

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**České Budějovice**

---

**2009**

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
České Budějovice**

---

**Studijní program:** N 4101 ZEMĚDĚLSKÉ INŽENÝRSTVÍ

**Studijní obor:** AGROEKOLOGIE

**Katedra:** BIOLOGICKÝCH DISCIPLÍN

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**



**Faktory určující rychlost půdního dýchání v travinném mokřadním  
ekosystému**

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Hana Čížková, CSc.

Konzultant: Mgr. Kateřina Máchalová-Zemanová

Autor: Alžběta Stará

**České Budějovice**

---

**2009**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Katedra biologických disciplin  
Akademický rok: 2007/2008

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Alžběta STARÁ**  
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Agroekologie**

Název tématu: **Faktory určující rychlost půdního dýchání v travinném mokřadním ekosystému**

**Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :**

Cíl práce: Zhodnocení půdního dýchání na vybraných mokřadních biotopech ve vztahu k obsahu půdního uhlíku, dostupnosti živin, půdní vlhkosti a teplotě.

Postup: 1. Zpracování literárního přehledu poznatků získaných o půdním dýchání travinného mokřadního ekosystému ve vztahu k půdním vlastnostem a faktorům prostředí. 2. Stanovení sezónní dynamiky půdního dýchání gazometricky jako výdeje CO<sub>2</sub> na dvou vybraných lokalitách od dubna do října 2008. 3. Zhodnocení rozdílů v půdním dýchání ve vztahu k obsahu půdního uhlíku, dostupnosti živin a teplotě. 4. Diskuse vlastních výsledků s výsledky navazujícího výzkumu a s literárními údaji.


Rozsah grafických prací: tabulky primárních dat, fotografická příloha  
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran textu  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

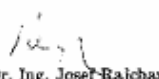
Seznam odborné literatury: Mitsch, W. J., Gosselink, J.G., 2000. Wetlands, Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA. Yuste, J.C., Baldocchi, D.D., Gershenson, A., Goldstein, A., Misson, L., Wong, S., 2007. Microbial soil respiration and its dependency on carbon inputs, soil temperature and moisture. Global Change Biology 13:1-18. Projekt: GA ČR č. 526/06/0276 (Eutrofizace mokřých luk)

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Hana Čížková, CSc.  
Katedra biologických disciplin

Datum zadání diplomové práce: 15. února 2008  
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2009

  
prof. Ing. Milošlav Šoch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentův 19  
370 05 České Budějovice

  
doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 19. února 2008

**Anotace:**

Půdní dýchání představuje významný tok CO<sub>2</sub> mezi atmosférou a půdou. Uhlík fixovaný v procesu fotosyntézy se může vázat v půdě, ale také uvolňovat ve formě CO<sub>2</sub> zpět do atmosféry. Přesné hodnocení globální uhlíkové bilance je klíčem pro odhad budoucího vývoje atmosférické koncentrace CO<sub>2</sub> a předpovídání změn klimatu v budoucnu. V průběhu vegetační sezóny 2008 bylo studováno půdní dýchání na vybraných mokřadních biotopech s travinnou vegetací ve vztahu k obsahu půdního uhlíku, dostupnosti živin, půdní vlhkosti a půdní teplotě. Studované mokřady zahrnovaly lokalitu s minerální půdou u obce Hamr a PR Záblatské Louky s půdou organickou. Půdní dýchání bylo měřeno jako výdej CO<sub>2</sub> z půdy za použití přístroje LiCor 6400 s půdní komorou. Na žádné z obou lokalit nebyl prokázán vliv hnojení (množství přidání živin) na výdej CO<sub>2</sub> z půdy. Na Záblatských Loukách byl zjištěný vztah mezi půdním dýcháním a vlhkostí půdy. Výdej CO<sub>2</sub> se snižoval s rostoucí vlhkostí půdy.

**Annotation:**

Soil respiration represents an important flow of CO<sub>2</sub> between atmosphere and soil. Carbon bounded in the process of photosynthesis may be fixed in soil, but also may be released back to atmosphere in the form of CO<sub>2</sub>. An accurate evaluation of global carbon balance is a key for the estimation of future development of atmospheric concentration of CO<sub>2</sub> and prediction of climate changes. The soil respiration of selected wetland biotopes with graminoid vegetation was studied in relation to concentration of soil carbon, nutrient availability, soil moisture and soil temperature during the vegetation season 2008. The observed wetlands included a locality located near the village of Hamr with mineral soil and the nature reserve Záblatské meadows with organic soil. Soil respiration was measured as CO<sub>2</sub> release from soil with the use of the equipment LiCor 6400 with soil chamber. The influence of fertilizer application on CO<sub>2</sub> release was not proved for either locality. A relationship between soil respiration and soil moisture was found on Záblatské meadows, where the CO<sub>2</sub> release declined with increasing soil moisture.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Faktory určující rychlost půdního dýchání v travinném mokřadním ekosystému“ vypracovala samostatně na základě vlastních experimentálních výsledků a literárních pramenů uvedených v seznamu literatury.

Ve Strunkovicích nad Blanicí

28. dubna 2009

.....

Alžběta Stará

**Poděkování:**

Děkuji všem, kteří mi při zpracování této bakalářské práce pomohli. Za vedení a všestrannou pomoc při zpracování tématu diplomové práce doc. RNDr. Haně Čížkové, CSc. Své mamince a rodině za trpělivost, velký objem věnovaného času a mnoho praktických zkušeností.

## **OBSAH**

<b>1. Úvod</b> .....	1
1.1. Cíle .....	2
1.2. Hypotézy .....	2
<b>2. Literární rešerše</b> .....	3
2.1. Emise skleníkových plynů (globální oteplování) .....	3
2.1.1. Oxid uhličitý a koloběh uhlíku .....	4
2.1.2. Vodní pára .....	6
2.1.3. Metan .....	7
2.2. Obecná charakteristika mokřadů .....	7
2.2.1. Hlavní funkce mokřadů .....	8
2.3. Vlastnosti mokřadních půd .....	10
2.3.1. Zaplavení vodou .....	10
2.3.2. Výměna plynů .....	11
2.3.3. Metabolismus půdních mikroorganismů .....	11
2.3.4. Princip hromadění organické hmoty v půdě .....	13
2.3.5. Hydrologický režim mokřadních půd .....	14
2.4. Eutrofizace mokřadů .....	14
2.5. Testované hypotézy .....	16
2.6. Měření výdeje CO <sub>2</sub> z půdy („Soil CO <sub>2</sub> Efflux“) .....	18
<b>3. Popis studovaných lokalit</b> .....	19
3.1. Popis oblasti – Třeboňsko .....	19
3.2. Hamr .....	19
3.3. Záblatské Louky (PR) .....	20
<b>4. Materiál a metody</b> .....	23
4.1. Uspořádání pokusu .....	23
4.2. Princip měření koncentrace CO <sub>2</sub> infračerveným analyzátozem .....	23
4.3. LiCor 6400 .....	25
4.4. Další přístrojové vybavení .....	26
4.5. Vlastní měření v terénu .....	26
4.6. Popis podmínek během měření .....	27
4.7. Zpracování dat .....	28

<b>5. Výsledky</b> .....	29
5.1. Intenzita půdního dýchání .....	29
5.1.1. Výdej CO <sub>2</sub> na lokalitě Hamr .....	29
5.1.2. Výdej CO <sub>2</sub> na Záblatských Loukách .....	30
5.2. Půdní dýchání při teplotě 10°C .....	31
5.2.1. Sezónní chod výdeje CO <sub>2</sub> při teplotě 10°C na lokalitě Hamr .....	31
5.2.2. Sezónní chod výdeje CO <sub>2</sub> při teplotě 10°C na lokalitě Záblatské Louky .....	31
5.3. Půdní dýchání při teplotě 20°C .....	32
5.3.1. Sezónní chod výdeje CO <sub>2</sub> při teplotě 20°C na lokalitě na lokalitě Hamr .....	32
5.3.2. Sezónní chod výdeje CO <sub>2</sub> při teplotě 20°C na lokalitě Záblatské louky .....	33
5.4. Půdní dýchání při teplotě 10°C v závislosti na vlhkosti .....	33
5.4.1. Vztah výdeje CO <sub>2</sub> při teplotě 10°C v závislosti na vlhkosti půdy na lokalitě Hamr .....	33
5.4.2. Vztah výdeje CO <sub>2</sub> při teplotě 10°C v závislosti na vlhkosti půdy na lokalitě Záblatské Louky .....	34
5.5. Půdní dýchání při 20°C v závislosti na vlhkosti .....	35
5.5.1. Vztah výdeje CO <sub>2</sub> při teplotě 20°C v závislosti na vlhkosti půdy na lokalitě Hamr .....	35
5.5.2. Vztah výdeje CO <sub>2</sub> při teplotě 20°C v závislosti na vlhkosti půdy na lokalitě Záblatské Louky .....	35
5.6. Vztah rychlosti dýchání při 10°C (R 10) a při 20°C (R20) k půdní vlhkosti .....	36
5.7. Porovnání půdního dýchání na lokalitě Hamr a Záblatské Louky .....	36
5.7.1. Výdej CO <sub>2</sub> z půdy na lokalitě Hamr a Záblatských Loukách u nehnojených variant .....	36
5.7.2. Výdej CO <sub>2</sub> z půdy na lokalitě Hamr a Záblatských Loukách u hnojených variant .....	37
<b>6. Diskuze</b> .....	38
6.1. Metodická omezení .....	38



6.2. Srovnání s výsledky jiných autorů na téže lokalitě .....	38
6.3. Srovnání s výsledky jiných autorů na jiných lokalitách .....	39
<b>7. Závěr .....</b>	<b>41</b>
<b>8. Seznam použité literatury .....</b>	<b>42</b>
<b>9. Přílohy .....</b>	<b>49</b>
9.1. Datové přílohy .....	49
9.2. Fotografické přílohy .....	54



## 1. Úvod

Významný společenský pokrok studia emisí skleníkových plynů shrnuje Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu. Byl přijat v Kjótu 11.12.1997. Česká republika jej podepsala 23.11.1998 na základě Usnesení vlády č.669 ze dne 12.10.1998 a ratifikovala jej 25.10.2001. Cílem Kjótského protokolu je dosáhnout redukce emisí oxidu uhličitého, metanu, oxidu dusného, hydrogenovaných fluorovodíků, polyfluorovodíků a fluoridu sírového, vyjádřených ve formě agregovaných emisí CO<sub>2</sub>. Výsledná hodnota emisí jednotlivých plynů zohledňuje jejich rozdílný vliv na celkovou změnu klimatického systému Země. V případě České Republiky se jedná o snížení emisí o 8 % v období 2008 – 2012. Protokol uvažuje kromě emisí skleníkových plynů i jejich sinky neboli propady, tj. absorpci vyvolanou změnami ve využívání krajiny (zalesňování, péče o lesní porosty, resp. odlesňování) ([www.chmi.cz/cc/kjotprot.html](http://www.chmi.cz/cc/kjotprot.html), 2.4.2009). Z určitého pohledu lze považovat za globální rezervoáry uhlíku i mokřady. Právě mokřady jsou v posledních letech středem zájmu v souvislosti s emisemi skleníkových plynů, protože za určitých okolností mohou fungovat buď jako velice účinný absorbér (sink), nebo – za jiných okolností – jako silný zdroj.

Trvale zamokřené plochy s vysokou hladinou spodní vody byly součástí naší krajiny od nepaměti. Snad právě proto nemá čeština ve své slovní zásobě vřezahrnující výraz ekvivalentní anglickému „wetlands“ a velmi brzy začala rozlišovat pestrý a proměnlivý charakter těchto vlhkých a zamokřených lokalit (Kender 2000). Mokřady mohou tedy být definovány nejrůznějšími způsoby. A právě mokřadům se jako první skupině biotopů dostalo významné mezinárodní ochrany Ramsarskou konvencí (IUCN 1971, [www.ramsar.org](http://www.ramsar.org), 12.12.2008). Bylo tím vyjádřeno uznání jejich významu z hlediska biodiverzity, produkce i jejich dalších funkcí.

Vzájemně mnohonásobně provázané vztahy abiotických a biotických charakteristik umožňují mokřadům plnit řadu nezastupitelných funkcí. Díky své primární produkci zajišťují existenci obrovského počtu druhů živočichů i rostlin, důležité jsou i pro existenci člověka v krajině (Kender 2000). Mokřady mají vlastnosti přechodného ekosystému (biologické, chemické, fyzikální), ale mají navíc své vlastní unikátní vlastnosti, které nejsou známy z přilehlého vodního nebo suchozemského prostředí (Anonymus, 13.1.2009). Jednou z nejdůležitějších schopností mokřadů je

retence uhlíku v půdě. Půdní dýchání je považováno za jeden z největších uhlíkových toků mezi pozemským ekosystémem a atmosférou, ovlivňuje citlivost klimatu a zranitelnost uhlíkových zásob na zemi (Rodeghiero, Cescatti 2007).

Přes svou nenahraditelnost jsou mokřady nadále nejohroženějšími ekosystémy vůbec. Jsou často narušovány různými činnostmi člověka, jakými jsou např. odvodňování, kultivace půdy pro intenzivní zemědělské využití, znečišťování z různých zdrojů, nadměrné využívání vodních zdrojů (Kender 2000), a obohacování živinami, především dusíkem a fosforem (eutrofizace).

Tato práce je součástí projektu GA ČR č. 526/06/0276 Eutrofizace mokřých luk. Projekt se zabývá procesy uhlíku v mokřadním ekosystému ve vztahu k půdním vlastnostem a faktorům prostředí na dvou vybraných lokalitách mokřých luk na Třeboňsku, které se liší především obsahem organické hmoty v půdě a vegetačním pokryvem.

### **1.1. Cíle práce:**

Pro tuto práci byl vysloven hlavní předpoklad, že různé režimy (dávky) hnojení ovlivňují mikrobiální aktivitu (výdej  $\text{CO}_2$  z půdy) v půdách vybraných mokřadních luk.

Na základě tohoto předpokladu byly stanoveny následující cíle:

1. Stanovit sezónní dynamiku půdního dýchání gazometricky jako výdeje  $\text{CO}_2$  na dvou vybraných lokalitách.
2. Zhodnotit rozdíly v půdním dýchání ve vztahu k obsahu půdního uhlíku, dostupnosti živin, teplotě a půdní vlhkosti.
3. Zjistit rozdíly ve výdeji  $\text{CO}_2$  na dvou vybraných lokalitách, v minerálních a organických půdách.

### **1.2. Hypotézy:**

- A) Přidání výživy povede ke zvýšení rychlosti výdeje  $\text{CO}_2$  z půdy.
- B) Výdej  $\text{CO}_2$  z půdy je menší v mokřadech s organickou půdou než v mokřadech s minerální půdou.
- C) Vlhkost půdy, resp. míra zamokření, má vliv na výdej  $\text{CO}_2$  z půdy.

## 2. Literární rešerše

### 2.1. Emise skleníkových plynů (globální oteplování)

Už několik miliard let existuje na planetě Zemi život. Během této dlouhé doby se zemské klima opakovaně drasticky měnilo. Střídaly se doby ledové s teplými obdobími. Při každé takové změně došlo ke změnám v životních formách. Tyto změny některým druhům prospívaly, jiné se přizpůsobily nebo zahynuly (Nemešová, Pretel 1998).

Klimatický systém země je velmi složitý a lidské chování a reakce na jeho změny jsou ještě složitější. Výraz „globální oteplování“ se stal všeobecně známým v posledních několika desetiletích, kdy se problémy životního prostředí dostaly do obecného povědomí (Houghton 1998). Globální oteplování a obavy s ním spojené zde byly ale již dávno předtím, než se na počátku 80. let minulého století objevil zájem o hlubší studium tohoto problému (Fleming 2005). Teoretické aktualizace z poslední doby a zdokonalení detekčních technik posílily obavy, že vliv člověka na podnebí v globálním měřítku je větší, než by odpovídalo přirozeným změnám, a projevuje se posílením skleníkového efektu (Bradley 2004). Základnímu principu globálního oteplování můžeme porozumět, vezmeme-li v úvahu energii slunečního záření, která ohřívá zemský povrch, a tepelné záření Země a atmosféry, které je vyzařováno zpět do volného prostoru. Tyto dva radiační proudy musí být v průměru v rovnováze. Je-li rovnováha porušena (například růstem množství atmosférického oxidu uhličitého), může být znovu obnovena nárůstem teploty povrchu Země (Houghton 1998).

Průměrná globální teplota zemského povrchu se v posledních sto padesáti letech zvýšila o 0,6°C. Severní i jižní polokoule vykazují tytéž teplotní tendence a výkyvy. Současně můžeme pozorovat celou řadu klimatických jevů, které spolu vzájemně souvisejí, například tání ledovců a zvýšení hladiny moří. Dále se zrychluje hydrologický cyklus, což souvisí nejen s globálním oteplováním, ale také s ochlazováním stratosféry (jejíž teplota klesla od roku 1979 o 0,5°C). Všechny tyto procesy jsou důsledkem toho, že zejména v posledních třiceti letech došlo k celkovému oteplení, k němuž zřejmě přispěly zvýšené koncentrace skleníkových plynů (Barros 2006).

Atmosféra Země je složena ze směsi plynů, většinou molekul dusíku (78 % objemu) a kyslíku (21 %). Vodní pára, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> a další složky atmosféry (CH<sub>4</sub>, CO, NO, CFC, ClO, Ar) tvoří zbývající 1 % (Trenberth 1992). Některé plyny, ačkoliv jsou v zemské atmosféře přítomny ve velmi nízkých množstvích, jsou téměř propustné pro sluneční záření, silně však absorbují dlouhovlnnou radiaci vyzařovanou zemským povrchem a emitují ji jak zpět k povrchu Země (čímž snižují ztráty energie způsobené jeho dlouhovlnným vyzařováním), tak do kosmického prostoru. Jde zejména o vodní páru, oxid uhličitý, metan, ozon, oxid dusný a freony. Právě tyto radiačně aktivní plyny se nazývají skleníkovými plyny, protože působí jako clona pro tepelnou radiaci zemského povrchu a zvyšují tak jeho teplotu (Kalvová, Moldon 1996).

