, které je poměrně přesně a dobře proveditelné. Biomasa podzemní (kořeny, oddenky, zásobní orgány) se stanovuje daleko obtížněji a méně přesně, její množství však může být srovnatelné s biomasou nadzemní (porosty rákosin) (Kender, 2000). Tomu odpovídají výsledky uvedené v tabulce č. 1, kde roční produkce nadzemní biomasy byla v přirozeném mokřadu na Horském potoce v průměru  $0,5 \text{ kg.m}^{-2}$ .

Globální záření závisí především na výšce Slunce, délce dne, na zeměpisné šířce, propustnosti atmosféry a oblačnosti, kdy se zkracujícím se dnem a postavením

Slunce se snižuje i suma globální radiace (Havlíček,1986). To vyplývá i ze zjištění výsledků, kdy nejvyšší sumy záření byly zaznamenány v červenci ( $159 \text{ kWh.m}^{-2}$ )

Rychlost větru má vliv na kolísání teplot, kdy největší kolísání nastává při  $0 - 2 \text{ m.s}^{-1}$ , k vyrovnání teploty listů s okolím dochází až po 35 – 40 s (Matejka a Huzulák, 1987). V průměru jsou rychlosti na Mlýnském povodí 2-4 krát vyšší než na Horském povodí. To je dáno rozdílem v reliéfu a struktuře vegetace odvodněné pastviny v případě povodí Mlýnského potoka a zamokřených sukcesních ploch v případě povodí Horského potoka. Vegetace vytváří přirozené zábrany, kdežto na pastvině travinné společenstvo má zanedbatelný význam. To je srovnatelné se zjištěním ze závěrečné zprávy, která se zabývala energetickou a chemickou účinností krajiny (Procházka a Brom, 2006), že průměrná rychlost větru je v případě Mlýnského potoka zhruba dvojnásobná s předpokladem, že zde bude mít výrazný efekt nerovnoměrné ohřívání jednotlivých ploch (mokřad versus pastvina) a především aerodynamická drsnost povrchu a reliéf.

Podle Míchala (1994) změna teplotních maxim a minim přivodí nutně změny v konkurenčních vztazích organismů, v jejich regenerační schopnosti i změny ve schopnosti celých populací přežít. V tomto kontextu je patrná odlišná diverzita organismů a prostředí na sledovaných lokalitách, která je větší na povodí Horského potoka. To je dáno nejen vlivem různého land use, ale i specifickými podmínkami prostředí a tedy i studovaným mikroklimatem. Průměrné denní amplitudy jsou na pastvině Mlýnského potoka evidentně vyšší (na povrchu půdy o  $11,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 15 cm pod povrchem o  $1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) než v mokřadu na Horském povodí. Tvrzení Míchala potvrdila na sledovaných lokalitách i Hakrová (2004), která zjistila největší počet vzácných a ohrožených druhů právě na povodí Horského potoka ve srovnání s druhově chudým Mlýnským povodím. Také hodnoty relativní vlhkosti byly na Mlýnském povodí nižší než na Horském, zejména přes den, kdy se zřejmě více projeví rozdíly ve vegetačním pokryvu a vodním režimu stanovišť

Na energetickou bilanci ekosystému má značný vliv advekce tepla a vodních par z okolních oblastí (Penka, 1985). Podle Capry (1996) jsou ekosystémy v tomto pojetí otevřené systémy udržované v dynamické rovnováze díky trvalému přísunu sluneční energie. Základní a klíčovou vlastností těchto systémů je neustálá přeměna jejich struktury a funkcí směřující k setrvalé existenci optimalizované směrem k uzavřeným

cyklům vody, látek a k dokonalé disipaci sluneční energie bez náhlých tepelných ztrát. Rozhodující úlohu v těchto procesech má vegetace. To je zřejmé z průběhu grafů energetické bilance ze sledovaných lokalit. Např. u ploch na Mlýnském povodí je viditelný zvýšený tok tepla do půdy ve srovnání s plochou s mokřadní vegetací na povodí Horského potoka, kde je tok tepla do půdy minimální a ve svém průběhu téměř konstantní.