Skleníkové plyny tedy způsobují, že infračervené záření je pohlcováno atmosférou, čímž dochází k ohřívání zemského povrchu a spodní vrstvy atmosféry. Tyto plyny se vyskytovaly v atmosféře v nepatrných množstvích po téměř celou dobu historie Země (Leggett 1992). Během posledního století však koncentrace skleníkových plynů podstatně vzrostla v důsledku lidské činnosti.

V souvislosti s těmito i s dalšími zjištěními vydal Mezivládní panel pro změnu klimatu (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) prohlášení, které celkovou tendenci k oteplování probíhající ve 20. století připisuje především lidské činnosti (Barros 2006). Panel IPCC byl založen v roce 1988 a snaží se řešit problémy globálního oteplování. Do činnosti IPCC spadají stovky vědeckých pracovníků z mnoha zemí, kteří poskytují vědecké zprávy o všech dosud známých odborných faktech o globálním oteplování, zaměřeni i na politiky, aby dostali důkladné odborné údaje (Houghton 1998).

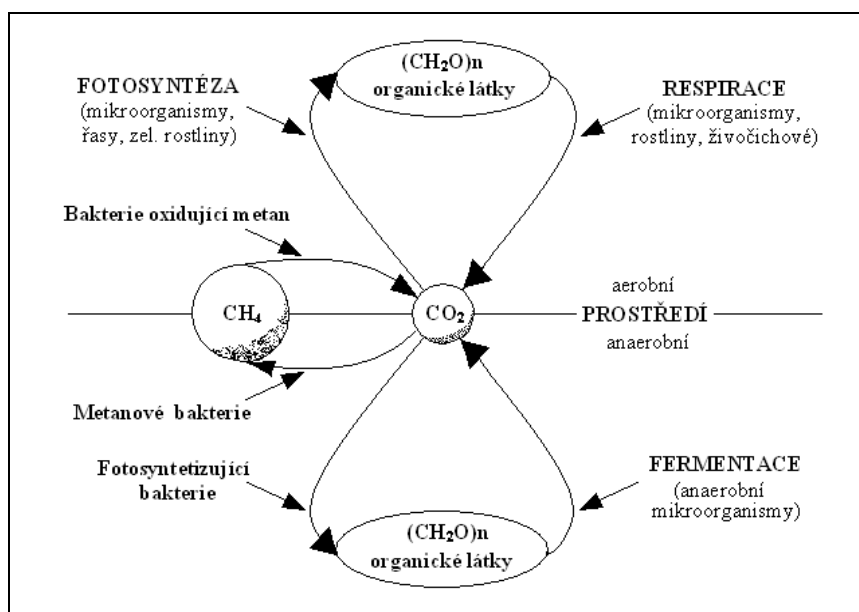
### **2.1.1. Oxid uhličitý a koloběh uhlíku**

Mezi nejdůležitější skleníkové plyny patří oxid uhličitý, který se dostává do atmosféry jednak přírodními pochody a jednak lidskou činností. Odedávna byla jeho přirozeným zdrojem sopečná činnost, která zásobovala oxidem uhličitým přirozený koloběh uhlíku v přírodě. Bez přítomnosti CO<sub>2</sub> v atmosféře by teplota zemského povrchu byla asi o 33°C nižší, než je ve skutečnosti, a zároveň i nevhodná pro život. Oxid uhličitý se do atmosféry dostává i nepřírodními procesy následkem lidské

činnosti, a to zejména spalováním fosilních paliv a současnou destrukcí deštných pralesů. Je tedy nutné rozlišovat mezi přirozenou mírou skleníkového jevu a mezi jeho zvýšenou úrovní způsobenou vlivem člověka (Leggett 1992).

Jak uvádí Kalvová, Moldon (1996), před 18 000 lety, tj. na vrcholu poslední doby ledové, činila koncentrace  $\text{CO}_2$  cca 180 až 200 ppm. Následně až do poloviny 18. století (začátek průmyslové revoluce) stagnovala na hodnotách 270 až 290 ppm. V roce 1958 koncentrace  $\text{CO}_2$  dosáhla hodnoty 315 ppm. Flannery (2007) uvádí současný stav koncentrace  $\text{CO}_2$  až k hodnotě 380 ppm.

Pomocí oxidu uhličitého se v přírodě přenáší uhlík mezi mnoha přirozenými zásobníky uhlíku. K dalším podstatným složkám koloběhu uhlíku zejména v mokřadech patří např. i metan, či uhlík rozpuštěný v půdním roztoku. Výměna uhlíku mezi atmosférou a hlavními rezervoáry uhlíku na Zemi, tj. živými organismy, půdou a oceány, se uskutečňuje celou řadou přírodních procesů (Houghton 1998). Na Obr.1. je znázorněn koloběh uhlíku podle Němce (1986).



Obr.1. Schéma koloběhu uhlíku.

Veškeré suchozemské organismy, kterým z hlediska objemu dominuje rostlinstvo, pohlít ročně kolem 102 Gt (gigaton) uhlíku ve formě oxidu uhličitého spotřebovávaného fotosyntetickou asimilací, přesněji produkcí organických molekul z  $\text{CO}_2$  a vody za spoluúčasti slunečního záření. Toto množství představuje přibližně

14 % celkového atmosférického uhlíku (Houghton 1998). Živé organismy produkují CO<sub>2</sub> dýcháním, při němž dochází ke štěpení organických uhlíkatých molekul. Do atmosféry se takto ročně vrací asi 50 Gt uhlíku. Bakteriální rozklad odumřelé biomasy v půdě přispívá do atmosférického rezervoáru dalšími 50 Gt uhlíku ve formě CO<sub>2</sub>. Takto je dosažena přibližná rovnováha uhlíkové bilance mezi atmosférou a suchozemským životem s tím, že zhruba 2 Gt uhlíku zůstávají každoročně zadrženy nově vzniklými organismy (Leggett 1992).

Oceány rovněž odčerpávají CO<sub>2</sub> z atmosféry. Oxid uhličitý se rozpouští ve vodě za vzniku hydrogenuhličitanových iontů a dále je zachycován fytoplanktonem pomocí fotosyntetické asimilace. Těmito mechanismy je z atmosféry ročně odstraněno 92 Gt uhlíku. Povrchové vrstvy vody vracejí kolem 90 Gt uhlíku každoročně zpět do atmosféry prostřednictvím přímé difúze CO<sub>2</sub> z mořské vody a dýcháním fytoplanktonu. Z této bilance jsou přibližně 2 Gt uhlíku každoročně zadrženy v oceánech (Nátr 2006, Leggett 1992).

Fosilní paliva (uhlí, ropa a zemní plyn), jsou tvořena uhlíkem, který byl obsažen v tělech pravěkých organismů. Fosilní paliva bychom mohli vyloučit z koloběhu uhlíku, kdyby nedocházelo k jejich těžbě a spalování. Těmito procesy se v současné době emituje do atmosféry kolem 6 Gt uhlíku ročně (Leggett 1992). Emise v důsledku obhospodařování půdy, pálení a kácení lesů se odhadují na průměrnou hodnotu 1,5 Gt uhlíku za rok. Celkový vstup uhlíku do ovzduší z lidských aktivit je tedy přibližně 7,5 Gt uhlíku za rok. Čistý roční přírůstek uhlíku v atmosféře se pohybuje kolem hodnoty 3,5 Gt uhlíku za rok. Většinu přírůstku představuje část celkové antropogenní produkce uhlíku a zbytek je rozdělen mezi zásobníky oceánských a suchozemských biotopů (Leggett 1992, Houghton 1998).

### **2.1.2. Vodní pára**

CO<sub>2</sub> funguje jako hlavní činitel změny klimatu, ale zároveň i jako spouštěcí mechanismus pro účinek nejvýznamnějšího skleníkového plynu, jímž je vodní pára. CO<sub>2</sub> zahřeje atmosféru jen trochu, ta však potom může pojmout a udržet více vlhkosti, která otepluje dál atmosféru. Takto vzniká pozitivní zpětná vazba, jejímž působením se teplota naší planety dál zvyšuje (Weart 2003). Lze předpokládat i negativní zpětnou vazbu, kdy se větší obsah vodní páry projeví zvýšenou oblačností.



Protože oblaka velmi silně odrážejí sluneční záření, jeho množství ohřívající zemský povrch by se při dlouhodobě zvýšené oblačnosti snížilo. Toto snížení by mohlo kompenzovat zesílený skleníkový efekt.

Obsah vody ve stratosféře a její podíl na skleníkovém efektu Země jsou předmětem intenzivního výzkumu. Obsah vody v atmosféře však není systematicky měněn člověkem a důsledky změny obsahu vodní páry vyvolané zvýšenou teplotou atmosféry nejsou zatím zjištěny s dostatečnou mírou zobecnění (Nátr 2006).

### **2.1.3. Metan**

Spalováním metanu ( $\text{CH}_4$ ), rovněž vzniká  $\text{CO}_2$ . Vzhledem k přítomnosti vodíkových atomů v molekule  $\text{CH}_4$  vzniká jeho spalováním též voda (Kandrnožka 2008). Methan je asi 20 x účinnější pohlcovač dlouhovlnného infračerveného záření než  $\text{CO}_2$ . Proto se výrazně podílí na skleníkovém efektu i při mnohem nižší koncentraci ve vzduchu, asi 1,7 ppm. Zvýšení atmosférické koncentrace metanu o 0,05 ppm se může projevit zvýšením teploty vzduchu o  $1^\circ\text{C}$  (Nátr 2006).

Hlavním přirozeným zdrojem metanu je anaerobní rozklad v mokřadech. K největším antropogenním zdrojům patří zemědělská výroba (chov skotu, rýžová pole), únik při získávání a zpracovávání fosilních paliv (těžba ropy, její doprava na velké vzdálenosti). Metan se uvolňuje také z oceánů, jezer, spalované biomasy a skládek (Nátr 2006, Kandrnožka 2006). Naopak oxidace v troposféře a bakteriální spotřeba v provzdušněných půdách obsah  $\text{CH}_4$  snižují.

Koncentrace metanu je nad celým povrchem Země vyrovnaná. Poločas setrvání metanu v atmosféře je průměrně 10 let. Tato relativně krátká doba znamená, že snížení antropogenních emisí metanu by se velmi rychle a příznivě projevilo na poklesu absorpce dlouhovlnného infračerveného záření (Nátr 2006).

## **2.2. Obecná charakteristika mokřadů**

Slovo mokřad se začalo užívat v 70. letech 20. století jako ekvivalent k anglickému termínu „wetland“. V podmínkách České republiky se pod ním skrývají biotopy, které jsou označovány také jako luhy, rašeliniště, vrchoviště, slatiny, mokřiny, močály, bažiny, blata, ale také nivní a vlhké louky, litorály, rákosiny, rybníky. Jistě by se našla i další pojmenování pro biotopy, které spadají svým

vzhledem a funkcí pod mokřady. Mnohé mokřady patří k nejproduktivnějším ekosystémům na Zemi, avšak tato produktivita je vázána právě na jejich přirozený a co nejméně narušený stav (Anonymus, 13.1.2009, Mitsch, Gosselink 2000).

Keddy (2000) definuje mokřad jako: „Ekosystém, který vzniká, když v důsledku zaplavení vodou v půdě převáží anaerobní procesy, což vyvolá vznik živých organismů (převážně rostlin) na zaplavení.“ Z přírodovědeckého hlediska se jedná o jedny z nejcennějších a nejproduktivnějších biotopů. Z vodohospodářského hlediska představují mokřady aktivní formu zadržení vody v krajině.

Podle definice Ramsarské úmluvy ([www.ramsar.org](http://www.ramsar.org)) se mokřadem rozumí „území bažin, slatin, rašelinišť i území pokrytá vodou, přirozená i uměle vytvořená, trvalá či dočasná, s vodou stojatou či tekoucí, sladkou, brakickou či slanou, včetně území s mořskou vodou, jejíž hloubka při odlivu nepřesahuje 6 m“. K mokřadům lze dle Ramsarské konvence zařadit také člověkem vytvořené mokřady jako rybníky, nádrže, zavlažovanou zemědělskou půdu, jezera vzniklá těžbou šterkopísku, závlahová pole, vegetační čistírny a kanály.

Mitsch a Gosselink (2000) uvádí definici mokřadu, která by měla splňovat alespoň tři hlavní složky:

1. Přítomnost vody, buď na povrchu, nebo uvnitř prokořeněné vrstvy půdy.
2. Jedinečné půdní podmínky odlišné od přilehlých, výše položených ploch.
3. Mokřadní rostliny adaptované na vlhkost (tzv. hydrofyty), absence rostlin nesnášejících vlhkost.

### **2.2.1. Hlavní funkce mokřadů**

Mokřadní ekosystémy mají pro funkci krajiny nezastupitelný význam (Tlapák 1994). Mimořádně důležitou roli v mokřadu hraje hydrologie, která ovlivňuje strukturu a funkci vody v krajině (Čížková a kol. 2004). Cykly v mokřadu jsou řízené abiotickými a biotickými faktory. Mitsch a Gosselink (2000) spojují klima, hydrologii a geomorfologii jako podmínky zásadně určující funkci a strukturu mokřadů do tzv. hydrogeomorfologie. Biotické faktory jsou determinovány faktory abiotickými, přičemž biota svou přítomností a aktivitou zpětně ovlivňuje abiotické faktory. K biotickým faktorům řadíme spektrum zde zastoupených druhů, ale i procesy

spojené s jejich aktivitou, tedy např. transpiraci, produktivitu, dekompozici, koloběh živin.

V současnosti je středem zájmu studium koloběhu uhlíku v mokřadech. Důvodem je snaha o poznání dynamiky hlavních skleníkových plynů (oxidu uhličitého, metanu), jejich dopadu na planetu a zároveň i možností jak tuto dynamiku ovlivňovat (Čížková a kol. 2004). Mokřady se podílejí na stabilizaci, akumulaci uhlíku (CO<sub>2</sub>) a jeho ukládání do biomasy, půdy a sedimentů, a tím mají dílčí podíl na ovlivnění klimatu. Organické zásobníky vzniklé v mokřadech mají v delším časovém odstupu význam i jako zdroj energie (Yuste a kol. 2003, [www.ramsar.org](http://www.ramsar.org), 12.12.2008).

Mokřady mají další hlavní funkce, zejména:

- značnou měrou se podílejí na tvorbě klimatu. Intenzivní výpar z vodní hladiny a z rostlin zvlhčuje a ochlazuje místní klima a přispívá ke stabilitě malého vodního oběhu.
- při tvorbě prostředí, která jsou významná svojí biodiverzitou. Mokřady jsou bohatě oživené, včetně výskytu vzácných a chráněných druhů rostlin a živočichů. V celosvětovém měřítku jsou sladkovodní mokřady biotopem např. pro 20 000 druhů ryb (40% z celkového počtu druhů ryb).
- v zadržování vody v krajině; zásoba vody v mokřadech je do značné míry aktivní, neboť i za přísušky jsou mokřady schopny dotovat místní hydrografickou síť (Yuste a kol. 2003, [www.ramsar.org](http://www.ramsar.org), 12.12.2008).
- mokřady zadržují i živiny, zejména kationty, dusík a fosfor, dále těžké kovy, pesticidy a další polutanty. Mokřady jsou schopny tyto látky zachytávat jako filtr a chránit tak životní prostředí (Tlapák 1994, [www.trebonsko.ochranaprirody.cz](http://www.trebonsko.ochranaprirody.cz), 12.12.2008).
- mokřady tlumí průběh povodní jejich rozléváním do plochy mokřadu a zpomalováním jejich postupu. Retenční funkce může být výraznější, pokud je mokřad ohrazován a toto ohrazování vytváří retenční prostor (zejména mokřady na místě zaniklých rybníků a v polosuchých poldrech). Poměrně intenzivní zanášení mokřadů větších niv povodňovými splaveninami patří k jejich přirozené dynamice a je nutno s ním počítat (Yuste a kol. 2003, [www.trebonsko.ochranaprirody.cz](http://www.trebonsko.ochranaprirody.cz), 12.12.2008).

- uplatňují se v protierozní funkci snižováním rizika větrné i vodní eroze.
- velmi výrazně se uplatňují v územních systémech ekologické stability, jako biocentra a biokoridory až s nadregionálním významem.
- jsou významné i jako bariéry proti šíření chorob a škůdců.
- mají nezastupitelnou estetickou funkci, kdy zvyšují krajinnou heterogenitu a významně se uplatňují i rekreačně (Tlapák 1994).
- podporují a stabilizují zdroje pitné vody.
- jsou zdrojem rostlinné (píce, rákosí nebo proutí pro tradiční druhy výrob) a živočišné (ryby) produkce. Rostlinná biomasa může sloužit také jako alternativní obnovitelný zdroj energie. Vzhledem k malému zájmu však má tato funkce okrajový význam (Yuste a kol. 2003, [www.trebonsko.ochranaprirody.cz](http://www.trebonsko.ochranaprirody.cz), 12.12.2008, [www.ramsar.org](http://www.ramsar.org), 12.12.2008).