Bowenův poměr by měl stoupat s klesající evapotranspirací. To je při intenzivním záření spojeno s vysokými teplotami listů a s velkým výdejem ohřevného tepla do vzduchu (Slavíková, 1986). Naopak při dostatečné půdní vlhkosti a dobrém zásobení rostlin vodou je Bowenův poměr nízký, listy jsou chlazeny transpirací, jejich povrchová teplota způsobuje nízký výdej ohřevného tepla do vzduchu. Podle Larchera (1988) největší obrat vody bývá v porostech rostoucích na bažinatých stanovištích. Výše uvedené ne zcela odpovídá zjištěným výsledkům. Na odvodněném povodí Mlýnského potoka vychází na většině ploch evapotranspirace vyšší, než by se dalo očekávat ve srovnání se zamokřenými lokalitami v povodí Horského potoka.. To bylo v daném případě především způsobeno rychlostí větru, která na Mlýnském dosahovala v průměru až 3x větších hodnot. Ukázalo se tedy, že za daných podmínek, které panovaly na sledovaných lokalitách v průběhu měření, nebyla metoda stanovení evapotranspirace pomocí Bowenova poměru nejvhodnější.

## 8. ZÁVĚR

Na odvodněném povodí Mlýnského a mokřadním povodí Horského potoka v oblasti lipenského pravobřežní na Šumavě bylo v průběhu roku 2006 hodnoceno mikroklima a disipace sluneční energie v porostech vybraných lokalit.

Hodnoty roční produkce nadzemní biomasy byly pro obě sledované lokality srovnatelné a pohybovaly se kolem 0,5 kg sušiny na m<sup>2</sup> za rok. Srovnatelné bylo i množství sluneční energie v ní vázané, za vegetační sezónu činilo pouhé 0,3% z celkové sumy dopadajícího záření.

Sledováním průběhu teplot bylo zjištěno, že větší kolísání teplot vykazuje povodí Mlýnského potoka, naopak v povodí Horského potoka je kolísání nižší. Na odvodněné pastvině je zřejmá souvislost denního chodu teplot s průběhem relativní vlhkostí, která zde dosahovala během dne evidentně nižších hodnot než vlhkost na povodí Horském.

Převládající směry větru byly v průběhu sezóny na obou lokalitách srovnatelné, na pastvině dosahoval vítr v průměru 3x vyšších rychlostí než na zamokřené lokalitě u Horského potoka. Srážkové úhrny byly pro sledované období pro obě lokality rovněž srovnatelné.

Stanovením evapotranspirace byly na většině lokalit oproti očekávání zjištěny vyšší hodnoty v povodí Mlýnském potoka, což zřejmě způsobila v průměru 3x vyšší rychlost větru ve srovnání s povodím Horského potoka. Tato metoda výpočtu evapotranspirace nepočítá s větrem, tudíž v případném dalším sledování se bude potřeba zaměřit na metodu výpočtu, která počítá i s ovlivněním radiační bilance stanoviště větrem.

I tak lze ze zjištěných výsledků konstatovat, že struktura vegetace a její funkce je významně ovlivňována odlišným způsobem hospodaření. To se projevilo v rozdílnosti sledovaných parametrů na obou povodích.



## 9. Seznam použité literatury

1. Anonymus 2007: Vodní provoz [online]  
<<http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kbd/fyzroaek/index1.htm> >
2. Anonymus 2007: Teplota a vlhkost [online] <<http://www.meteoshop.cz>>
3. Albrecht, J. (ed.) 2003: Šumava. Chráněná území ČR: Českobudějovicko. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, p. 577-736.
4. Brom, J. 2003: Diplomová práce - Autoekologie polykormů v nivě pramenné oblasti Horského potoka, p. 55.
5. Bumerl, J. 1995 : Ekologie II. Učební text SOŠ OTŽP, p. 84, nepublikováno.
6. Burroughs, W. J., Rcowder, B., Robertson, T., Vallier-Talbotová, E., Whitaker, R., Zillman, J. 1999: Počasí - cesty za poznáním.- nakl. Václav Svojka a Co. z australského vydání The Nature Company Guides Weather, Praha, p. 286.
7. Eiseltová, M. 1996: Obnova jezerních ekosystémů.- Wetlands international publ. č.32, Oxford, p. 190.
8. Forman, R. T. T., Goudron, M. 1993: Krajinná ekologie.- Academia, Praha, p. 584.
9. Havlíček, V. a kolektiv 1986: Agrometeorologie.- státní zemědělské nakladatelství, Praha, p. 260.
10. Chábera, S. 1978: Přehled geologické stavby a nerostného bohatství jižních Čech.- jihočeské nakladatelství, České Budějovice.
11. Chytil, J., Hakrová, P., Hudec, K., Husák, Š., Jandová, J., Pellantová, J. 1999: Mokřady České republiky.- Český ramsarský výbor, Mikulov, p. 327.
12. Jelínek, J., Zicháček, V. 1999: Biologie pro gymnázia.- nakl. Olomouc, Olomouc, p. 551.
13. Kender, J. 2000: Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny.- MŽP ve spolupráci s vydavatelstvím ENIGMA,s.r.o., Praha, p. 220.
14. Klouda, P. 2002: Fyzikální chemie.- Pavel Klouda, Ostrava, p. 140.
15. Kolmanová, A., Rektoris, L., Pribáň, K. 1999: Retention ability of bog pine peat bog ecosystem and its response to downpour precipitation.- Academy of Science of the Czech Republic, Třeboň, p. 177-182.