### **2.3. Vlastnosti mokřadních půd**

#### **2.3.1. Zaplavení vodou**

Mokřady jsou považovány za přechodný typ prostředí mezi suchozemskými a vodními ekosystémy (Šimek 2003 a). Vodní režim je hlavním faktorem, který odlišuje mokřadní půdy od půd ostatních suchozemských ekosystémů. Primárním důsledkem zaplavení půdy je omezená výměna plynů mezi půdou a atmosférou (Čížková, Šantrůčková 2006). V půdách nepoškozených mokřadních ekosystémů se většinou váže uhlík a ukládá se zde poměrně na dlouhou dobu. Podmínkou je anaerobní prostředí, kde je zpomalená či zastavená přeměna organických látek. V důsledku toho dochází k ukládání organické hmoty a tím uhlíku v mokřadní půdě (Dušek a kol. 2008, Straškrabrová a kol. 1996). V půdě se vytvoří z organické hmoty a uhlíku zásobník, který je dlouhodobý a stabilní, pokud nedojde k odvodnění půdy. Mokřadní ekosystém se stává v tomto případě vazačem („sinkem“) uhlíku (Dušek a kol. 2008).

Provzdušněné půdy mají ve většině půdního profilu přítomný kyslík, zatímco v zaplavených půdách je pouze v tenké vrstvičce na povrchu půdy. V této vrstvičce jsou kromě kyslíku obsaženy další prvky v oxidovaném stavu (dusík ve formě  $\text{NO}_3^-$ , železo ve formě  $\text{Fe}^{3+}$ , síra ve formě  $\text{SO}_4^{2-}$  a mangan ve formě  $\text{Mn}^{4+}$ ). Tato vrstvička má zásadní význam pro udržení funkce mokřadu.

V zaplavené půdě se rychle vyčerpává kyslík a aerobní organismy snižují a postupně zastavují svou aktivitu. Jsou nahrazovány anaerobními organismy, které při respiraci jako konečný akceptor elektronů místo kyslíku využívají oxidovaných forem dusíku, železa, síry a manganu v procesu anaerobní respirace. Vzniká tak opět  $\text{CO}_2$  a oxidované formy prvků se redukují na  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{S}^0$  nebo  $\text{S}^{2-}$  a  $\text{Mn}^{2+}$ . Procesy anaerobní respirace, při kterých nevzniká mnoho meziproduktů rozkladu, probíhají pouze tehdy, pokud do podpovrchových vrstev půdy pronikají z povrchové vrstvičky oxidované formy N, Fe, S a Mn, nebo pokud mokřad periodicky vysychá, dochází k zavzdušnění půdy a redukované formy prvků se zoxidují (Čížková, Šantrůčková 2006).

### **2.3.2. Výměna plynů**

Půdní dýchání je jeden z nejvýznamnějších toků uhlíkového rozpočtu mezi atmosférou a pozemskými ekosystémy (GuangSheng a kol. 2008, Zhen a kol. 2007). Představuje celkovou sumu všech půdních metabolických pochodů, při kterých je produkován kysličník uhličitý (Rychnovská a kol. 1985). Na produkci  $\text{CO}_2$  z půdy se podílejí biologické procesy, tj. dýchání kořenů, půdní mikroflóry a půdní fauny (GuangSheng a kol. 2008), a zároveň nebiologický proces chemické oxidace uhlíkatých látek (Rychnovská a kol. 1985).

Půdní vzduch tvoří plynou fázi půdy a spolu s půdním roztokem je stálou součástí půdy, ve které vyplňují všechny volné póry. Ve srovnání s atmosférou půdní vzduch obsahuje více oxidu uhličitého (0,3 až 0,7 %) a méně kyslíku (kolem 20 %). V konkrétních podmínkách se uvedené průměrné hodnoty mohou značně lišit, v závislosti především na intenzitě dýchání půdy a možnosti difúze mezi půdním a atmosférickým vzduchem (Ledvina, Horáček 1997). V důsledku mineralizace organických látek je v půdním vzduchu rovněž zvýšen obsah čpavku ( $\text{NH}_4$ ). Dostatek vzduchu přispívá ke zvýšené biologické činnosti v půdě, jejímž výsledkem je uvolňování živin mineralizací organických látek (Richter 1996).

### **2.3.3. Metabolismus půdních mikroorganismů**

Půdní mikroorganismy tvoří velice početné a velmi diverzifikované společenstvo rozkladačů, které zajišťuje v rostlinných ekosystémech transformace a

rozklad organických zbytků (Rychnovská a kol 1987). Zahrnují společenstvo mikroflóry i mikrofauny, tj. bakterie, aktinomicety, sinice, houby, řasy, prvoky, nematoda atd. (Ledvina, Horáček 1997). Půdní mikroorganismy jsou živou součástí půdní organické hmoty (SOM). Jsou to především heterotrofní organismy, které rozkladem mrtvé organické hmoty (dentritu) získávají energii a živiny. Podílejí se na biologickém procesu humifikace, který mohou ovlivňovat abiotické faktory (teplota, vlhkost, aerace půdy) (Slavíková 1986). Např. velká vlhkost snižuje mikrobiální aktivitu primárně tím, že se snižuje difúze kyslíku. Mezi další faktory patří obsah snadno rozložitelných organických látek, hnojení, obsah minerálů, hloubka půdy, fyzikální vlastnosti půdy, rostlinný kryt půdy a využití půdy (Šantrůčková 1993). Procesem půdních bakterií a hub dochází k tvorbě huminových látek a k úplnému rozkladu, mineralizaci, především sacharidů. Uhlík se uvolňuje ve formě  $\text{CO}_2$  z organických látek. Přitom se také uvolňuje energie, která v nich byla zabudována při fotosyntéze primárních producentů. Uvolňování energie se děje především při dýchání, které provází růst a životní pochody mikroorganismů (Slavíková 1986). Dle akceptorů elektronů rozlišujeme půdní dýchání na aerobní (akceptorem je kyslík) a anaerobní (při limitaci kyslíkem je akceptorem jiná látka, např.  $\text{NO}_3^-$ ). Lze také zařadit fermentaci, jako anaerobní proces a však příjemcem elektronu je organická látka (Odum 1977, Mitsch, Gosselink 2000).

V anaerobních podmínkách získává energii v procesu respirace pouze malá část organismů. Větší část získává energii v procesech fermentace, při kterých vzniká méně  $\text{CO}_2$  než při respiraci a zároveň vzniká mnoho organických látek, např. organické kyseliny a alkoholy. Proto v mokřích půdách vzniká méně  $\text{CO}_2$ . V hodně redukovaných podmínkách produkují methanogení bakterie metan, přičemž používají  $\text{CO}_2$  jako konečný akceptor elektronů (Odum 1977). Produkty úplného dýchání jsou  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  a buněčná hmota. Tento proces však může být i neúplný, kdy produkty jsou organické sloučeniny, které stále ještě obsahují energii využitelnou později jinými organismy. Mnohé druhy mikrobů jsou schopny jak aerobní, tak anaerobní respirace (tj. fakultativní anaerobi), ale výsledné produkty těchto dvou reakcí jsou odlišné a za anaerobních podmínek se uvolňuje mnohem méně energie (Mitsch, Gosselink 2000).

Měření intenzity mikrobiální aktivity půdy patří mezi nejdéle studované parametry biologické aktivity půdy (Šantrůčková 1993). Využívá se produkce tepla, nebo častěji produkce CO<sub>2</sub> z půdního dýchání (Slavíková 1986). Často se používá absorpční metoda a metoda stanovení pomocí produkce plynů pomocí plynové chromatografie. Intenzita půdního dýchání může být měřena v přirozených podmínkách i v laboratoři, kde lze podmínky vnějšího prostředí přesně kontrolovat (Šantrůčková 1993).

#### **2.3.4. Princip hromadění organické hmoty v půdě**

Množství živin vázaných v mokřadech závisí na množství nadzemní i podzemní biomasy (Kender 2000). V sedimentech mokřadů probíhají dva základní mikrobiální procesy, které přeměňují organické látky a tím umožňují koloběh látek v biosféře: (1) *Mineralizace organických látek* na látky anorganické, při níž jsou složité organické látky přeměňovány organismy, které produkty využijí pro stavbu těla (sekundární produkce), zbytek se uvolní ve formě minerálních nebo jednoduchých organických látek (tj. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S atd.). (2) *Humifikace* je relativně složitý biochemický proces, při němž jsou organické látky postupně transformovány na humus (Mlejnková 2000).

Procesy primární a sekundární produkce mokřadního ekosystému se podílejí na cyklu uhlíku. Primární producenti (fotoautotrofní organismy) vytvářejí organické látky, pro jejichž tvorbu čerpají potřebný uhlík z atmosféry (ve formě CO<sub>2</sub>) nebo z vody (rozpuštěný CO<sub>2</sub>, případně uhličitánový uhlík). Na primární produkci navazují sekundární producenti (heterotrofní organismy), kteří využívají vytvořenou organickou hmotu. Přeměny vzniklé organické hmoty, primárními nebo sekundárními organismy, probíhají za přítomnosti kyslíku aerobními procesy nebo v případě nedostatku či absence kyslíku anaerobními procesy (Dušek a kol. 2008). Uhlík se může dlouhodobě ukládat v biomase (ve dřevě lužních lesů) nebo v půdě tvorbou organických horizontů zejména na rašeliništích (slatiništích), kde vrstvy humolitu mohou dosahovat mocnosti mnoha metrů (Dušek a kol. 2008, Kender 2000). Při rašelinění se mikroorganismy uplatňují velmi málo, uplatňují se především anaerobní bakterie (Ledvina, Horáček 1997), detritus si zachovává svou strukturu a má vysoký obsah uhlíku (Slavíková 1986). Tato obrovská zásoba organického uhlíku

může v současnosti za vhodných podmínek dále přirůstat, ovšem se z ní může také uhlík uvolňovat v závislosti na podmínkách managementu (Čížková a kol. 2004).

Akumulace uhlíku je typická pro chudé zaplavené okrajové litorální zóny mělkých nádrží jako jsou rybníky v TBBR (Pícek a kol. 2008) a pro neporušená rašeliniště. Plochy s organickou půdou, která vznikla v důsledku akumulace uhlíku v minulosti, se po odvodnění naopak stávají masivním zdrojem CO<sub>2</sub>.

### **2.3.5. Hydrologický režim mokřadních půd**

Vyvážený ekosystém s dostatečnou zásobou vody je nejdokonalejší klimatizací naší planety. Vyrovnává teplotní rozdíly mezi dnem a nocí, mezi jednotlivými sezónami i mezi jednotlivými oblastmi, a tím zároveň tlumí extrémy v počasí. Úbytkem vody vznikají teplotní rozdíly, které vyvolávají extrémy v počasí různého druhu (Kravčík a kol. 2007).

Narušení daného mokřadu odvodněním dochází ke zrychlení rozkladu organických látek v půdě a uvolnění oxidu uhličitého do atmosféry, zároveň se uvolňují i živiny do půdního roztoku a dále do odtékající vody (Kender 2000). V odvodněném mokřadu převládají aerobní procesy nad anaerobními a ukládání uhlíku do organické hmoty se zpomalí nebo úplně zastaví. S odvodněním mokřadů dochází také ke změně struktury celého ekosystému a biodiverzity na úkor původních druhů (Dušek a kol. 2008). Rozklad organických látek je doprovázen poklesem pH, jelikož při mineralizaci se oxidují siřníky a amonný dusík (při vyšších hodnotách pH jsou vázány v půdě a pro rostliny a živočichy jsou nedostupné). Proto půda trvale zaplavená vodou uvolňuje mnohem méně rozpuštěných látek než půdy, u nichž dochází k periodickému zaplavování a vysoušení. Střídáním těchto extrémů se urychluje proces mineralizace a uvolňující se živiny, které nemohou být odpovídající rychlostí znovu vázány procesem fotosyntézy a tvorby živé hmoty, následně se ve velkých množstvích vyplavují do vodních toků a nádrží (Kender 2000).

### **2.4. Eutrofizace mokřadů**

Minerální živiny se krajinou pohybují v různých formách. Zvýšená hladina živin velice úzce souvisí se všudypřítomným pojmem eutrofizace. Eutrofizaci



chápeme jako proces, při němž dochází k přesycování prostředí minerálními živinami, především dusíkem a fosforem (Anonymus, 20.1.2009).

Eutrofizace je přírodní děj, jenž v důsledku lidské činnosti přesáhl přirozené meze. Přírodní eutrofizace je způsobena uvolňováním již zmíněného dusíku a fosforu, případně dále silikátů, z půdy, sedimentů a odumřelých vodních organismů. Umělá eutrofizace je způsobena intenzivní zemědělskou výrobou, některými druhy průmyslových odpadních vod, používáním polyfosforečnanů v pracích a čistících prostředcích a zvýšenou produkcí komunálních odpadních vod a odpadů fekálního charakteru (Kočí a kol. 2000). Vysoké eutrofní zátěži bývají především vystaveny rybníky s intenzivním chovem ryb a přilehlé rákosiny (Kender 2000). Podobně jako povrchové vody jsou živinami dotovány i mokřady. Jednou z ekologických funkcí mokřadů v krajině bývá uváděna transformace těchto látek. Na změny přísunu živin v mokřadech a jejich důsledky citlivě reaguje vegetace i mikrobiální společenstva. Ukazuje se také, že jak rostlinná, tak mikrobiální společenstva mají své horní limity zátěže, kterou dokážou snést (Čížková, Šantrůčková 2006).

Na zhoršování kvality vody (eutrofizaci) se podílí zejména biocenóza a probíhající biologické pochody. Povrchová voda s vysokým obsahem dusíku, fosforu a dalších biogenních prvků je nezávadná do té doby, než se v ní vyskytnou bakterie, sinice, řasy a živočichové, jejichž biologickou činností se její kvalita začne zhoršovat. Prvotním signálem eutrofizace ve vodním biotopu je nárůst planktonních sinic, bakterií, řas a vodních makrofyt. Dále dochází ke zhoršování hydrochemického a kyslíkového režimu, ke vzniku a hromadění jedovatých plynů, k nepříznivým kyslíkovým poměrům a ke zmenšení produkční plochy mokřadního ekosystému. Během letní sezóny jsou zaznamenávány značné změny koncentrace kyslíku a zvýšená koncentrace živin.

Eutrofizace způsobovaná člověkem stále roste a je neustále urychlována. Vysokou primární produkcí v horních vrstvách mokřadů dochází k vyčerpání kyslíku ze spodních vrstev a navození anaerobních poměrů, sedimenty pak obsahují siřičíky železa (Říhová-Ambrožová 2009). V těchto ekosystémech je jedině dusík schopen tvořit plynné sloučeniny a z takovýchto mokřadů následně mizí (Kender 2000). Zvýšením trofie prostředí dochází ke změně produkce, struktury i funkce ekosystému (Mach 2007).

## 2.5. Testované hypotézy

Mokřadní ekosystémy podléhají velmi širokému množství vlivů, na nichž je závislý rozklad organické hmoty v mokřadu. Patří k nim zejména druh rozkládaného materiálu a dostupnost vody. Problémem mokřadních ekosystémů zůstává otázka, zda a do jaké míry se mění v dlouhodobém měřítku zásoba půdního uhlíku, je-li v současnosti organický uhlík ukládán do těchto ekosystémů nebo se z nich spíše uvolňuje. Změny dynamiky půdního uhlíku na mnoha mokřadech souvisejí zejména s odvodněním ekosystému, určitý vliv má také zvýšení dostupnosti živin (eutrofizace) (Čížková a kol. 2004).

### A) Přidání výživy povede ke zvýšení rychlosti výdeje CO<sub>2</sub> z půdy

Při vysokém přísunu organického materiálu do půd a usazenin vytvářejí půdní mikrobi anerobní podmínky tím, že spotřebovávají kyslík rychleji, než může do tohoto prostředí prostupovat. Rozklad se tím nezastaví, ale pokračuje pomaleji, pokud je přítomna přiměřená rozmanitost anaerobních mikrobů (Odum 1977). Malá aerace způsobená zaplavením půdy vodou, či poškození její struktury hnojivou může silně inhibovat růst rostlin a zásadně ovlivnit mikrobiální přeměny látek v půdě (Šimek 2003 b). Důležitý je poměr zejména C:N, který je v různých organických materiálech rozkládaných mikroorganismy odlišný (Šimek 2003 a).

### B) Výdej CO<sub>2</sub> z půdy je menší v mokřadech s organickou půdou než v mokřadech s minerální půdou

Mokřadní půdy jsou prostředím, kde probíhají chemické transformace a zároveň prvořadým místem, kde jsou ukládány dostupné živiny pro mokřadní rostliny (Mitsch, Giselino 2000). Mokřadní půdy lze rozdělit do dvou hlavních skupin, na minerální a organické půdy (Brinkman, Van Diepen 1990).

**Organické půdy** jsou půdy s obsahem organické hmoty nad 20 - 30 % hmotnosti a s obsahem organického uhlíku nad 12 - 18 % (Šimek 2005). Z globálního hlediska jsou důležitým úložištěm uhlíku. S tím je spojený i vysoký obsah organického dusíku, pH v kyselé oblasti, nízká objemová hmotnost půdy a vysoká pórovitost, poměr C:N je přibližně 20:1 (Brady, Weil 2002). Barva je tmavě hnědá až černá. Organické půdy mají velkou schopnost zadržovat velké množství

vody a mají poněkud jiné vlastnosti fyzikální, chemické a biologické než půdy minerální. Při zaplavení organické půdy se odumřelé části rostlin dostávají do prostředí málo aerovaného nebo zcela anoxického a dochází i k pomalé oxidaci organické hmoty (Šimek 2005). Organické půdě v této práci odpovídá půda na zkoumané lokalitě Zábřatské Louky.

**Minerální půdy** tvoří většinu půd. Jejich pevný podíl je tvořen především minerálními částicemi, obsah organického materiálu nepřesahuje 20 – 30 % hmotnosti (Šimek 2005). Obsah organického uhlíku je do 12 – 20 %, pH je obvykle neutrální, typickými vlastnostmi jsou dále vysoká objemová hmotnost a dostupnost živin. Minerální mokřadní půdy jsou charakteristické především redoximorfním horizontem oxidů železa a manganu, který ovlivňuje barvu půdy. Poměr C:N v organickém podílu je asi 12:1 (Brady, Weil 2002). Minerální půdě v této práci odpovídá půda na zkoumané lokalitě Hamr.

### **C) Vlhkost půdy, resp. míra zamokření, má vliv na výdej CO<sub>2</sub> z půdy**

Teplota, vlhkost půdy, úroveň hladiny vody a kvalita organických substrátů v půdě jsou hlavními složkami kontroly výdeje CO<sub>2</sub> z rašelinišť. Vysoké koncentrace nestabilní organické hmoty mohou mít za následek vyšší rychlost mineralizace uhlíku. Teplota půdy a teplý půdní vzduch stimulují mikrobiální aktivitu, což má za následek vyšší výdej CO<sub>2</sub> (Chimner, Cooper 2003).

Po dodání živin s odpovídajícím poměrem C:N za příznivé teploty a vlhkosti dochází během několika dnů k rozvoji populací heterotrofních mikroorganismů, které využívají vnesenou organickou látku jako zdroj uhlíku a energie. V průběhu rozkladu organické látky se většina uhlíku uvolňuje ve formě CO<sub>2</sub>, avšak většina dusíku v půdě zůstává. Proto následně klesá poměr C:N v rozkladném materiálu (Šimek 2003 a). Podstatný vzrůst vlhkosti po zaplavení půdy může vést v místech intenzivního rozkladu organických látek k úplnému vyčerpání zásoby kyslíku v půdě během krátké doby a k značnému omezení výměny plynů v půdě. V půdě nastává anoxické prostředí (Šimek 2003 b).

## 2.6. Měření výdeje CO<sub>2</sub> z půdy („Soil CO<sub>2</sub> Efflux“)

Půdní dýchání je důležitá složka cyklu uhlíku terestrických ekosystémů. K měření výdeje CO<sub>2</sub> z půdy se využívá různých technik a metod. Důležitý je vztah půdního dýchání k teplotě. Pro měření výdeje CO<sub>2</sub> z půdy se osvědčil parametr Q<sub>10</sub>, který vyjadřuje vztah mezi výdejem CO<sub>2</sub> a půdní teplotou. Výhodou tohoto parametru je jeho aplikace při modelovém vyhodnocení ztrát při půdním dýchání z různých ekosystémů.

Pro výpočet poměru výdeje CO<sub>2</sub> a teploty se používá exponenciálních rovnic, které operují s konstantami hodnot Q<sub>10</sub>. Hodnota respirace Q<sub>10</sub> není stálá, ale mění se v závislosti na rozsahu měřených teplot. Při terénním měření je třeba mít na paměti také fakt, že se půdní teplota mění i s hloubkou měření, nižší teploty odpovídají větším hloubkám měření. Při měření je důležitá tedy i optimální hloubka měření. S hloubkou dále souvisí i aktivita půdních mikroorganismů, půdní vlhkost a typ stanoviště. Musíme si uvědomit, že na každém stanovišti je jiný vertikální profil vlastností (Pavelka a kol. 2007).

Měřením výdeje CO<sub>2</sub> z půdy se zabývalo mnoho studií. Například Rychnovská (1987) uvádí průměrné množství CO<sub>2</sub> uvolněného z povrchu lučních půd v rozmezí 0,4 – 17,0 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> za den. Campos (2006) studoval výdej CO<sub>2</sub> v tropickém pralese, na poli a pastvinách. Vypozoroval významné rozdíly ve výdeji uhlíku na jednotlivých stanovištích. Největší půdní tok uhlíku z půdy byl na pastvinách (2.94 g CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> za den), následně o něco menší na orné půdě (1.82 g CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> za den) a nejméně v tropickém lese (1.19 g CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> za den). Pavelka (2007) uvádí průměrné naměřené hodnoty CO<sub>2</sub> z lesní půdy 3,06 ± 1,03 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> a pro pastviny průměrné hodnoty 4,36 – 0,71 (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

### 3. Popis studovaných lokalit

#### 3.1. Popis oblasti – Třeboňsko

Studované lokality se nacházejí v Třeboňské pánvi. Třeboňská pánev patří k územím střední Evropy s největším zastoupením mokřadů. Mokřady tvoří nejméně 20 % z rozlohy CHKO/BR Třeboňsko (Květ 2000). V rovinném terénu mokřady tvoří často plynule navazující hydrosérie, která pokrývá značnou plochu, a má tedy význam jak krajinářský, tak i hospodářský (Jeník, Květ 1983).

Výzkum všech mokřadů Třeboňska má dlouholetou tradici. V roce 1997 bylo Třeboňsko vyhlášené Biosférickou rezervací a její vybrané části byly zařazeny mezi Mokřady mezinárodního významu podle Ramsarské úmluvy (1991). Třeboňsko získalo mezinárodní význam jako území poskytující cenné poznatky o struktuře a funkci mokřadních ekosystémů a biocenóz a o možnostech a překážkách jejich trvale udržitelného využívání (Květ 2000).

Studovanými lokalitami byly louky, které jsou po část roku podmáčené či dokonce pod vodou. Označují se jako mokré louky, a anglický výraz pro tento typ ekosystému je „wet meadows“ (Misařová 2005). Na vybraných lokalitách se studoval účinek eutrofizace ve vzájemném vztahu rostlina – půda (Pícek a kol., 2008). Jednalo se o lokalitu Hamr a Zábblatské louky.

#### 3.2. Hamr

Lokalita Hamr je podmáčená louka nacházející se východně od vesnic Hamr a Val v záplavové zóně řeky Nežárky. Jde o místo na naplaveném substrátu. Nadmořská výška stanoviště je 415 m nad mořem (Pícek a kol. 2008).

Vegetace na sledovaných plochách je tvořena převážně vegetací vysokých ostřic. Podle katalogu biotopů ČR se jedná o biotop M1.7 (Chytrý a kol. 2001). Druhové složení na této lokalitě je spíše homogenní, převažují zde porosty vysokých ostřic (*Carex gracilis* a *Carex versicaria*), zblochanu vodního (*Glyceria maxima*) a chrastice rákosovité (*Phalaris arundinacea*). Ojediněle se zde vyskytuje i metlice trsnatá (*Deschampsia caespitosa*), pryskyřník plazivý (*Ranunculus repens*) či svízel bažinný (*Galium palustre*). Místy bylo vytvořeno i mechové patro. Bezprostřední okolí je druhově značně rozmanitější. Vyskytuje se tu bylinné patro nižšího vzrůstu, které tvoří postupný přechod na okolní zemědělsky obhospodařované louky.

Dle Mitsche a Gosselinka (1993) bychom mohli studovanou lokalitu Hamr zařadit mezi oblasti vnitrozemských luk, v kterých je půda většinou bez stojaté vody během převážné části vegetačního období. Hladina podzemní vody však leží jen několik centimetrů pod povrchem. Tyto louky se mohou vyskytovat v mělkých pánvích, vytvářet bahnitý povrch v mělkých prohlubních. Často mohou tvořit přechody či hranici mezi mělkými mokřinami a zemědělsky obhospodařovanými plochami. Jde o systém palustrinní, perzistentní, a zpravidla jde o významný zdroj podzemní vody.

Picek a kol. (2008) popisují úroveň hladiny vody pokusného stanoviště Hamr na stejné úrovni jako v místních odvodňovacích příkopech spojených s řekou Nežárkou, z tohoto důvodu je zde hladina vody více proměnlivá. Průměrná hladina vody je na lokalitě Hamr v záplavové oblasti nižší než na lokalitě Zábłatských Luk ve výtopě rybníka.

### **3.3. Zábłatské Louky (PR)**

Správa CHKO Třeboňsko v roce 1994 vyhlásila Zábłatské Louky Přírodní rezervací (PR). Území rezervace patří k největším na Třeboňsku a zaujímá plochu o rozloze 108 ha. Hlavním předmětem ochrany přírodní rezervace je jeden z nejrozsáhlejších komplexů vlhkomilné luční a mokřadní vegetace na Třeboňsku. Území rezervace je částí rozsáhlého rašeliniště, které bylo z větší části zatopeno rybníkem Zábłatským. Vodní plocha rybníka plynule přechází přes zblochanové a rákosové porosty v rozlehlé rašelinné, zpravidla jednosečné louky ([www.trebonsko.ochranaprirody.cz](http://www.trebonsko.ochranaprirody.cz), 12.12.2008, Anonymus, 12.12.2008). V severní části rezervace, která leží ve výtopě Zábłatského rybníka, je vytvořena ukázková zonace litorální mokřadní vegetace od plošně rozsáhlých rákosových porostů, přes vysokostébelné ostřice po bezkolencové louky a porosty třtiny šedavé. V jižní části se vyskytuje mozaika nesečených porostů bezkolencových luk, porostů vysokostébelných ostřic a porostů třtiny šedavé, které postupně přecházejí k pásu litorální vegetace. Zde je vytvořena i soustava tůňek a jezírek po borkování rašeliny s velmi cennou vegetací. V západní části se nacházejí vlhké sečené louky s poměrně bohatým druhovým složením. V pestré mozaice různých biotopů se vyskytuje řada ohrožených a chráněných druhů rostlin a živočichů (Anonymus, 12.12.2008).

V 70. a 80. letech 20. stol. byla společenstva luk značně poškozena nadměrnou aplikací prasečí kejdy z nedalekých výkrmen. Dnes je zde jakékoliv hnojení vyloučeno a dochází k postupnému zlepšování stavu. Nynější pozemky v rezervaci jsou roztrženy mezi několik desítek soukromých vlastníků a rozsah obhospodařovaných ploch není stálý. Louky jsou každoročně koseny jen na sušších místech, některé části hlavně bezkolencových luk při výtopách rybníků zůstávají nekoseny a jsou ponechány přirozenému vývoji ([www.trebonsko.ochranaprirody.cz](http://www.trebonsko.ochranaprirody.cz), 12.12.2008).

Námi studovaná lokalita v přírodní rezervaci Zábalské Louky byla vybrána v blízkosti Horusického rybníka. Vybrané stanoviště se nachází na rašelinných půdách, nadmořská výška je 426 m nad mořem (Píček a kol., 2008). Prach, Soukupová (2002) charakterizují Zábalské Louky za okrajový mokřad umístěný v zaplavovaném území velkého rybníka.

Převažoval zde porost s dominantní ostřicí štíhlou (*Carex gracilis*), dále se zde hojně vyskytovala ostřice měchýřkatá (*Carex versicaria*) a chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*). Vegetace pokusné plochy odpovídá v Katalogu biotopů ČR vegetaci vysokých ostřic M1.7. Struktura porostu je dána výškou a zápojem dominantní ostřice. Hustě zapojeným porostům ostřic odpovídají svou charakteristikou i porosty chrastice rákosovité (*Phalaris arundinacea*) na vlhkých biotopech se stojatou vodou, které také spadají do této podjednotky (Chytrý a kol. 2001). Porosty chrastice se vyskytovaly zároveň na přiléhajících pozemcích.

Pokusným plochám v Zábalských Loukách by bylo možné přiřadit i charakteristiku „vnitrozemských mělkých mokřin“, pro které jsou charakteristické sezónní nebo semipermanentní záplavy. V tomto typu mokřadů je povrch půdy pokrytý vodou zpravidla na začátku vegetačního období, a to vodním sloupcem nejméně 10 až 15 cm (Mitsch, Gosselink 2000). Právě zvýšení vodní hladiny přiléhajícího Horusického rybníka na počátku sezóny, které způsobilo také zaplavení okolních pozemků až nad povrch půdy, které znemožnilo přístup a měření na výzkumných plochách. Během větší části roku je vodní hladina rybníka udržována na omezené úrovni a hladina vody na přiléhajících mokřadech je takřka stabilní. Místo příležitostně podléhá poměrně dlouhodobým (po několik týdnů) mělkým záplavám, když se zvýší hladina vody v přiléhajícím Zábalském rybníku

v jarním období. V období extrémního letního sucha nebo během výlovu rybníka na podzim dochází naopak ke snížení hladiny vody v rybníku a zároveň i na okolních plochách (Pícek a kol., 2008).

V Tab. 1. jsou pro shrnutí uvedeny fyzikální a chemické parametry půdy studovaných lokalit na Hamru a Zábalských Louk podle Pícka a kol. (2008).

Tab. 1. Fyzikální a chemické parametry půdy studovaných lokalit na Hamru (H) a Zábalských Loukách (Z), ( $\pm$  směrodatná odchylka):

LOKALITA	HAMR	ZÁBLATSKÉ LOUKY
Objemová hmotnost [ $\text{g.cm}^{-3}$ ]	$0,52 \pm 0,04$	$0,21 \pm 0,02$
Obsah jílových částic [%]	12,5	22,5
Obsah písku [%]	15,0	0,0
Celkový obsah C [%]	$9,63 \pm 1,65$	$22,33 \pm 2,25$
Celkový obsah N [%]	$0,64 \pm 0,1$	$1,18 \pm 0,09$
Celkový obsah P [%]	$0,18 \pm 0,02$	$0,19 \pm 0,01$
Poměr C/N	15,0	18,9
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	4,9	5,1
$\text{pH}_{\text{KCl}}$	3,8	4,3
$\text{NO}_3\text{-N}$ (0,5 M $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) [ $\text{g.kg}^{-1}$ ]	$1,57 \pm 0,63$	$2,28 \pm 1,05$
$\text{NH}_4\text{-P}$ (0,5 M $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) [ $\text{g.kg}^{-1}$ ]	$2,74 \pm 0,79$	$2,72 \pm 1,79$
$\text{PO}_4\text{-P}$ (oxalát) [ $\text{g.kg}^{-1}$ ]	$0,60 \pm 0,12$	$1,12 \pm 0,12$
K [ $\text{g.kg}^{-1}$ ]	$12,16 \pm 0,85$	$4,36 \pm 0,29$
Ca [ $\text{g.kg}^{-1}$ ]	$0,63 \pm 0,10$	$1,37 \pm 0,35$
Mg [ $\text{g.kg}^{-1}$ ]	$2,23 \pm 0,14$	$1,82 \pm 0,09$
Fe [ $\text{g.kg}^{-1}$ ]	$25,83 \pm 1,11$	$18,80 \pm 0,93$



## **4. Materiál a metody**

### **4.1. Uspořádání pokusu**

Pro měření výdeje CO<sub>2</sub> z půdy a dalších půdních charakteristik (vlhkost, teplota) byly vybrány dvě lokality na Třeboňsku – Hamr a Zábłatské Louky. Bližší popis lokalit je uveden v kapitole 3.

V květnu 2006 byly na každé lokalitě vytyčeny čtyři bloky. V každém tomto bloku byly vytyčeny tři menší plochy o rozměrech 3,5 x 3,5 m s různými variantami úpravy. Jednotlivé plochy byly ošetřeny různými dávkami umělých NPK hnojiv (Lovofert 15:15:15 NPK, Lovochemie, a.s.). Dávky hnojení byly v následujících variantách:

- 1) plocha byla nehnojena, bez přidání umělých hnojiv,
- 2) plocha byla hnojena nízkou dávkou: 65 kg NPK \* ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>,
- 3) plocha byla hnojena vysokou dávkou: 300 kg NPK \* ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> (Picek a kol., 2008).

Mezi variantami byla ve všech případech zachována pufrční zóna nejméně 1,5 m, aby nedošlo ke kontaminaci přidávaným hnojivem (Nítkulinová 2008).

V mé práci jsem sledovala výdej CO<sub>2</sub> z půdy pouze pro nehnojenou variantu a variantu s vysokým obsahem NPK hnojiv na každém půdním bloku. Hnojené plochy byly během vegetační doby v každém roce (2006 - 2008) hnojeny dvakrát, a to a vždy poloviční dávkou z celkového množství NPK hnojiva. První aplikace hnojiva byla v první polovině května a druhá v polovině července (Edwards 2008).

Vytyčené půdní bloky byly na obou místech pokoseny, v podobném čase, v kterém kosí i zemědělci na sousedních pozemcích (Picek a kol., 2008).

### **4.2. Princip měření koncentrace CO<sub>2</sub> infračerveným analyzátozem**

Infračervené analyzátozem patří mezi jednu z nejrozšířenějších metod založených na vzájemném působení hmoty, látky, a elektromagnetického záření, infračervené oblasti spektra. Mezi infračerveným absorpčním spektrem látky a stavbou její molekuly je bezprostřední vztah, který je určován druhem, počtem a hmotou atomů, vzájemnými vazebními silami a geometrickou symetrií stavby molekuly. Molekuly velmi podobné stavby mohou sice mít značně podobný průběh absorpčního spektra, avšak téměř vždy lze nalézt odlišnou část, které je možno

použit k analýze látky. Nejvhodnější pro infračervenou analýzu jsou plyny a páry, mají totiž všeobecně velmi složitý průběh spektra. V našem případě můžeme uvést CO<sub>2</sub> jako jeden z nejběžnějších plynů mající absorpci v infračervené oblasti spektra.