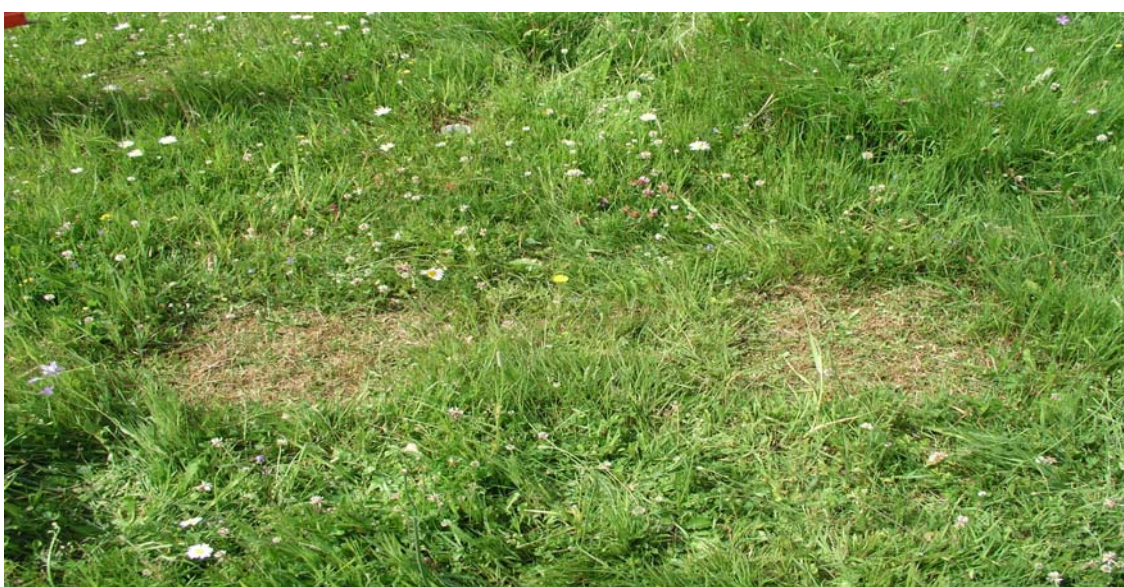
16. Krejča, J. 1997: Velká kniha rostlin, hornin, minerálů a zkamenělin.- PRÍRODA a.s., Bratislava, p. 386.
17. Krolikowska, J., Příbáň, K., Šmíd, P. 1998: Micro-climatic conditions and water economy of wetlands vegetation.-Cambridge University Press ,Cambridge, p. 367-405.
18. Larcher, W. 1988: Fyziologická ekologie rostlin.- Academia, Praha, p. 361.
19. Linacre, E. T. 1976 : Swamps.- Schoul of Hearth Science, Sydney, p. 329-344.
20. Martiš, M., Šolc, J. 1977: Země krajina člověk.- Horizont, Praha, p. 215.
21. Matejka, F., Huzulák, J. 1987: Analýza mikroklimy porastu.- VEDA, Bratislava, p. 230.
22. Penka, M. 1985: Transpirace a spotřeba vody rostlinami.- Academia, Praha, p. 250.
23. Pokorný, J. 2001: Dissipation of solar energy in landscape - controlled by management of water and vegetation. *Renewable Energy*, 24, p. 641-645.
24. Pokorný, J. Kučerová, A., Brom, J. et al. 2006: Evapotranspiration - solar energy dissipation through either open or closed water cycles. Text for International Postgraduate Course on Limnology (IPGL), Wetland Ecology, Trebon 2006. 7 s.
25. Pokorný, J., Kučerová, A., Brom, J. et al. 2004 : Solar energy dissipation through ether ope nor closed water cycles.- IPGL Course, Wetland Ecology, Třeboň, p.1-6.
26. Pokorný, J., Květ, J. 2001: Úloha mokřadů v koloběhu energie, vody, živin, uhlíku a těžkých kovů v krajině. In: Hák, T., Rynda, I. (eds.): Lidé a ekosystémy. Centrum pro otázky životního prostředí UK v Praze a Společnost pro trvale udržitelný život s podporou MŽP, Praha, p. 67-90.
27. Pokorný, J., Rejšková, A., Brom, J. 2007: Úloha makrofyt v energetické bilanci mokřadů. *Zprávy České botanické společnosti* 42. Materiály 22 (accepted).
28. Příbáň, K., Ondok, J. P. 1977: Microclimate and Evapotranspiration in Two Wet Grassland Communities.- Botanical Institute, Czechoslovak Academy of Science., Třeboň, p. 114-128.
29. Procházka, J., Hakrová, P., Procházková, D., Pecharová, E., Pokorný, J. 1999: Hodnocení revitalizace Mlýnského potoka I. Úvodní studie. *Silva Gabreta* , Vimperk, Vol. 3, 73-88.

30. Procházka, J., Pecharová, E., Hakrová, P. 2000: Srovnání funkce travních porostů v krajině kulturního bezlesí prostřednictvím evapotranspirace na základě sledování energetické bilance stanoviště.–Sborník referátů z III. mezinárodní vědecké konference Agroregion 2000, 30. 8. – 1. 9. 2000, ZF JU, České Budějovice, p. 135-136.
31. Procházka, J., Hakrová, P., Pokorný, J., Pecharová, E., Hezina, T., Šíma, M., Pechar, L. 2001: Effect of different management practices on vegetation development, losses of soluble matter and solar energy dissipation in three small sub-mountain catchments. In: Vymazal, J. (ed.): Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands, 143-175. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
32. Procházka, J., Pechar, L., Hakrová, P., Brom, J., Pokorný, J. 2006 : Holistic Approach to Landscape Evaluation and Monitoring of Small Catchments.- Život. Prostr., Vol., 40, No. 2, 88 – 95.
33. Procházka, J., Brom, J. 2006: Energetická a chemická účinnost krajiny – metodický nástroj pro hodnocení krajinných funkcí.-závěrečná zpráva INERTNÍHO GRANTU, č. projektu IG 08/06, p. 22.
34. Procházka, J., Hakrová, P., Pokorný, J., Pecharová, E., Hezina, T., Wotavová, K., Šíma, M., Pechar, L. :2001: Vliv hospodaření na vegetaci a toky energie, vody a látek v malých povodích na Šumavě .-Silva Gabreta, Vimperk, Vol., 6, p. 199-224.
35. Ripl, W. 2003: Water: the bloodstream of the biosphere. Philosophical Transaction. The Royal Society of London B358: 1921-1934.
36. Rožnovský, J., Litschman, T. 2003: Seminář “ Mikroklima porostů. - ISBN 80-86690\_05-9, str. 172.
37. Rychnovská, M. a kol. 1987: Metody studie travinných ekosystému.- Academia, Praha, p. 272.
38. Slavíková, J. 1986 : Ekologie rostlin.- Státní pedagogické nakladatelství, Praha.– 186, Brno, p. 367.
39. Štulc, M., Götz, A. 1999: Životní prostředí.- nakl. České geografické společnosti, s.r.o., Praha, p. 67.

40. Tlapák,V., Šálek, J., Legát,V. 1992: Voda v zemědělské krajině.- zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s MŽP ČR, Praha, p. 319.
41. Ward, A. D. 1995: Environmental ecology, Evapotranspiration chapter 4,- Akademie věd České republiky, Třeboň, p. 90-133.

## 10. PŘÍLOHY

Příloha 1. - plocha 4x1m<sup>2</sup>, odběr biomasy



Příloha 2. - Plocha M5 (2. a 4. odběr) devastace dobytkem.



## Povodí Mlýnského potoka



Příloha 3.- Obecná charakteristika Mlýnského a Horského povodí

Plocha	Zástupci hlavních zastoupených rostlin			
M1-M4	Smetánka lékařská ( <i>Taraxacum officinale</i> )	Jetel luční ( <i>Trifolium pratense</i> )	Psárka luční ( <i>Alopecurus pratensis</i> )	Jetel plazivý ( <i>Trifolium repens</i> )
M5-M8	Bršlice kozí noha ( <i>Aegopodium podagraria</i> )	Třezalka tečkovaná ( <i>Hypericum perforatum</i> )	Smetánka lékařská ( <i>Taraxacum officinale</i> )	Srha říznačka ( <i>Dactylis glomerata</i> )
H1-H4	Violka bahenní ( <i>Viola palustris</i> )	Mochna nátržník ( <i>Potentilla erecta</i> )	Pcháč bahenní ( <i>Cirsium palustre</i> )	Tužebník jilmový ( <i>Filipendula ulmaria</i> )
H5-H8	Ostřice černá ( <i>Carex nigra</i> )	Skřípina lesní ( <i>Scirpus silvaticus</i> )	Blatouch bahenní ( <i>Caltha palustris</i> )	Sasanka hajní ( <i>Anemone nemorosa</i> )

Latinské názvy podle (Krejča ,1997)