Infračervené analyzátory používané při studiu výměny CO<sub>2</sub> pracují na principu pozitivní filtrace. Analyzátor tohoto druhu pracuje se selektivním detektorem záření. Základem analyzátoru je neselektivní zdroj infračerveného záření, které vysílá paprsky do dvou kyvet. Jedna kyveta je srovnávací, ta je naplněna buď plynem neabsorbujícím infračervené záření (např. dusík), nebo standardním plynem. Druhá kyveta je měrná a obsahuje zkoumanou směs, jednou z jejích složek je zkoumaný plyn. Tento plyn zachycuje záření ve vlnových délkách, které mu přísluší a odpovídají míře jeho koncentrace. Záření, které nezachytí měrná kyveta, projde skrz tuto kyvetu a dopadne do absorpční komory detektoru. Zároveň i srovnávací kyvetou projde záření, ovšem v celém rozsahu spektra, a je poté zadrženo v druhé absorpční komoře detektoru. Koncentrace zjišťovaného plynu se měří tak, že se porovnává energie zachycená komorou ze srovnávací kyvety, která je téměř konstantní, s energií zachycenou komorou z měrné kyvety, která se mění podle koncentrace měřeného plynu v měrné kyvetě. Selektivnost měření je dosažena, když vlastním přijímačem energie je plyn, kterým jsou obě komory detektoru plněny. Detektor se plní tím druhem plynu, u kterého se má zjišťovat koncentrace v měrné kyvetě. Tento plyn pohltí z celého spojitého spektra, vysílaného neselektivním zdrojem, pouze záření ve svém absorpčním pásmu. Na záření ostatních vlnových délek detektor nereaguje, poněvadž je měřený plyn neabsorbuje. Energie pohlcená plynem v detektoru zvětšuje teplotu, tlak i objem zvoleného plynu. Tyto veličiny se měří různými prostředky a jsou mírou koncentrace zkoumaného plynu v kyvetě.

Velmi často může zkoumaná směs obsahovat tzv. *rušící plyny*, které mohou mít se zkoumaným plynem společná některá absorpční pásma. Tyto plyny mohou změnit koncentraci v měrné kyvetě, při měření by došlo k překrytí v absorpčních pásmech s analyzovaným plynem a analyzátor by udával nesprávnou hodnotu. Do optické soustavy analyzátoru je proto nutné vložit filtr, který ze spojitého spektra zdroje odstraní absorpční frekvence rušícího plynu v obou drahách záření. Využívají se filtry plynové, tedy kyvety naplněné rušícím plynem (Šesták, Čatský a kol. 1996).

### 4.3. LiCor 6400

Výdej CO<sub>2</sub> z půdy jsem měřila pomocí přenosného infračerveného analyzátoru LiCor 6400 (LiCor, USA) vybaveného půdní komorou. Samotnému měření předcházelo sestavení přístroje.

Na LiCor 6400 jsem nejprve přišroubovala nosné nožičky, vložila baterie a připojila kabely půdní komory. Komora je opatřena opačnými koncovkami než LiCor 6400 a části do sebe lehce zapadají. Ujistila jsem se, že jsou správně spojeny k sobě koncovky hadiček pro průchod CO<sub>2</sub> z půdy do přístroje, koncovky hadiček jsou barevně označené pro snadnou kompletaci.

Po sestavení přístroje následovalo zapnutí na boční straně LiCoru 6400, chvíli jsem musela počkat na nahrání softwaru. Na displeji LiCoru 6400 jsem vybrala složku „*Soil chamber*“, výběr jsem vždy potvrdila klávesou ENTER. Klávesou F4 jsem otevřela okno nového měření „*New Measurements*“, následně jsem takto otevřela soubor - 3 x stisknutím klávesy F1, otevřel se mi adresář „*User*“, vyhledala jsem svoji složku a do té po volbě „*File*“ zapsala název nového souboru. Následně jsem ve volbě „*Remarks*“ do souboru vložila poznámku o aktuálním počasí.

Po těchto nezbytných přípravných pracích byl přístroj připravený k měření. Pro určení koncentrace CO<sub>2</sub> vzduchu blízko půdního povrchu jsem položila půdní komoru na bok na povrch půdy nedaleko půdního kroužku a nechala ustálit rovnováhu koncentrace CO<sub>2</sub> s okolním vzduchem, zároveň jsem kontrolovala koncentraci CO<sub>2</sub> na monitoru. Mezitím jsem zvolila další parametry v přístroji na hlavním displeji.

V nabídkové úrovni čísla 7 jsem po stisknutí klávesy F1 nastavila „*Target*“, tj. cílovou koncentraci CO<sub>2</sub> a hodnotu „*Delta*“, která udává polovinu požadovaného rozpětí měřených koncentrací. Pro cílovou koncentraci CO<sub>2</sub> „*Target*“ jsem použila koncentraci naměřenou v okolí kroužku na povrchu půdy. Hodnota „*Delta*“ byla volena podle místa měření. Na Záblatských Loukách jsem volila hodnotu „*Delta*“ = 10 ppm CO<sub>2</sub> a na Hamru „*Delta*“ = 20 ppm, V této nabídkové úrovni jsem dále vstoupila do F5 a vložila jsem hloubku komory v cm, ta se měří od spodní části komory a je závislá i na umístění půdního kroužku. Pod volbou F2 jsem zadala počet cyklů. Obvykle jsem měřila výdej CO<sub>2</sub> ve čtyřech cyklech pro každý kroužek. Pokud během měření hodnoty výdeje CO<sub>2</sub> více kolísaly, přidala jsem ještě další cykly.

Z nabídkové úrovně jsem si vybrala číslo 3 a pod volbou F2 jsem zadala „*Extra Draw Down*“, která určuje požadovanou koncentraci CO<sub>2</sub> při startu měřicího cyklu, „*Flow*“, tj. rychlost průtoku pumpou před měřením, mezičas mezi ukončením činnosti pumpy a startem měření „*Dead Time*“ a minimální měřicí čas „*Minimum Measurment Time*“. Následně jsem se opět vrátila do nabídkové úrovně čísla 7 a zvolila jsem F1 „*Log*“ a uložila jsem si hodnoty, pod volbou F4 jsem případně doplnila další poznámky.

Po zadání všech těchto údajů do přístroje jsem mohla začít se samotným měřením. Půdní komoru jsem nasadila na kroužek, v nabídkové úrovni čísla 7 klávesou F3 jsem stiskla „*Start*“, potvrdila ENTER a přístroj začal s měřením.

V nabídkové úrovni čísla 7 je k dispozici nejvíce informací o měření. V nabídce pod číslem 4, F3 jsem si mohla graficky znázornit průběh měření. Pod číslem 1, F4 jsem zadávala nové hodnoty, poznámky, výběrem F1 jsem potvrdila první hodnotu měření, a zároveň na této úrovni jsem soubor uzavřela a ukončila práci s přístrojem.

#### **4.4. Další přístrojové vybavení**

Během měření výdeje CO<sub>2</sub> byla měřena i vlhkost a teplota půdy. Půdní vlhkost jsem měřila přístrojem ECH2O Check vybaveným čidlem EC-5 Soil Moisture Sensor (Decagon Devices, Inc., USA). Půdní teplotu jsem měřila vpichovým digitálním teploměrem firmy Testo. Do blízkosti půdního kroužku se do půdy vložil půdní vlhkoměr a digitální půdní teploměr. Teplota půdy byla měřena v hloubce dvou centimetrů.

#### **4.5. Vlastní měření v terénu**

Terénní měření probíhalo během letní sezóny 2008 od května do října. Během této doby jsem na Hamerských loukách provedla šest měření výdeje CO<sub>2</sub> z půdy. Výdej CO<sub>2</sub> z půdy na Záblatských loukách jsem měřila během sezóny pouze třikrát, z důvodů vysoké hladiny spodní vody, která nám znemožnila přístup k lokalitě a tím i použití přístroje LiCor 6400, který nesmí přijít do styku s vodou.

Samotnému měření s přístrojem LiCor 6400 s půdní komorou předcházelo vložení půdních polyethylenových kroužků do půdy na vybraná stanoviště. Na každé

lokalitě jsem měla vyznačené 4 nehnojené plochy a 4 hnojené plochy. Do všech ploch jsem vkládala pro opakování měření dva půdní kroužky. Celkem jsem tedy pokaždé měřila rychlost výdeje CO<sub>2</sub> u 16 půdních kroužků na každé lokalitě. Kroužky se vkládaly do půdy den před měřením. Půdní kroužky se vložily na povrch půdy, mimo travní drn. Ostrým nožem se vyřízl půdorys kroužku do země pro snadné zatlačení kroužku do půdy na požadovanou výšku ke značce. Kroužky měly barevný proužek ve vzdálenosti 2 cm od horního okraje, čímž se usnadnilo následující měření s přístroji. Půdní kroužky měly průměr 10,2 cm a výšku 7 cm. Vkládaly se do hloubky 5 cm, takže svrchní 2 cm vysoká část kroužku vyčnívala nad povrch. Kroužky měly barevný proužek ve vzdálenosti 2 cm od horního okraje, čímž se usnadnilo vkládání kroužků do zvolené hloubky. Při slunných, teplých dnech jsem každý kroužek zakryla trsem trávy, abych zamezila vysychání plochy v kroužku. Před samotným měřením jsem trs odstranila. Ke každému kroužku jsem zapíchla dřevěnou tyčku pro snazší orientaci při hledání polohy kroužku následující den před měřením. Následující den probíhalo samotné měření CO<sub>2</sub> z půdy přístrojem LiCor 6400 s nainstalovanou půdní komorou.

#### **4.6. Popis podmínek během měření**

Doba měření závisela částečně také na meteorologických podmínkách před měřením i v době měření (např. po přeháňce půdní mikroorganismy rychleji pracují a tím roste i celková koncentrace výdeje půdního CO<sub>2</sub>, měření s přístrojem LiCor 6400 pak probíhá rychleji). Samotné měření mi trvalo průměrně 2 hodiny 30 minut a probíhalo vždy mezi 11:00 a 15:00.

S měřením výdeje CO<sub>2</sub> z půdy jsem začala na lokalitě Hamr již 16. května. Začátkem měření bylo oblačno po přeháňce a bezvětří, v průběhu měření ploch 3 a 4 nehnojených i hnojených se vyjasnilo. V datu 26.5. bylo po celou dobu oblačno až polojasno. O měsíc později 26.6. bylo velmi proměnlivé počasí s velkými výkyvy teplot, den před měřením byl silný déšť. Jasno se středně silným větrem jsem měla při měření 7.8. a celá lokalita byla i čerstvě pokosena. Při předposledním měření 3.9. bylo slunečné počasí a bezvětří, měřila jsem zde v dopoledních hodinách. Dne 17.10. bylo velmi proměnlivé počasí, měřila jsem až v odpoledních hodinách, k ránu přišlo, následně se vyjasnilo a během měření bylo zataženo a vál silný vítr.

Na Zábřatských Loukách proběhlo první měření 6.8. za jasného počasí, celá lokalita byla před třemi týdny pokosená. Dne 3.9. jsem měřila až v odpoledních hodinách, poněvadž před tím jsem měřila na lokalitě Hamr, po celý den bylo jasno. Poslední měření 17.10. proběhlo v dopoledních hodinách, ráno před měřením slabě zapršelo, následně se vyjasnilo a vál silný vítr.

#### 4.7. Zpracování dat

Data, která jsem získala během měření pomocí přístroje LiCor 6400, byla převedena do programu Microsoft Excel a následně graficky zpracována.

Pro vztah výdeje půdního CO<sub>2</sub> na teplotě jsem použila rovnice podle Lloyda a Taylora (1994):

$$R_s = R_{10} \exp \left[ 308,56 * \left( \frac{1}{25,02} - \frac{1}{T_s - 227,13} \right) \right]$$

$R_s$  – čisté půdní dýchání ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )

$R_{10}$  – dýchání při 10°C (Pro výpočet výdeje půdního CO<sub>2</sub> při 20°C se použije koeficient  $R_{20}$ )

$T_s$  – teplota půdy (°C) v hloubce 1-2 cm

Podle této rovnice jsem spočítala rychlosti dýchání při 10°C (R10) a 20°C (R20).

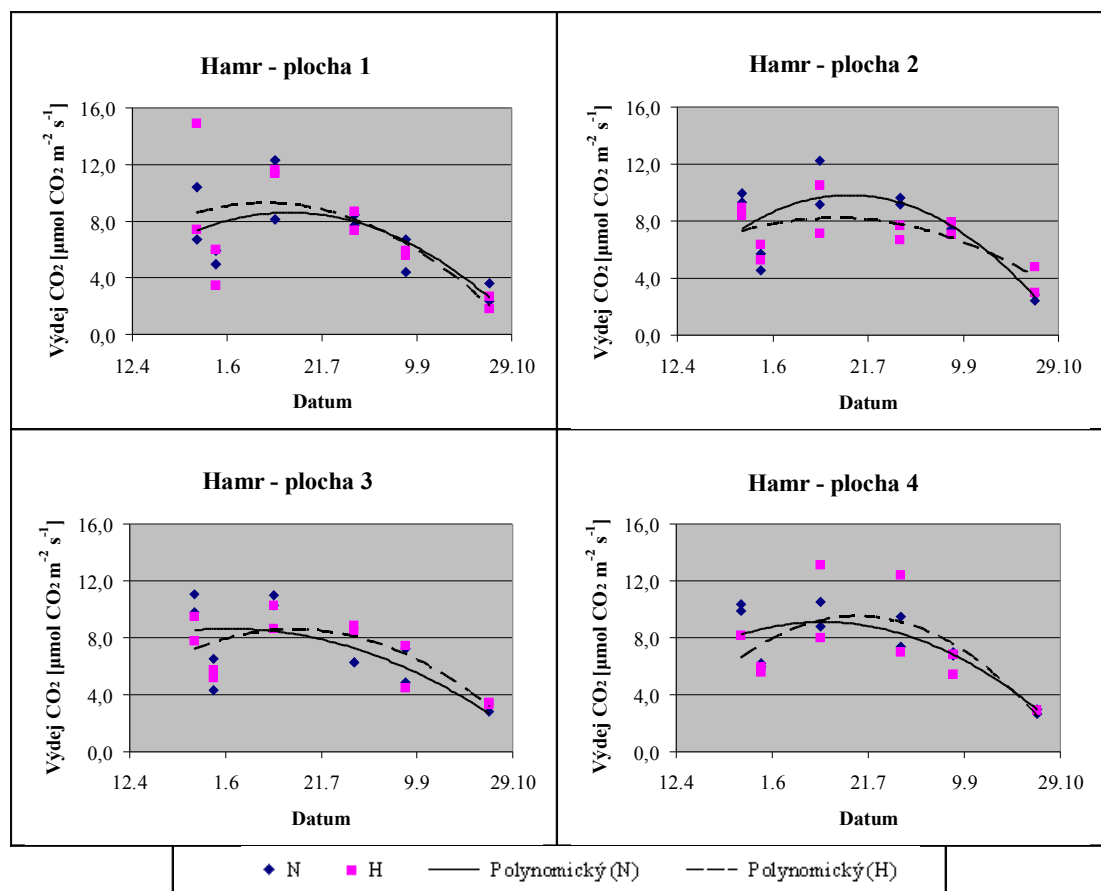
## 5. Výsledky

### 5.1. Intenzita půdního dýchání

#### 5.1.1. Výdej CO<sub>2</sub> na lokalitě Hamr

Porovnání naměřených hodnot rychlostí výdeje CO<sub>2</sub> ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) nehnojených variant s hnojenými variantami v období od května do října 2008 na lokalitě Hamr je uvedeno v Obr.1.

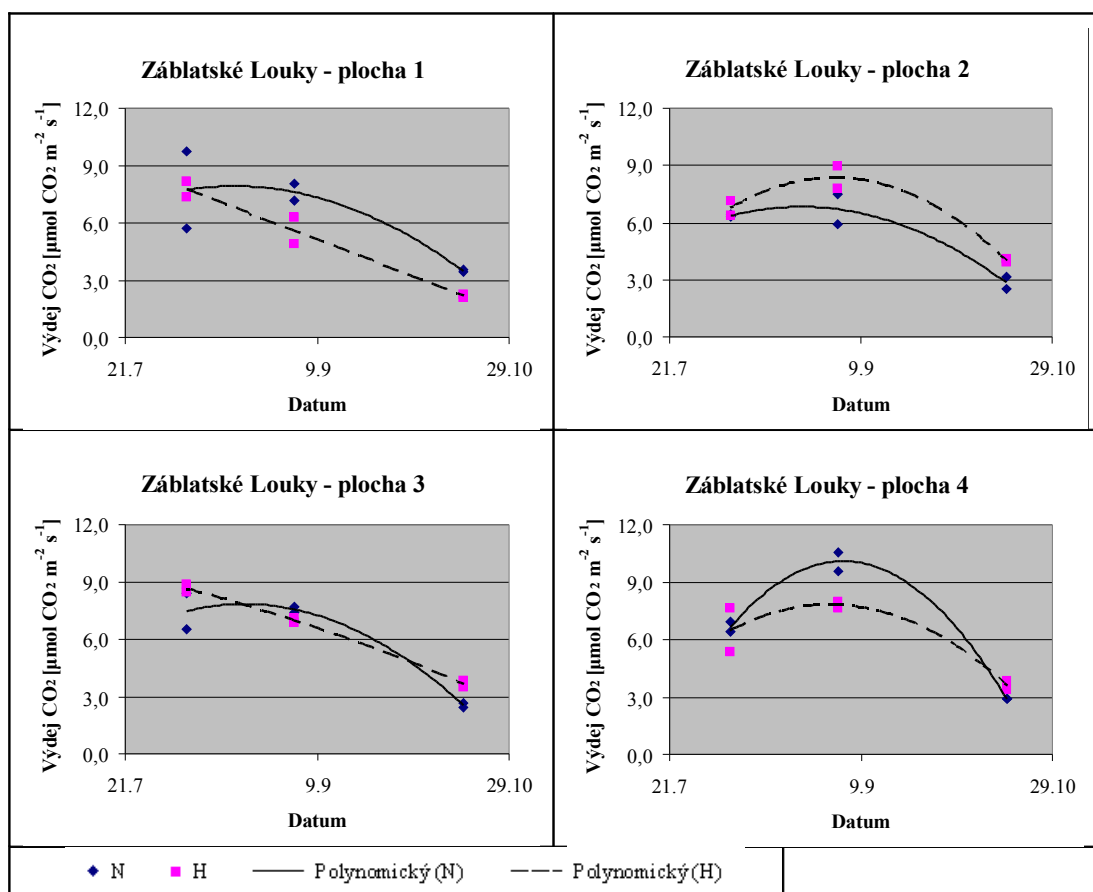
Během první části vegetační sezóny byly ve většině případů zjištěny hodnoty v rozmezí 8-15  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . V průběhu sezóny nebyly mezi plochami zjištěny výrazné rozdíly. Pouze u plochy 2 byl během letních měsíců mírný nárůst výdeje CO<sub>2</sub> u nehnojené varianty. Ke konci sezóny se rychlost výdeje CO<sub>2</sub> u všech ploch snížila až k hodnotám 2-5  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .



Obr. 1. Průběh intenzity výdeje CO<sub>2</sub> z půdy hnojených variant (H) s nehnojenými variantami (N) v závislosti na datu měření na lokalitě Hamr.

### 5.1.2. Výdej CO<sub>2</sub> na Záblatských Loukách

Obr. 2. znázorňuje naměřené hodnoty rychlosti výdeje CO<sub>2</sub> ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) nehnojené varianty s hnojenou variantou v období od srpna do října 2008 na Záblatských Loukách. S měřením jsem začala až 6. srpna, poněvadž do této doby byla tato lokalita nepřístupná. Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.3., tato oblast se nachází v zaplavovaném území a podléhá mělkým záplavám, když dojde ke zvýšení hladiny vody v přiléhajícím Horusickém rybníku.



Obr. 2. Průběh intenzity výdeje CO<sub>2</sub> z půdy u hnojených variant (H) s nehnojenými variantami (N) v závislosti na datu měření na lokalitě Záblatské Louky.

Za prvního měření se u všech ploch hodnoty výdeje CO<sub>2</sub> nejčastěji pohybovaly od 6 do 9  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . U ploch 1 a 3 se výdej CO<sub>2</sub> postupně snižoval až na hodnoty kolem 3  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na konci sezóny. Plochy 2 a 4 při druhém měření 3. září vykazují nárůst výdeje CO<sub>2</sub>. Plocha 2 měla vyšší hodnoty



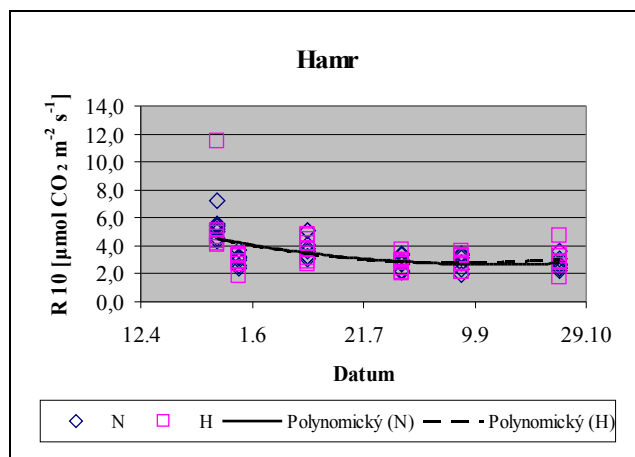
výdeje CO<sub>2</sub> pro hnojenou variantu. Plocha 4 dosahovala hodnot rychlosti výdeje CO<sub>2</sub> až k 11 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> v nehnojené variantě. Ke konci sezóny se výdej CO<sub>2</sub> i na plochách 2 a 4 snížil na hodnoty kolem 3 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

## 5.2. Půdní dýchání při teplotě 10°C

### 5.2.1. Sezónní chod výdeje CO<sub>2</sub> při teplotě 10°C na lokalitě Hamr

Protože nebyly zjištěny výrazné rozdíly mezi plochami (viz. Obr. 1., 2.), byla v dalších výpočtech data ze všech ploch sloučena do jednoho souboru.

Vztah nehnojených a hnojených variant v půdním dýchání při teplotě 10°C v průběhu vegetační sezóny na lokalitě Hamr je znázorněn v Obr. 3. Průběh výdeje CO<sub>2</sub> pro teplotu 10°C je ve hnojené i nehnojené variantě v průběhu sezóny takřka totožný. Začátkem sezóny se hodnoty výdeje CO<sub>2</sub> pohybovaly od 4 do 12 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, od poloviny až do konce sezóny se hodnoty pohybovaly v rozmezí od 2 do 5 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

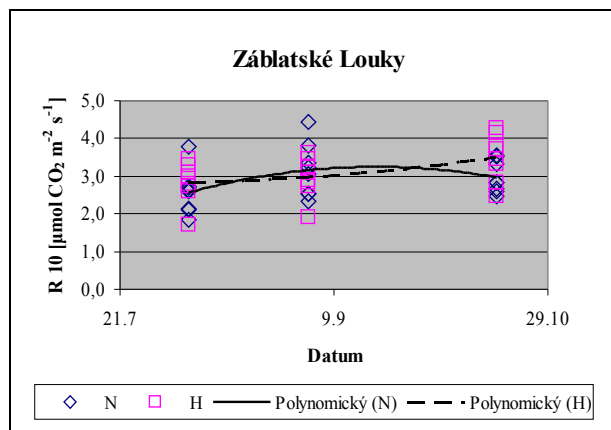


Obr. 3. Závislost výdeje půdního dýchání při teplotě 10°C během sezóny u hnojených (H) a nehnojených (N) variant na lokalitě Hamr.

### 5.2.2. Sezónní chod výdeje CO<sub>2</sub> při teplotě 10°C na lokalitě Záblatské Louky

Obr. 4. zobrazuje nehnojené a hnojené plochy během sezónního chodu výdeje CO<sub>2</sub> při teplotě 10°C na Záblatských loukách. Výdej CO<sub>2</sub> pro teplotu 10°C nabýval u prvního měření hodnot od 2 do 4 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> a nepatrně vyšší hodnoty byly

zjištěny pro hnojené plochy. U druhého měření vzrostly hodnoty nehnojených ploch. Na konci sezóny se opět výdej  $\text{CO}_2$  z hnojených ploch zvýšil k hodnotě  $4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  a z ploch nehnojených se snížil k hodnotě  $3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

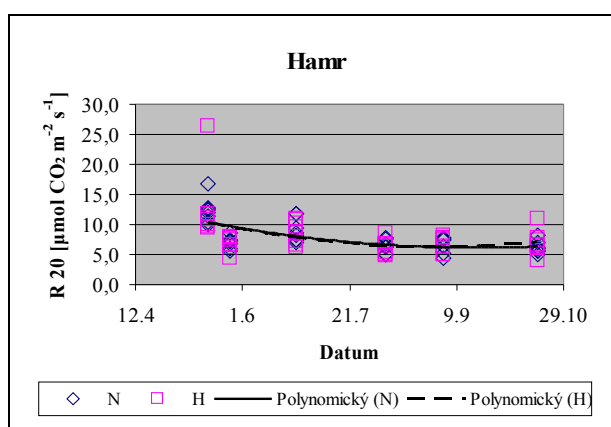


Obr. 4. Závislost výdeje půdneho dýchání při teplotě 10°C během sezóny u hnojených (H) a nehnojených (N) variant na lokalitě Záblatské Louky.

### 5.3. Půdní dýchání při teplotě 20°C

#### 5.3.1. Sezónní chod výdeje $\text{CO}_2$ při teplotě 20°C na lokalitě Hamr

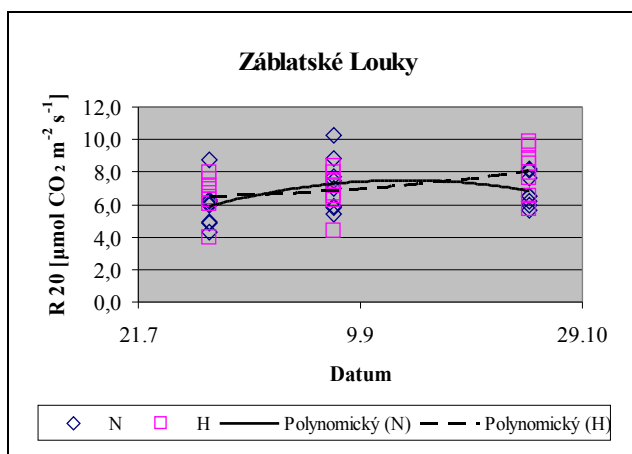
Na Obr. 5. je znázorněn sezónní chod výdeje  $\text{CO}_2$  při teplotě 20°C na lokalitě Hamr. Výdej  $\text{CO}_2$  pro teplotu 20°C vykazuje v průběhu celé sezóny pro hnojené i nehnoje varianty stejné rozmezí hodnot. Na počátku sezóny se hodnoty pohybovaly od 9 do 26  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , na konci sezóny se hodnoty pohybovali jen mezi 4 až 11  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .



Obr. 5. Závislost výdeje půdneho dýchání při teplotě 20°C během sezóny u hnojených (H) a nehnojených (N) variant na lokalitě Hamr.

### 5.3.2. Sezónní chod výdeje CO<sub>2</sub> při teplotě 20°C na lokalitě Zábblatské louky

Chod výdeje CO<sub>2</sub> při teplotě 20°C během sezóny na lokalitě Zábblatské Louky je znázorněn v Obr. 6. Hodnoty výdeje CO<sub>2</sub> pro teplotu 20°C se při prvním měření pohybovaly v rozmezí od 4 do 9 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, během dalšího data měření se u nehnojených ploch hodnoty zvyšovaly až k 10 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> a u hnojených ploch se přibližovaly hodnotě 4 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Na konci sezóny byly zjištěny hodnoty u obou variant od 6 do 10 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, hnojené plochy dosahovaly vyšších hodnot a nehnojené plochy naopak nižších.

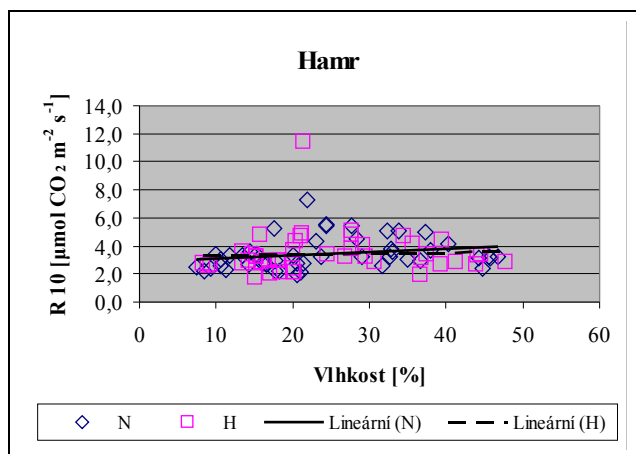


Obr. 6. Závislost výdeje půdního dýchání při teplotě 20°C během sezóny u hnojených (H) a nehnojených (N) variant na lokalitě Zábblatské Louky.

### 5.4. Půdní dýchání při teplotě 10°C v závislosti na vlhkosti

#### 5.4.1. Vztah výdeje CO<sub>2</sub> při teplotě 10°C v závislosti na vlhkosti půdy na lokalitě Hamr

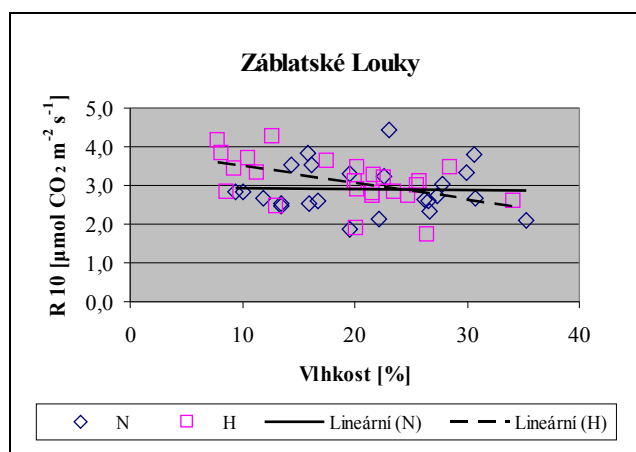
V Obr. 7. je znázorněna závislost výdeje půdního CO<sub>2</sub> při teplotě 10°C na vlhkosti půdy nehnojených a hnojených ploch na lokalitě Hamr. Vlhkost půdy se pohybovala od 8 do 48 % u nehnojených i hnojených ploch během vegetační sezóny. Mezi půdní vlhkostí a výdejem CO<sub>2</sub> při 10°C nebyl zjištěn výrazný rozdíl mezi hnojenými a nehnojenými plochami.



Obr. 7. Závislost rychlosti výdeje půdního CO<sub>2</sub> při teplotě 10°C na vlhkosti půdy u variant nehnojených (N) a hnojených (H) na lokalitě Hamr.

#### 5.4.2. Vztah výdeje CO<sub>2</sub> při teplotě 10°C v závislosti na vlhkosti půdy na lokalitě Záblatské Louky

Závislost rychlosti výdeje půdního CO<sub>2</sub> při teplotě 10°C na vlhkosti půdy u ploch nehnojených a hnojených na lokalitě Záblatské Louky je uvedeno v Obr. 8. Vlhkost půdy se pohybovala na všech plochách během sezóny v rozmezí od 8 do 35 %. S rostoucí vlhkostí půdy se výdej CO<sub>2</sub> u těchto půd snižoval. U nehnojených ploch se výdej půdního CO<sub>2</sub> pohyboval kolem hodnoty 3 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> pro celé rozmezí vlhkosti.

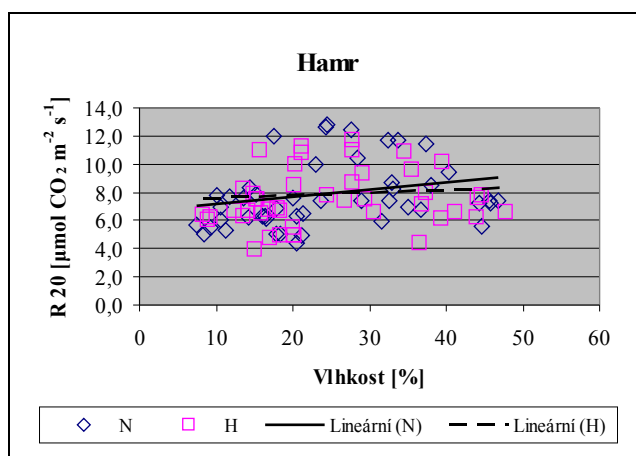


Obr. 8. Závislost rychlosti výdeje půdního CO<sub>2</sub> při teplotě 10°C na vlhkosti půdy u variant nehnojených (N) a hnojených (H) na lokalitě Záblatské Louky.

## 5.5. Půdní dýchání při 20°C v závislosti na vlhkosti

### 5.5.1. Vztah výdeje CO<sub>2</sub> při teplotě 20°C v závislosti na vlhkosti půdy na lokalitě Hamr

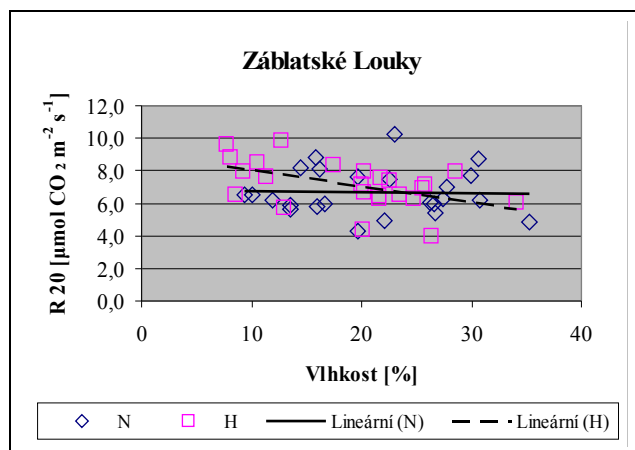
Obr. 9. znázorňuje závislost výdeje půdního CO<sub>2</sub> při teplotě 20°C na vlhkosti půdy u ploch nehnojených a hnojených na lokalitě Hamr. Výdej CO<sub>2</sub> nabýval nejvyšších hodnot (7 až 12  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) při středních hodnotách vlhkosti (20 až 30%). Při nízkých i vysokých hodnotách vlhkosti dosahovat podobných hodnot od 4 do 8  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  u všech pokusných ploch.



Obr. 9. Závislost rychlosti výdeje půdního CO<sub>2</sub> při teplotě 20°C na vlhkosti půdy u variant nehnojených (N) a hnojených (H) na lokalitě Hamr.

### 5.5.2. Vztah výdeje CO<sub>2</sub> při teplotě 20°C v závislosti na vlhkosti půdy na lokalitě Záblatské Louky

Na Obr. 10. je graficky vyjádřena závislost rychlosti výdeje půdního CO<sub>2</sub> při teplotě 20°C na vlhkosti půdy u variant nehnojených a hnojených na lokalitě Záblatské Louky. Hnojené plochy dosahovaly při nižších vlhkostech vyššího výdeje CO<sub>2</sub>, při zvyšování vlhkosti se výdej CO<sub>2</sub> snižoval. U nehnojených ploch nebyl patrný vztah mezi výdejem CO<sub>2</sub> při 20°C a půdní vlhkostí.



Obr. 10. Závislost rychlosti výdeje půdního CO<sub>2</sub> při teplotě 20°C na vlhkosti půdy u variant nehnojených (N) a hnojených (H) na lokalitě Záblatské Louky.

## 5.6. Vztah rychlosti dýchání při 10°C (R10) a při 20°C (R20) k půdní vlhkosti

Koeficient determinace  $R^2$  pro nehnojené a hnojené plochy při určité vlhkosti ve vztahu k rychlostem dýchání R 10 a R 20 na studovaných lokalitách je uveden v Tab. 2. Vyšších hodnot dosahoval koeficient determinace pro dýchání při teplotě 10°C i 20°C u pouze u hnojených ploch na Záblatských Loukách. Ostatní koeficienty uvedené v tabulce Tab. 2. jsou opomenutelné.

Tab. 2. Koeficient determinace =  $R^2$  určuje podíl variability vysvětlené daným vztahem, (teploty při 10°C k vlhkosti a teploty při 20°C k vlhkosti):

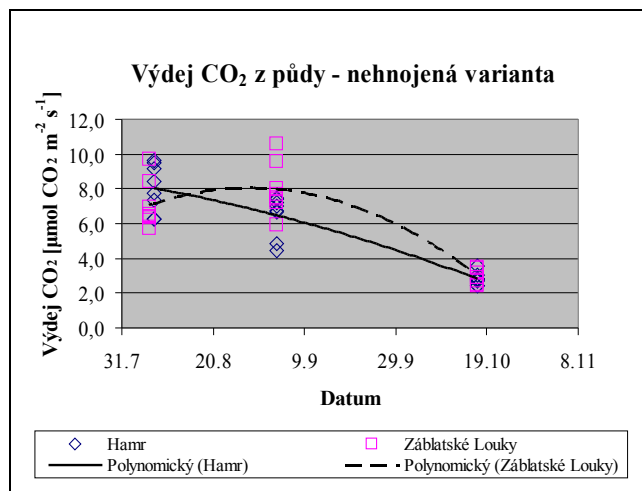
$R^2$	Nehnojené plochy		Hnojené plochy	
	R 10	R 20	R 10	R 20
<b>Hamr</b>	0,0527	0,0527	0,0022	0,0031
<b>Záblatské L.</b>	0,0007	0,0007	0,2559	0,2559

## 5.7. Porovnání půdního dýchání na lokalitě Hamr a Záblatské Louky

### 5.7.1. Výdej CO<sub>2</sub> z půdy na lokalitě Hamr a Záblatských Loukách u nehnojených variant

V Obr. 11 je porovnán výdej CO<sub>2</sub> půdou z posledních třech měření na lokalitě Hamr na Záblatských Loukách pro nehnojené plochy. Na Záblatských Loukách byl nejprve nižší výdej CO<sub>2</sub> z půdy, následně u druhého měření vzrostl výdej CO<sub>2</sub> z půdy oproti půdnímu dýchání na Hamru. Během posledního měření na konci sezóny

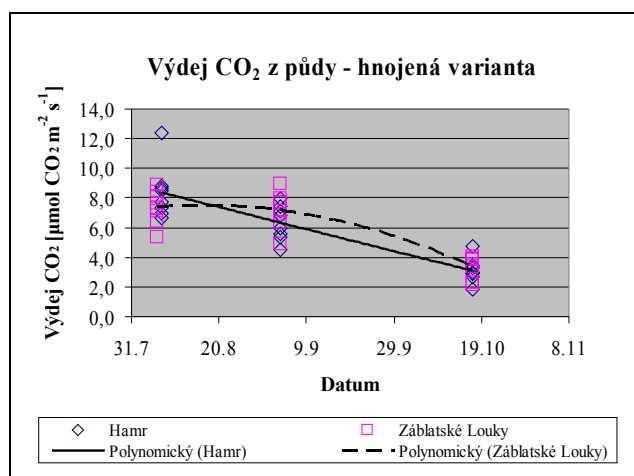
dosahoval výdej CO<sub>2</sub> z půdy stejných hodnot na obou lokalitách v rozmezí od 2 do 4 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.



Obr. 11. Výdej CO<sub>2</sub> z půdy na lokalitě Hamr a Zábřatské Louky u variant nehnojených.

### 5.7.2. Výdej CO<sub>2</sub> z půdy na lokalitě Hamr a Zábřatských Loukách u hnojených variant

Porovnání získaných hodnot výdeje půdního CO<sub>2</sub> na hnojených plochách z lokality Hamr a Zábřatských Luk je znázorněno v Obr. 12. Průběh výdeje CO<sub>2</sub> z půdy u hnojených variant byl podobný průběhu u varianty nehnojené. Je patrné větší rozmezí získaných hodnot výdeje CO<sub>2</sub> půdou na obou lokalitách v případě hnojené varianty.



Obr. 12. Výdej CO<sub>2</sub> z půdy na lokalitě Hamr a Zábřatské Louky u variant hnojených.

## **6. Diskuze**

### **6.1. Metodická omezení**

V průběhu vegetační sezóny byly na obou lokalitách i každé pokusné ploše různé rušivé vlivy, které mohly ovlivnit výsledná data získaná měřicími přístroji i při samotném měření. Jak již bylo zmíněno, během každého měření byly různé klimatické podmínky (jasno, velká oblačnost, větrno). Získaná data mohlo ovlivnit i předchozí pokosení porostu (viz. kapitola 4.5.).

Výdej  $\text{CO}_2$  z půdy mohlo ovlivnit samotné vložení a umístění půdního kroužku v půdě. V okolí každého kroužku byly dominantní různé druhy výše jmenovaných rostlin v různém množství zastoupení, s odlišnou výškou a hustotou zapojení porostu. Nejen těsné okolí kroužku, ale také množství stařiny a opadu přímo v ploše kroužku bychom neměli opomenout.

V neposlední řadě je velmi důležité správné nastavení a seřízení měřících přístrojů a jejich neustálá kontrola během měření.

### **6.2. Srovnání s výsledky jiných autorů na téže lokalitě-**

Půdní dýchání na těchto dvou lokalitách za použití infračerveného analyzátoru plynů (LiCor 6400) vybaveného půdní komorou bylo prováděno již v roce 2006 a 2007 (Edwards 2008, Píček a kol. 2008, Zemanová a kol. 2008). V roce 2006 bylo zjištěno nižší půdní dýchání na Záblatských Loukách než na Hamru, navzdory sezónním změnám. Počátkem jara 2007 zde nebyly zjištěny rozdíly mezi variantou hnojenou a nehnojenou. U podzimního měření téhož roku již bylo zjištěno zvýšení výdeje  $\text{CO}_2$  půdou na hnojených plochách. Během vegetační sezóny v roce 2008 zde další měření provedli spolupracovníci z přírodovědecké fakulty JU (Čížková, ústní sdělení, Edwards 2008). Mezi variantou hnojenou a nehnojenou zjistili rozdíly na Záblatských Loukách, na lokalitě Hamr nezjistili žádný významný trend. Z těchto zjištění navrhuji, že rašelinná půda na Záblatských Loukách je citlivější na pohnojení z hlediska rozkladných procesů půdní organické hmoty.

Během vegetační sezóny 2007 a 2008 byly na obou stanovištích měřeny emise plynů plynovou komorou, která byla umístěna na každou vyznačenou plochu pro všechny varianty. V získaných vzorcích byly stanoveny:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  a  $\text{N}_2\text{O}$ . Rok 2007 byl velmi suchý a byly získané pouze emise  $\text{CO}_2$ . Hladina vody se po celou



sezónu pohybovala 0,5 m pod půdním povrchem, a proto anoxické a anaerobní mikrobiální procesy, denitrifikace a metanogeneze, byly silně potlačeny. Emise CO<sub>2</sub> během sezóny 2007 i 2008 byly zjištěny vyšší v hnojených plochách ve srovnání s nehnojenými plochami na Záblatských Loukách. Všechny rozdíly byly statisticky průkazné. Na Hamru byly emise CO<sub>2</sub> vysoké u ploch s vysokými dávkami hnojení oproti nehnojeným plochám. Nízké hnojení mělo v obou letech podobné emise CO<sub>2</sub> jako nehnojené plochy. Emise byly poněkud průměrně vyšší na Hamru než na Záblatských Loukách. Vysoké emise CO<sub>2</sub> byly naměřené v obou letech pro Záblatské Louky v červenci a v květnu, zatím co na Hamru byly v tomto období nejnižší hodnoty během vegetační sezóny.

Hnojení na Hamru obsahující minerální půdu a na Záblatských Loukách s rašelinnou půdou probíhá od začátku vegetační sezóny roku 2006. Pro tyto studie bylo vybrané ošetření ploch hnojivem tak, aby napodobilo co nejvíce skutečný stav v mokřých loukách v Třeboňské biosférické rezervaci. Vysoké hnojení 300 kg NPK \*ha<sup>-1</sup>, je střední dávkou doporučeného umělého hnojiva zemědělskými společnostmi pro mokré louky a pastviny (v rozsahu od 200 do 400 kg NPK \*ha<sup>-1</sup>) (Edwards 2008).

Je možné, že se efekt hnojení neprojevil, protože doba působení hnojiv na půdu ve vybraných lokalitách je dosud příliš krátká a bylo by třeba hnojivo aplikovat větší počet sezón. Z pohledu teoretické ekologie by určitě bylo zajímavé ještě více zvýšit dávky hnojiva. Zvolené dávky hnojiva pro pokus byly však zvoleny tak, aby odpovídaly reálným podmínkám obhospodařování.

### **6.3. Srovnání s výsledky jiných autorů na jiných lokalitách**

Klíčovou rolí půdního dýchání v globálním cyklu uhlíku se zabývá řada studií. Zásoby půdního organického uhlíku jsou výsledkem rovnováhy mezi primární produkcí a mineralizací uhlíku. Některé studie zkoumají faktory (například vlhkost, teplota, půdní živiny, biologické mechanismy, atd.), které ovládají půdní dýchání (GuangSheng a kol. 2008). Tyto proměnné jsou sledovány ve vztahu k účinkům klimatu, vlivu využívání půdy, a k půdním vlastnostem. Mechanismy, které řídí rozkladné půdní pochody, zůstávají méně prozkoumány. Mineralizace uhlíku je

určená také kvalitou organické hmoty a dalšími mechanismy, jakými jsou klima, dostupnost živin a půdní vlastnosti (Jordi Garcia-Pausas a kol. 2008).

Vlivem dlouhodobého zvýšení atmosférického CO<sub>2</sub> v koloběhu uhlíku ve dvou brakických mokřadech se zabýval Marshi a kol. (2005). Nevylučuje, že výdej uhlíku z mokřadu má zásadní vliv na klima. Množství výdeje CO<sub>2</sub> je závislé i na rostlinném pokryvu a způsobu obhospodařování ploch. Největší výdej CO<sub>2</sub> z pastvin, následně z pole a nejnižší výdej z tropického pralesa zjistil Campos (2006). Významnou roli ve výdeji CO<sub>2</sub> hraje i intenzita využití půdy (Frank a kol. 2006), kdy intenzivněji obhospodařované plochy mají větší výdej CO<sub>2</sub> z půdního povrchu. Chimner, Cooper (2003) věnovali pozornost vlivu výšky hladiny vody na výdej CO<sub>2</sub>. Když byla hladina vody nad půdním povrchem, výdej CO<sub>2</sub> byl nízký. Výdej CO<sub>2</sub> se zdvojnásobil, když se hladina vody snížila těsně pod půdní povrch. Další snižování hladiny vod mělo již jen malý efekt na výdej CO<sub>2</sub>. Z výsledků vyplývá, že výška hladiny vody je rozhodující pro porozumění koloběhu uhlíku z mokřadů, nebo změny klimatu, protože i malé změny významně ovlivňují změny v koloběhu uhlíku. Jia a kol. (2006) se zabývali vlivem vlhkosti a teploty půdy na sezónní změny půdního dýchání na pastvinách. Během vegetační sezóny bylo nejvyšší půdní dýchání od června do konce července a pak se následně snižovalo. Tato sezónní změna půdního dýchání byla ovlivněná především vlhkostí a teplotou. Vlhkost se projevila jako nejlepší prediktor půdního dýchání v suchých a polovyprahlých pastvinách.

## 7. Závěr

Tato práce byla zaměřena na rychlost půdního dýchání v travinném mokřadním ekosystému ve vztahu k půdním vlastnostem a faktorům prostředí. Byly vybrány dvě lokality na Třeboňsku lišící se obsahem organické hmoty v půdě: lokalita Hamr s minerální půdou a Záblatské Louky s organickou (rašelinnou) půdou. Hlavním předpokladem práce bylo, že různé režimy (dávky) hnojení ovlivňují mikrobiální aktivitu (výdej CO<sub>2</sub> z půdy) v půdách vybraných mokřadních luk.

### Hypotézy:

#### A) Přidání výživy povede ke zvýšení rychlosti výdeje CO<sub>2</sub> z půdy

Zamítám hypotézu A, protože jsem u hnojených i nehnojených variant v průběhu vegetační sezóny 2008 získala měřeními stejné rozmezí hodnot výdeje CO<sub>2</sub> půdou na obou pokusných lokalitách.

#### B) Výdej CO<sub>2</sub> z půdy je menší v mokřadech s organickou půdou než v mokřadech s minerální půdou

Zamítám hypotézu B, neboť jsem nezjistila mezi pokusnými lokalitami zásadní vliv na ukládání a výdej uhlíku z půdy.

#### C) Vlhkost půdy, resp. míra zamokření, má vliv na výdej CO<sub>2</sub> z půdy

Nebylo možno zamítnout hypotézu C, neboť na lokalitě Záblatské Louky byl zjištěn vliv u hnojených ploch pro půdní dýchání při teplotě 10°C i 20°C ve vztahu k půdní vlhkosti.

Pro prokázání vlivu půdního dýchání na množství přidaných živin by bylo potřeba provést delší řadu sezónních měření na vybraných lokalitách. Je tomu tak proto, že meteorologické podmínky jsou v posledních letech velmi rozrůzněné, střídají se období sucha s obdobím srážek, a přidání výživy na lokalitách, které probíhalo v roce 2008 třetím rokem, působí dosud relativně krátce. Získal by se tak větší soubor dat postihující větší rozsah meteorologických podmínek.

## 8. Seznam použité literatury

Anonymus (12.12.2008): [http://portal.gov.cz/wps/portal/\\_s.155/14111/\\_s.155/14119?docid=1407](http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/14111/_s.155/14119?docid=1407)

Anonymus (13.1.2009):  
<http://cistirna.hyperlink.cz/pododkazy/definice.htm>

Anonymus (20.1.2009): Luční společenstva – indikátory živin v krajině.  
<http://www.daphne.cz/indikacezivin/ziviny.shtml>

**Barros, V.** (2006): Globální změna klimatu. – Mladá fronta, 165 s.

**Bradley, L.R.** (2004): Climat Alarmism reconsidered. Přeložili: Sousedík, B., Noskiewič, P. - VŠB - Technická univerzita v Ostravě – Výzkumné energetické centrum, 169 s.

**Brady, N.C., Weil, R.R.** (2002): Nature and Properties of Soils. Thirteen edition. Pearson Education, New Jersey.

**Brinkman, R., Van Diepen, C.A.** (1990): Mineral soils. In.: Patten B.C. (ed.), 1990. Wetlands and Shallow Continental Water Bodies. Volume 1. Natural and Human Relationships. SPB Academic Publishing bv, The Hague.

**Campos, C.A.** (2006): Response of soil surface CO<sub>2</sub>-C flux to land use changes in a tropical cloud forest (Mexico). Forest Ecology and Management 234: 305-312.

**Čížková, H., Pokorný, J., Květ, J., Bauer, V.** (2004): Cyklus a bilance uhlíku v mokřadech. Ústav ekologie krajiny AV ČR Třeboň, ENKI, o.p.s. Třeboň, JU v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, s. 265-268.

**Čížková, H., Šantrůčková, H.** (2006): Procesy spojené s eutrofizací mokřadů. Živa, č. 5, s. 201-204.

**Dušek, J., Vavrušková M., Čížková, H.** (2008): Úloha mokřadů v uhlíkovém cyklu, In: Pithart, D., Benedová, Z., Křováková, K.: Ekosystémové služby říční nivy. – Sborník příspěvků z konference, Třeboň, Ústav systémové biologie a ekologie AVČR, Vodní hospodářství; s. 44-47.

**Edwards, K.** (2008): Závěrečná zpráva projektu GA ČR, č. 526/06/0276.

**Flannery, T.** (2007): Měníme podnebí. – Dokořán, 270 s.

**Fleming, J.R.** (2005): Historical Perspectives on Climate Change. - Amazon Sales Rank, 208 s.

**Frank, A.B., Liebig, M.A., Tahaka, D.L.** (2006): Management effects on soil CO<sub>2</sub> efflux in northern semiarid grassland and cropland. Soil & Tillage Research 89: 78–85.

**Garcia-Pausas, J., Casals, P., Camarero, L., Huguet, C., Thompson, R., Sebastian, M. T., Romanya, J.** (2008): Factors regulating carbon mineralization in the surface and subsurface soils of Pyrenean mountain grasslands. Soil Biology & Biochemistry 40: 2803–2810.

**GuangSheng, Z., BingRui, J., GuangXung, H., Li, Z.** (2008): Toward a general evaluation model for soil respiration (GEMSTR). In: Science in China Press 51: 354-262.

**Houghton, J.** (1998): Globální oteplování. – Academia, Praha, 228 s.

**Chimner, R. A., Cooper, D. J.** (2003): Influence of water table levels on CO<sub>2</sub> emissions in a Colorado subalpine fen: an in situ microcosm study. Soil Biology & Biochemistry 35: 345–351.

**Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M.** (ed.) (2001): Katalog biotopů ČR. – AOPK ČR, Praha, 304 s.

**IUNC** (1971): The Ramsar Conference: Final Act of the International Conference on the Conservation of Wetlands and Waterfowl. Spec. Publ., IUNC Bull. 2,1.

**Jeník, J., Květ, J.** (1983): Studie zaplavovaných ekosystémů u Třeboně. – Academia Praha, 156 s.

**Jia, B., Zhou, G., Wang, F., Wang, X.** (2006): Effects of temperature and soil water-content on soil respiration of grazed and ungrazed *Leymus chinensis* steppes, Inner Mongolia. In: Journal of Arid Environments 67: 60–76.

**Kadrnožka, J.** (2006): Energie a globální oteplování. Země v proměnách při opatřování energie. – Vysoké učení technické v Brně, VUT IUM, 189 s.

**Kadrnožka, J.** (2008): Globální oteplování Země. Příčiny, průběh, důsledky, řešení. – Vysoké učení technické v Brně, VUT IUM, 467 s.

**Kalvová, J., Moldon, B.** (1996): Klima a jeho změna v důsledku emisí skleníkových plynů. – Karolinum, 161 s.

**Kender, J.** (2000): Teoretické a praktické aspekty krajiny. Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s vydavatelstvím ENIGMA, s.r.o., 220 s.

**Kočí, V., Burkhard, J., Maršálek, B.** (2000): Eutrofizace na přelomu tisíciletí. In: Eutrofizace 2000, Praha, s. 3-13.

**Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kováč, M., Tóth, E.** (2007): Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma. Municipalia, 93 s.

**Květ, J.** (2000): Místo Třeboňska ve světovém výzkumu mokřadních ekosystémů. In: Sborn. Třeboňsko 2000 – Ekologie a ekonomika Třeboňska po dvaceti letech. Třeboň, 12. - 14. dubna 2000. ENKI, o. p. s., Třeboň, Správa CHKO Třeboňska a národní komitét programu MaB (Člověk a biosféra) UNESCO., Třeboň, s. 35-36.

**Ledvina, R., Horáček, J.** (1997): Půdoznalství. Skripta - Zemědělská fakulta JU, České Budějovice, 144 s.

**Leggett, J.** (1992): Nebezpečí oteplování. – Academia, Praha, 360 s.

**Lloyd, J., Taylor, J., A.** (Jun., 1994): On the Temperature Dependence of Soil Respiration. *Functional Ecology* 8: 315 – 323.

**Mach, J.** (2007): Přímý vliv eutrofizace na mikrobiální procesy v mokřadních půdách s důrazem na cyklus dusíku. Bakalářská diplomová práce, Biologická fakulta JU, České Budějovice.

**Marshi, A.S., Rasse, D.P., Drake, B.G., Megonigal, J.P.** (2005): Effect of Elevated CO<sub>2</sub> on Carbon Pools and Fluxes in a Brackish Marsh. In.: *Estuarine Research Federation, Estuaries*, vol. 28: 694-704.

**Misařová, L.** (2005): Obsah dusíku a rozklad organické hmoty v půdách zamokřených luk. – Magisterská diplomová práce, Biologická fakulta JU, České Budějovice.

**Mitsch, W.J., Gosselink, J.G.** (2000): *Wetlands, Third Edition.* John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.

**Mlejnková, H.** (2000): Výskyt fyziologických skupin bakterií v říční vodě a sedimentu. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka Praha, 88 s.

**Nátr, L.** (2006): Země jako skleník: proč se bát CO<sub>2</sub>? – Academia, Praha, 146 s.

**Němec, M.** (1986): Ekologie mikroorganismů. SPN, Praha, 201 s.

**Nemešová, I., Pretel, J.** (1998): Skleníkový efekt a životní prostředí. - MŽP, ČHMÚ, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, 76 s.

**Nitkulicová, A.** (2008): Vliv eutrofizace na emise skleníkových plynů z mokřých luk. Bakalářská diplomová práce, Přírodovědecká fakulta JU, České Budějovice.

**Odum, P., E.** (1977): Základy ekologie. – Academia, Praha, 736 s.

**Pavelka, M., Acosta M., Marek, M., V., Kutsch, W., Janous, D.** (2007): Dependence of the Q10 values on the depth of the soil temperature measuring point. Plant Soil 292: 171–179.

**Picek, T., Kaštovská, E., Edwards, K., Zemanová, K., Dušek, J.** (2008): Short term effects of experimental eutrophication on carbon and nitrogen cycling in two types of wet grassland. Community Ecology 9(Suppl): 1-8.

**Prach, K., Soukupová, L.** (2002): Alterations in the wet meadows vegetation complex. In: Květ, J., Jeník, J., Soukupová, L. (ed.): Freshwater Wetlands and Their Sustainable Future. A Case Study of the Třeboň Basin Biosphere Reserve. CRC Press, Boca Raton, pp. 243-254.

**Richter, R.** (1996): Půdní úrodnost. Institut výchovy a vzdělání Ministerstva Zemědělství České republiky v Praze, 34 s.

**Rodeghiero, M., Cescatti, A.** (2007): Spatial variability and optimal sampling strategy of soil respiration. In: Forest Ecology and Management 255: 106–112.

**Rychnovská, M. a kol.** (1987): Metody studia travinných ekosystémů. Academia Praha, 272 s.



**Rychnovská, M., Balátová, E., Úlehlová, B., Pelikán, J.** (1985): Ekologie lučních porostů. Academia Praha, 292 s.

**Říhová-Ambrožová, J.** (2009): Encyklopedie hydrobiologie.

- [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-006/ebook.html?p=E007](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=E007)

**Slavíková, J.** (1986): Ekologie rostlin. Státní pedagogické nakladatelství, n. p., v Praze, 368 s.

**Straškrabová, V., Hartman, P., Macek, M., Nedoma, J., Šimek, K., Vrba, J.** (1996): Mikrobiální ekologie vody. Ministerstvo životního prostředí České republiky, 119 s.

**Šantrůčková, H.** (1993): Respirace půdy jako ukazatel její biologické aktivity. Rostlinná výroby 39: 769-778.

**Šesták, Z., Čadský, J. a kol.** (1996): Metody studia fotosyntetické produkce rostlin. – Academia Praha, 394 s.

**Šimek, M.** (2003 a): Základy nauky o půdě – 3. Biologické procesy a cykly prvků. Biologická fakulta JU, České Budějovice, 151 s.

**Šimek, M.** (2003 b): Fyzikální vlastnosti půdy a jejich interakce s půdními organismy a kořeny rostlin. - České Budějovice, Ústav půdní biologie AV ČR, 156 s.

**Šimek, M.** (2005): Základy nauky o půdě – 1. Neživé složky půdy. Biologická fakulta JU, České Budějovice, 160 s.

**Tlapák, V.** (1994): Funkce mokřadu v krajině, (s. 1-4). Sborník přednášek ze semináře: Kořenové čistírny další vegetační systémy zlepšující kvalitu vod. – Botanický ústav AV ČR úsek ekologie rostlin a ENVI, s.r.o., Čížková, Hana, Flek, Stanislav a Husák, Štěpán, 130 s.

**Trenberth, K.E.** (1992): Climate System Modeling. – Cambridge University Press, Cambridge, 788 s.

**Weart, S.R.** (2003): The discovery of Global Warming. New Historie of science, Technology and Medicine. – Massachusetts.

**Yuste, J.C., Baldocchi, D.D., Gershenson, A., Goldstein, A., Misson, L., Wong, S.** (2007): Microbial soil respiration and its dependency on carbon inputs, soil temperature and moisture. *Global Change Biology* 13: 1-18.

**Yuste, J.C., Janssens, I.A., Carrara, A., Meiresonne, L., Ceulemans, R.** (2003): Interactive effects of temperature and precipitation on soil respiration in a temperate maritime pine forest. In.: *Tree Physiology* 23: 1263-1270.

**Zemanová, K., Čížková, H., Edwards, K., Šantrůčková, H.** (2008): Soil CO<sub>2</sub> efflux in three wet meadow ecosystems with different C and N status. In.: *Community Ekology* 9: 49 – 55.

**Zhen, T., ChengDe, S., QuanZhou, G., YanMin, S., Deixi, Y., YingNian, L.** (2007): Soil organic karbon storage and soil CO<sub>2</sub> flux in the alpine meadow ecosystem. In: *Science in China Press* 50: 1103-1114.

## 9. Přílohy

### 9.1. Datové přílohy

Příloha 1. Teplota půdy, půdní vlhkost a výdej CO<sub>2</sub> z povrchu půdy na Hamru dne 16.5.2008:

Plocha a	Varianta a	Opakování	Teplota půdy [°C]	Vlhkost půdy [%]	Výdej CO <sub>2</sub> [μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]
1	N	a	14,8	23,0	6,70
1	N	b	13,9	21,9	10,39
1	H	a	12,8	21,4	14,90
1	H	b	16,9	29,1	7,41
2	N	a	16,6	17,6	9,30
2	N	b	16,6	24,4	9,93
2	H	a	16,9	21,2	8,94
2	H	b	17,6	20,4	8,37
3	N	a	18,3	27,6	11,03
3	N	b	19,1	28,4	9,82
3	H	a	n.	n.	7,74
3	H	b	17,2	27,7	9,53
4	N	a	18,0	37,3	9,90
4	N	b	17,3	24,3	10,33
4	H	a	16,3	21,1	8,16
4	H	b	n.	n.	n.

Příloha 2. Teplota půdy, půdní vlhkost a výdej CO<sub>2</sub> z povrchu půdy na Hamru dne 26.5.2008:

Plocha	Varianta	Opakování	Teplota půdy [°C]	Vlhkost půdy [%]	Výdej CO <sub>2</sub> [μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]
1	N	a	17,0	32,6	5,94
1	N	b	16,0	36,7	4,98
1	H	a	16,5	44,6	5,98
1	H	b	16,8	36,6	3,43
2	N	a	16,9	45,8	5,71
2	N	b	17,2	44,7	4,53
2	H	a	17,5	44,1	6,36
2	H	b	17,7	44,0	5,28
3	N	a	15,6	31,6	4,28
3	N	b	16,4	38,0	6,51
3	H	a	16,9	47,7	5,20
3	H	b	18,1	41,2	5,70
4	N	a	17,1	46,8	5,94
4	N	b	17,9	44,3	6,20
4	H	a	16,2	37,4	5,96
4	H	b	16,0	29,5	5,54

Příloha 3. Teplota půdy, půdní vlhkost a výdej CO<sub>2</sub> z povrchu půdy na Hamru dne 26.6.2008:

Plocha	Varianta	Opakování	Teplota půdy [°C]	Vlhkost půdy [%]	Výdej CO <sub>2</sub> [μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]
1	N	a	20,7	32,4	12,30
1	N	b	21,3	45,6	8,15
1	H	a	20,9	34,5	11,60
1	H	b	21,6	39,5	11,37
2	N	a	20,6	33,8	12,23
2	N	b	23,1	29	9,14
2	H	a	22,3	39,3	7,15
2	H	b	21,3	35,6	10,53
3	N	a	22,2	40,3	11,00
3	N	b	23,2	33	10,24
3	H	a	22,7	36,8	8,62
3	H	b	22,5	27,7	10,27
4	N	a	22,9	32,9	10,53
4	N	b	23,4	35	8,79
4	H	a	22,6	27,7	13,13
4	H	b	22,9	30,6	8,00

Příloha 4. Teplota půdy, půdní vlhkost a výdej CO<sub>2</sub> z povrchu půdy na Hamru dne 7.8.2008:

Plocha	Varianta	Opakování	Teplota půdy [°C]	Vlhkost půdy [%]	Výdej CO <sub>2</sub> [μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]
1	N	a	21,4	13,5	8,40
1	N	b	23,1	16,0	7,75
1	H	a	24,7	13,5	8,64
1	H	b	24,4	20,0	7,31
2	N	a	24,4	17,8	9,16
2	N	b	23,0	15,2	9,66
2	H	a	25,2	17,0	6,65
2	H	b	21,8	16,9	7,71
3	N	a	23,2	17,8	6,24
3	N	b	23,7	21,1	6,28
3	H	a	24,1	18,3	8,83
3	H	b	23,2	18,0	8,50
4	N	a	26,0	18,3	7,37
4	N	b	26,3	16,4	9,52
4	H	a	25,1	18,4	6,96
4	H	b	25,7	20,1	12,40

Příloha 5. Teplota půdy, půdní vlhkost a výdej CO<sub>2</sub> z povrchu půdy na Hamru dne 3.9.2008:

Plocha	Varianta	Opakování	Teplota půdy [°C]	Vlhkost půdy [%]	Výdej CO <sub>2</sub> [μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]
1	N	a	17,6	11,2	4,43
1	N	b	18,1	11,8	6,69
1	H	a	18,5	9,2	5,60
1	H	b	18,8	15,9	5,95
2	N	a	19,3	10,0	7,44
2	N	b	19,8	20,0	7,49
2	H	a	19,2	15,2	7,09
2	H	b	20,3	24,5	7,94
3	N	a	21,3	20,5	4,85
3	N	b	21,6	21,3	7,21
3	H	a	18,7	20,2	4,48
3	H	b	18,6	13,5	7,44
4	N	a	20,9	20,5	6,71
4	N	b	19,3	23,7	7,01
4	H	a	18,9	26,8	6,82
4	H	b	21,3	20,1	5,39

Příloha 6. Teplota půdy, půdní vlhkost a výdej CO<sub>2</sub> z povrchu půdy na Hamru dne 17.10.2008:

Plocha	Varianta	Opakování	Teplota půdy [°C]	Vlhkost půdy [%]	Výdej CO <sub>2</sub> [μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]
1	N	a	10,0	9,3	2,40
1	N	b	10,0	14,4	3,60
1	H	a	10,2	9,0	2,66
1	H	b	10,6	15,1	1,83
2	N	a	11,2	8,5	2,45
2	N	b	10,9	10,6	2,85
2	H	a	10,7	8,3	2,98
2	H	b	10,0	15,7	4,76
3	N	a	10,5	14,2	2,82
3	N	b	11,2	7,5	2,75
3	H	a	10,2	14,8	3,47
3	H	b	10,2	15,3	3,30
4	N	a	10,0	10,6	3,02
4	N	b	10,1	16,5	2,67
4	H	a	10,0	14,2	2,91
4	H	b	10,1	12,4	2,91

Příloha 7. Teplota půdy, půdní vlhkost a výdej CO<sub>2</sub> z povrchu půdy na Zábřatských Loukách dne 6.8.2008:

Plocha	Varianta	Opakování	Teplota půdy [°C]	Vlhkost půdy [%]	Výdej CO <sub>2</sub> [μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]
1	N	a	21,6	30,6	9,73
1	N	b	22,1	22,1	5,71
1	H	a	20,4	20,0	7,36
1	H	b	23,9	21,6	8,13
2	N	a	20,3	30,7	6,31
2	N	b	24,2	35,3	6,43
2	H	a	20,5	25,5	7,14
2	H	b	20,9	34,1	6,39
3	N	a	24,4	27,4	8,40
3	N	b	21,1	26,2	6,54
3	H	a	21,6	21,7	8,44
3	H	b	21,5	20,2	8,84
4	N	a	26,3	19,6	6,42
4	N	b	22,1	26,6	6,91
4	H	a	24,5	26,4	5,35
4	H	b	22,5	21,6	7,63

Příloha 8. Teplota půdy, půdní vlhkost a výdej CO<sub>2</sub> z povrchu půdy na Zábřatských Loukách dne 3.9.2008:

Plocha	Varianta	Opakování	Teplota půdy [°C]	Vlhkost půdy [%]	Výdej CO <sub>2</sub> [μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]
1	N	a	23,1	15,9	7,19
1	N	b	24,8	13,5	8,02
1	H	a	20,1	24,7	6,31
1	H	b	21,5	20,1	4,87
2	N	a	20,1	22,6	7,49
2	N	b	21,4	26,7	5,93
2	H	a	21,0	17,5	8,96
2	H	b	21,2	25,8	7,76
3	N	a	20,8	27,8	7,42
3	N	b	20,0	29,9	7,70
3	H	a	20,8	20,2	7,09
3	H	b	20,7	23,5	6,88
4	N	a	22,7	15,8	10,57
4	N	b	19,1	23,0	9,58
4	H	a	20,0	28,5	7,97
4	H	b	20,5	22,6	7,65

Příloha 9. Teplota půdy, půdní vlhkost a výdej CO<sub>2</sub> z povrchu půdy na Zábělských Loukách dne 17.10.2008:

Plocha	Varianta	Opakování	Teplota půdy [°C]	Vlhkost půdy [%]	Výdej CO <sub>2</sub> [μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]
1	N	a	10,0	16,2	3,53
1	N	b	9,7	14,4	3,44
1	H	a	7,2	8,6	2,11
1	H	b	9,2	13,0	2,29
2	N	a	9,4	11,9	2,52
2	N	b	9,6	19,6	3,18
2	H	a	9,4	7,8	3,92
2	H	b	9,5	12,7	4,07
3	N	a	10,0	13,5	2,46
3	N	b	10,4	16,7	2,69
3	H	a	10,4	10,5	3,86
3	H	b	10,2	9,3	3,51
4	N	a	10,2	9,4	2,89
4	N	b	10,3	10,0	2,90
4	H	a	10,1	11,3	3,35
4	H	b	10,1	8,1	3,87

## 9.2. Fotografické přílohy

Hamerská lokalita, pokusné plochy jsou neposečené, 26.5.2008:



Pohled na vytyčené pokusné plochy na záblatských Loukách, nalevo přístroj LiCor 6400, 17.10.2008:





Označený půdní kroužek, připravený k měření:



Půdní komora nasazená na půdním kroužku při měření:



Přístroj LiCor 6400 s půdní komorou, připravený k měření výdeje  $\text{CO}_2$ :



Za slunného a větrného dne se pro přesnost měření půdní komora zakrývala, v blízkosti komory jsou do půdy vloženy půdní vlhkoměr a teploměr:

