Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Agroekologie
Katedra: Katedra biologických disciplín
Vedoucí katedry: doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.

Bakalářská práce

Obrat nadzemní biomasy dominanty zaplavované louky

Autor: Markéta Honissová

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

České Budějovice
Duben 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum Podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce doc. RNDr. Haně Čížkové, CSc. za její odbornou pomoc a čas se mnou strávený jak v terénu, tak při konzultaci výsledků. Dále bych jí ráda poděkovala za poskytnutí literatury.

Anotace

Tato bakalářská práce je součástí projektu MŽP SP/2d1/93/07 (Czech Terra), který se zaměřuje na hodnocení koloběhu a bilanci uhlíku ve vybraných ekosystémech České Republiky. V lokalitě Mokrých luk u Třeboně je v rámci tohoto projektu hodnocena produkce nadzemní biomasy mokřadní vegetace. V předkládané bakalářské práci se zaměřuji na dokumentaci obratu nadzemní biomasy ostřice štíhlé *(Carex acuta L.)*, která představuje dominantu zaplavované části Mokrých luk. Má práce spočívala v nedestruktivním sledování přírůstků nadzemní biomasy ve vybraných bultech, při něm jsem přiřazovala hodnotu sušiny odnožím rostoucím v těchto bultech na základě analogie s paralelními vzorky. Na vybraných odnožích jsem pozorovala dynamiku utváření listů během vegetační sezóny, jejich usychání a opad. V této práci se rovněž zabývám rozdíly v dynamice růstu u generativních a vegetativních odnoží.
Generativní odnože vytvořily během vegetace průměrně jen tři listy, celkově byly tvořeny průměrně sedmi listy, tedy čtyři listy byly založeny v předcházejícím roce na podzim. Od vysemenění listy odumíraly a poslední živé byly pozorovány 13.8. Od rostliny listy začaly odpadat ve větší míře v průběhu srpna a začátku září. U vegetativních odnoží se počet listů se během vegetace zvyšoval. Na počátku měření této dynamiky (4.6) byly odnože tvořeny průměrně 10 listy, z nichž tři byly založeny v přecházejícím roce na podzim, do září jejich počet vzrostl na 14. Během vegetace odnož měla 5-6 fotosynteticky aktivních listů. Listy opadaly pomaleji, než tomu bylo u generativních odnoží.

Klíčová slova:
Třeboňsko
Mokřad
Generativní odnož
Vegetativní odnož
Bult

Annotation

This Bachelor's Thesis is a part of the SP/2d1/93/07 (Czech Terra) project of the Department of Environment, which is focused on an assessment of carbon cycle and carbon balance in selected ecosystems of the Czech Republic. Within this project there is assessed production of aboveground biomass of wetland vegetation in the location of Mokrá luka (Wet Meadow) near Třeboň. In the presented Bachelor's Thesis I focus on documentation of conversion of aboveground biomass of tulfted sedge (Carex acuta L.), which represents a dominant of the flooded part of Wet Meadows. My thesis consisted in non-destructive observation of aboveground biomass accumulation in selected humps, during which I assigned dry mass value to tillers growing in these humps on the basis of an analogy with parallel samples. At the selected tillers I observed dynamics of leaf growth during vegetative season, their drying up and falling. In this thesis I also deal with the differences in growth dynamics at generative and vegetative tillers.
During their growth the generative tillers had on average only three leaves; in total they had on average seven leaves, which means that four leaves started to grow in previous autumn. Since seeding the leaves were dieing and the last live ones were observed on 13 August. During August and at the beginning of September the leaves started to fall more. At vegetative tillers the number of leaves during the growth period increased. At the beginning of measurement of these dynamics (4 June) the tillers had on average 10 leaves, from which three were from the previous autumn; by September their number increased to 14. During the growth period the tiller had 5-6 photosynthetic active leaves. The leaves fell more slowly than at generative tillers.

Key words:
Třeboň region
Wetland
Generative tiller
Vegetative tiller
Hump

1. Úvod……..... ……..7
2. Literární přehled…….... …….……8
2.1 Charakteristika mokřadů…….... ……8
2.1.1 Definice mokřadů……..... ……..…….8
2.1.2 Vlastnosti mokřadních půd…… .... ……..8
2.1.3 Vlastnosti mokřadní vegetace…… ..... ……...….9
2.2 Charakteristika ostřice štíhlé (*Carex acuta L.*)……..10
2.2.1 Botanická charakteristika ostřice štíhlé……..... ……10
2.2.2 Životní a růstová forma……..... ……10
2.2.3 Životní cyklus ostřice štíhlé…….……12
2.2.3.1 *Velký životní cyklus* 13
2.2.3.2 *Malý životní cyklus* 13
2.2.4 Tvorba biomasy……..... ….16
3. Popis studované lokality……..…… .. 17
3.1 Třeboňsko…… ..... …..17
3.2 Mokré louky u Třeboně……..... ….18
3.2.1 Geografická charakteristika…… ..... …….18
3.2.2 Geologická charakteristika……..... 18
3.2.3 Klimatická charakteristika…….. 18
3.2.4 Botanická charakteristika…… 19
3.2.5 Zemědělská charakteristika……..... 20
3.2.6 Výzkum…….. 20
4. Metody……..... 22
4.1 Princip růstové analýzy…… 22
4.1.1 Destruktivní a nedestruktivní zjišťování nadzemní biomasy..... 22
4.1.2 Veličiny odvozené z měření hodnoty sušiny 23
4.1.3 Veličiny odvozené z měření listové plochy 23
4.2 Postup vlastní práce…….....24
4.2.1 Zaznamenávání přírůstků listové plochy……..... 24
4.2.2 Odběr vzorků odnoží……..... 24
4.2.3 Sledování usychání, opadu a tvorby listů…….... 25
5. Výsledky ……..... 26
5.1 Sezónní průběh počtu odnoží jednoho bultu…… 26
5.2 Dynamika růstu odnoží 27
5.3 Vztah mezi délkou a sušinou……..... 29
5.4 Sezónní dynamika tvorby a odumírání listů……..... 32
6. Diskuse…… 35
6.1. Výhody a metodická omezení……..... 35
6.2. Vztah k dalším datům zjištěným na lokalitě v roce 2009 …… .. 35
6.3 Porovnání s výsledky dalších autorů **37**
7. Závěr..... 39
8. Seznam použité literatury……..... 40
9. Přílohy……..... 42

1. Úvod

Mokré louky u Třeboně je mokřadní lokalita, na níž probíhá již dlouholetý ekologický výzkum. Intenzívní výzkum zde započal v roce 1976 a probíhá s kratšími přestávkami do současnosti. Tato bakalářská práce je součástí projektu MŽP SP/2d1/93/07 (Czech Terra). V rámci tohoto projetku je v lokalitě Mokrých luk u Třeboně hodnocena produkce nadzemní biomasy mokřadní vegetace.
Cílem mé bakalářské práce je ověřit vhodnou metodiku studia obratu nadzemní biomasy ostřice štíhlé *(Carex acuta L.)* v zaplavované části Mokrých luk. V práci se zabývám sledováním délkových i hmotnostních přírůstků ostřice štíhlé, dynamikou opadu, utváření a usychání listů a rozdílnou dynamikou růstu mezi odnožemi generativními a vegetativními.
Další cíle této práce zahrnují:
1) Zpracování literárního přehledu poznatků získaných o obratu biomasy mokřadních travin a její sezónní dynamice
2) Stanovení sezónní dynamiky živé a odumřelé nadzemní biomasy nedestruktivní metodou během vegetace roku 2009.
3) Porovnání vlastních výsledků s výsledky navazujícího výzkumu a s literárními údaji.

2. Literární přehled

2.1 Charakteristika mokřadů

2.1.1 Definice mokřadů

V Ramsarské úmluvě je mokřad definován jako uzemí bažin, slatin, rašelinišť i území pokrytá vodou, přirozeně 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 šest metrů (Chytil a kol., 1999).

Mokřady jsou tedy trvale zamokřené plochy s vysokou vodní hladinou spodní vody či s bohatými vývěry. U nás k mokřadům řadíme většinou rybníky a jejich litorál, mokré louky a prameniště, rašeliniště, říční nivy včetně lužních lesů, smrčiny a umělé mokřady (Kender, 2000).

V přírodě mají mokřady své nezastupitelné místo. Díky specifickým podmínkám prostředí umožňují existenci mnoha druhům organismů, z nichž mnohé jsou i kriticky ohrožené. Nepříznivé zásahy do mokřadního ekosystému způsobují nepravidelnost kolísání vodní hladiny nebo pokles povrchové i spodní vody, což může způsobit narušení nebo zánik mokřadů. Na místě mokřadů pak vznikají podmáčené louky s nálety dřevin (Kender, 2000).

Některé typy mokřadů patří k nejproduktivnějším ekosystémům na Zemi (Larcher, 1988). I produkce travinných mokřadních porostů mírného pásma je značná. Produkce porostů vysokých ostřic či chrastice rákosovité dosahuje 5-10 t ha^{-1} rok^{-1} (Květ a kol,. 2002). Porosty tvrdé litorální vegetace pak mohou dosáhnout roční produkce 15-20 t ha^{-1} rok^{-1} (Čížková, 2006).

2.1.2 Vlastnosti mokřadních půd

Odlišnost mokřadních půd od ostatních suchozemských půd je dána vodním režimem. Hlavním důsledkem zaplavení půdy je omezená výměna plynů mezi půdou a atmosférou. V provzdušněných půdách je kyslík přítomen ve většině půdního profilu, v zaplavených půdách je pouze v tenké vrstvě na povrchu půdy. V hlubších vrstvách půdy se po zaplavení kyslík rychle spotřebovává a to vede ke zpomalení činnosti aerobních organismů, která se může i úplně zastavit. Činnost aerobních organismů, které získávají energii aerobní respirací, je nahrazována činností anaerobních mikroorganismů. Procesy anaerobní respirace mohou probíhat, pokud z aerobní povrchové vrstvy pronikají do těchto podpovrchových vrstev oxidované formy N, Fe, S a Mn, nebo pokud mokřad periodicky vysychá. Půda se zavzdušní a redukované formy prvků se zoxidují. Pokud je ale spotřeba oxidovatelných forem prvků vyšší než jejich přísun, dochází ke zpomalení procesů anaerobní respirace. Tehdy dochází v půdě k převaze aktivity fermentačních mikroorganismů, kteří získávají energii z fermentačních procesů. V zaplavené půdě dochází k převaze fermentačních procesů, zpomaluje se mineralizace organické hmoty, a proto jsou mokřady obvykle bohatší na organickou hmotu oproti dobře provzdušněným půdám. Skupiny mikroorganismů jsou vzájemně úzce provázány a aktivita jedné skupiny závisí na produktech metabolismu a činnosti skupin dalších (Čížková, Šantrůčková, 2006).

2.1.3 Vlastnosti mokřadní vegetace

Mokřady se vyznačují typickou vegetací, která je přizpůsobena specifickým podmínkám zaplavení a jeho následkům. Rostliny se v mokřadech musejí vyrovnat s nedostatkem kyslíku v půdním prostředí. Rostliny se k těmto podmínkám adaptovaly jednak metabolicky a jednat anatomicky. Metabolická adaptace spočívá v přežití rostlin bez dostatečného přísunu kyslíku prostřednictvím využívání energie, kterou buňky získávají anaerobními fermentačními procesy. Metabolická adaptace umožňuje rostlinám bez kyslíku přežít jen určitou omezenou dobu. Rozhodující adaptací pro trvalé přežití a intenzivní růst je anatomická adaptace. Anatomickou adaptací se rozumí diferenciace rostlinných pletiv, především tvorba rozsáhlých mezibuněčných prostor v pletivech podzemních i nadzemních orgánů. Tato vzdušná pletiva (aerenchym) jsou navzájem propojena a slouží k vnitřnímu provětrávání, při kterém se kyslík z atmosféry dostává k buňkám podzemních orgánů, v jejichž okolí je kyslík vyčerpán. Díky této adaptaci nejsou závislé buňky podzemních orgánů na příjmu kyslíku z půdy (Čížková, Šantrůčková, 2006). Aerenchymem prochází vzduch od listů přes stonky a popřípadě i oddenky do kořenů. Z kořenů vzduch přechází do zatopené půdy. Okolí kořene se tak oxiduje, proto při vytržení ostřice s kořenem je na jeho povrchu patrný rezavý povlak oxidovaného železa. Vzniklá oxidovaná vrstva zabraňuje průniku snadno redukovatelných iontů do kořenového pletiva (Hejný, 2000).

Nejvíce rozvinutý aerenchym mají mokřadní rostliny z čeledí lipnicovitých (*Poaceae*), šáchorovitých (*Cyperaceae*) a sítinovitých (*Juncaceae*). Obsah vzduchu v kořenech u druhů patřících do těchto čeledí dosahuje až 30-50% objemu kořene (Čížková, 2006). I přes existenci této adaptace může však nastat situace, kdy dojde k přerušení dodávky kyslíku. Takovou situací může být např. náhlá záplava, při které jsou ponořeny celé prýty. Dodávka kyslíku nemusí dostačovat, pokud se rostlina nachází v extrémně redukujícím půdním prostředí, v němž dochází k velké ztrátě kyslíku, či na počátku vegetace u přezimujících orgánů, před tím než vyrostou nové prýty, které umožní provětrání (Čížková, 2006).

Kromě této anatomické adaptace (vzdušných pletiv) se u mokřadních rostlin vyskytuje také povrchová ochrana mechanické povahy, tzv. ochranná bariéra. Je tvořena buňkami hypodermis, jejichž stěny jsou impregnovány kutinem, ligninem či suberinem. Tato vrstva chrání rostlinu před vstupem toxických látek a také zabraňuje úniku kyslíku z rostlinných pletiv do prostředí (Čížková, Šantrůčková, 2006).

2.2 Charakteristika ostřice štíhlé *(Carex acuta L.)*

2.2.1 Botanická charakteristika ostřice štíhlé

Ostřice štíhlá *(Carex acuta L.)* je vysoká rostlina dorůstající do výšek mezi 30 až 150 cm. Vytváří dlouhé podzemní výběžky, jejichž články jsou pokryté dlouhými tmavými šupinami. Její kořeny jsou hnědé až hnědočervené. Vytváří silné odnože, vyrůstající v trsech (Soukupová,1986).

Stéblo je trojhranné, při ohnutí praská, na konci před rozkvětem se ohýbá. Listové šupiny jsou lesklé, červenohnědé, brzy se rozkládají. Listové pochvy jsou na spodu světle hnědé, matné, místy s výraznými nervy. Jazýček je dlouhý 4-6 mm, velmi tupý, většinou nepravidelný a mívá hnědý okraj. Listové čepele bývají 3-9 mm široké, 30-140 cm dlouhé. Jsou dvakrát přehnuté, za sucha se podvinují. Na horní straně jsou zelené a lesklé, vespod jsou matné, šedozelené. Postupně se zužují v převislou trojhrannou špičku (Soukupová,1986).

Květenství tvoří 1/6 až 1/4 délky stonku. Listen spodního klásku květenství je listovitý a květenství přesahuje. Nejprve vykvétají klásky samčí, které kvetou odspodu, květy nemají okvětí a jsou anemofilní. Samčí klásky jsou 2-6 cm dlouhé, červenohnědé, bývá jich 1 až 2 (3). Plevy jsou podlouhlé, obvejčité až eliptické, kolem 4,5 až 5,5 mm dlouhé. Samčí květy mají 3 tyčinky s přisedlými prašníky. Samičích klásků bývá 2 (3) až 5 (8). Jsou červeně zelené a stopkaté, kolem 3 až 10 cm dlouhé. Vytváří jeden pestík, v němž je jeden zárodek, semeník je svrchní. Plevy samičích klásků jsou černé až černohnědé se zeleným proužkem. Bývají 2,5 až 4 mm dlouhé a obvejčité. Mošničky jsou čočkovitě zmáčklé, nejširší jsou ve středu. Mají krátký nedělený zobánek. Plod je suchý, jednosemenný tmavě hnědý oříšek. Rozšiřuje se vodou, větrem a vodním ptactvem (Soukupová, 1986).

Ostřice štíhlá se vyskytuje téměř v celé Evropě. Na severu je rozšířena až k polárnímu kruhu, na východě po Ural a Kazachstán, na jihu do středozemní oblasti, Přední Asie a na Kavkaz. Vyskytuje se do poloh zhruba 1000 m n. m. (Soukupová, 1986).

2.2.2 Životní a růstová forma

Ostřice štíhlá je vytrvalá bylina bultovitého typu s přímo vyrůstajícími výhony intravaginálními i extravaginálními. Patří mezi ostřice horizontálně oddénkaté (kdy vedle odnoží vytváří i vodorovné podzemní oddenky, které se během vegetační sezóny nevětví). Je to geofyt či hemikryptofyt (Soukupová, 1986).

Rostlinné orgány lze rozdělit podle převládajícího směru růstu na:
a) kořenový systém s geotropním růstem (směrem dolů)
b) podzemní výhony (oddenky) s diageotropním růstem (horizontálně)
c) vegetativní a generativní odnože s apogeotropním růstem (směrem vzhůru)
(Soukupová, 1986).

Z apogeotropních výhonů se vyvíjejí:
a) nadzemní vegetativní odnože, končící svůj cyklus generativním rozmnožováním;
b) diageotropní výhony vytvářející podzemní výběžky;
c) oddenky sloužící k vegetativnímu rozmnožování rostlin, dlouhé 10 až 40 cm, podle počtu internodií (Soukupová, 1986).

Kořenový systém se skládá ze svazčitých kořenů, které vyrůstají na spodní části apogeotropních prýtů. Můžeme je rozdělit na:
a) drobné vláskovité kořínky dosahující do 5 cm pod povrch půdy, silné méně než 0,5 mm;
b) hrubší vláknité kořeny, které zasahují do hloubky 15 až 25 cm, silné 0,5-1 mm;
c) drátovité půdní kořeny dorůstající až 1 m hluboko, silné jsou 1-2 mm (Soukupová, 1986).

Při vyšší hladině zaplavení se objevují nad povrchem půdy vláknité kořínky, dlouhé 1 až 5 cm. Tyto kořínky mají silnější centrální osu, o průměru 1 mm, ze které kolmo vybíhají 1 až 5 mm dlouhé vláskovité kořínky. Se zvyšující se úrovní vodní hladiny klesá produkce biomasy kořenů. V drátovitých kořenech zaujímá aerenchymatický prostor zhruba 40-45 % pletiv (Soukupová, 1986).

Nadzemní odnože se podle funkce rozdělují na vegetativní a generativní (Soukupová, 1986). Utváření jednotlivých odnoží ostřice štíhlé během let je patrný na obr. č.1.

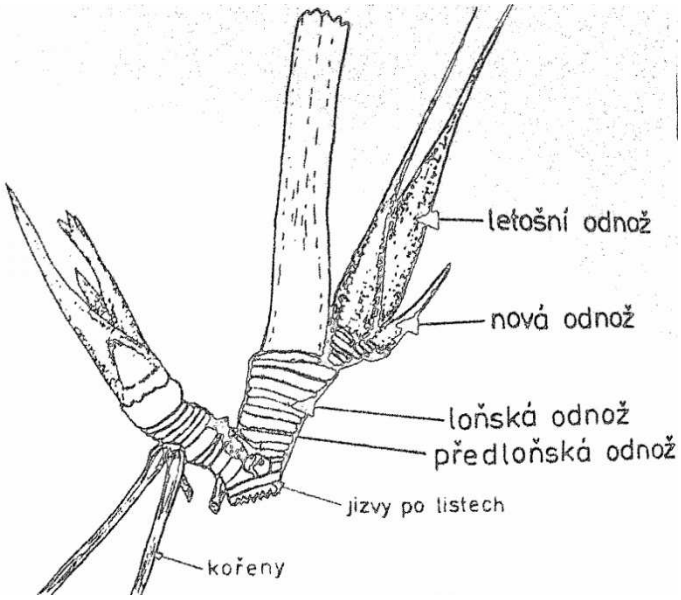
Vegetativní odnože jsou mladší, vytrvávají po celou vegetační sezónu a nesou většinu asimilačního aparátu rostlin. Četnost odnoží připadající na jednu rostlinu je různá, závisí na abiotických a biotických faktorech prostředí, je určována nosnou kapacitou prostředí. U ostřice štíhlé se ukazuje, že se vzrůstající výškou vodní hladiny klesá četnost rostlin s vyšším počtem vegetativních odnoží (Soukupová, 1986).

V monokulturách ostřice štíhlé se vyskytují dva délkové typy. Četnější je typ kratší, dosahující délky 40 až 50 cm, vyšší odnože dorůstají kolem 70 až 80 cm. Výskyt dvou délkových skupin svědčí o tom, že se odnože vytvářejí v kohortách (Soukupová, 1986).

Vegetativní odnože jsou tvořeny z krátké, cca 10 cm dlouhé báze a z ní vyrůstajících samonosných listů. Báze je zkrácenou lodyhou, v jejíž střední části je umístěna růstová zóna. Z vnějšku je kryta a chráněna šupinovitými spodními listy a základy asimilačních listů, uvnitř pod růstovou zónou je pak vlastní osa lodyhy. Nad touto zkrácenou lodyžní částí pak báze pokračuje nepravou lodyhou tvořenou pochvami asimilačních listů. Počet asimilačních listů u vegetativních odnoží se u ostřice štíhlé pohybuje okolo 6, četnost listů není závislá na hydrologickém režimu. Pro fotosyntézu ostřice jsou důležité dlouhé a poměrně široké listové čepele, které vyrůstají šikmo vzhůru. Jejich konec je spuštěn vertikálně dolů, takže horní polovina vytváří polooblouk, na nějž dopadá většina záření. Zde jsou listy při vhodných podmínkách nejširší a obsahují také nejvíce chlorofylu. Na anatomickém průřezu jsou listy dvakrát přehnuté a asymetrické. Asymetričnost je způsobena přítomností centrálního výstužného sklerenchymatického provazce na středu spodní strany listů. Pro listy jsou typické velké vnitřní intercelulární prostory. Epidermis listů

má odlišnou stavbu na svrchní a spodní straně. Svrchní strana je tvořena podlouhlými buňkami na vnější straně pokrytými slabou vrstvou kutinu, který vytváří vráskovité lištičky. Spodní stranu vytvářejí drobné kulovité buňky, z nichž některé jsou protaženy v papily. Tím je způsobena sametová matnost spodní stany listů (Soukupová, 1986).

Obr. č.1:Morfologie nejmladších částí (Převzato od Soukupové, 1986, str. 68)



Generativní odnože se vyvíjejí z vegetativních. Vytvářejí trojhranná stébla, která jsou zakončena květními klásky. Jednotlivým částem generativních odnoží odpovídá hmotnostní poměr: květenství tvoří 1/6, stébla 1/2, listy 1/3. Počet listů na generativních odnožích se pohybuje kolem 3. Jejich funkci doplňují 2 až 3 listeny, které vyrůstají v paždí květenství. Oproti vegetativním odnožím jsou listy generativních odnoží kratší, po odkvětu postupně usychají a po vysemenění zcela odumírají. Délka stébla je závislá na hydrologickém režimu, stéblo se prodlužuje se zvyšující se hladinou (Soukupová, 1986)**.**

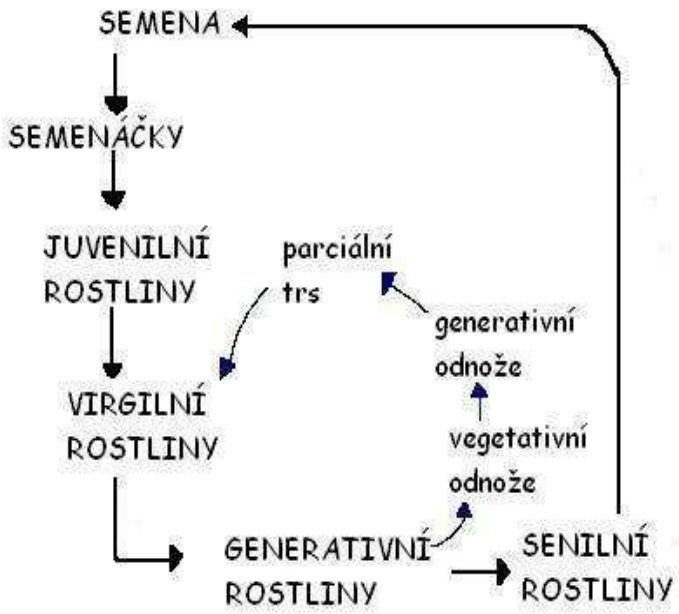
2.2.3 Životní cyklus ostřice štíhlé

Generativní fáze cyklu je zásadní pro udržení genetické variability populací. Ostřice štíhlá se ale v ustálených společenstvech nejčastěji reprodukuje prostřednictvím vegetativní fáze životního cyklu, kdy se za pomoci extravaginálních odnoží a diageotropních výhonů generativních rostlin zakládají nové parciální trsy (Soukupová, 1986). U ostřice štíhlé můžeme pozorovat jak velký životní cyklus, tak životní cyklus malý.

2.2.3.1 Velký životní cyklus

Velký životní cyklus zahrnuje pět stádií.
a) Semenáčky jsou jednoleté rostliny s jedním výhonem a několika asimilujícími listy, s hlavním a několika přídatnými kořeny.
b) Juvenilní rostliny jsou rostliny o stáří dvou až tří let, během kterých semenáček monopodiálně rostl. Tedy založil pupeny v paždí listu, ze kterých se ale ještě nevyvinuly odnože, také došlo ke zvýšení počtu přídatných kořenů.
c) Vzrostlé virgilní rostliny s postranními odnožemi 2. a 3. řádu, v průběhu let se u nich z vertikálních odnoží vytvářejí parciální trsy.
d) Generativní rostliny vytvářejí odnože i parciální trsy vyšších řádů. Tvoří také generativní odnože, které po skončení své funkce odumírají.
e) Staré vegetativní a senilní rostliny jsou typické tím, že tvorba generativních odnoží ustává (Soukupová, 1986). Schéma velkého životního cyklu je znázorněno na obr.č. 2.

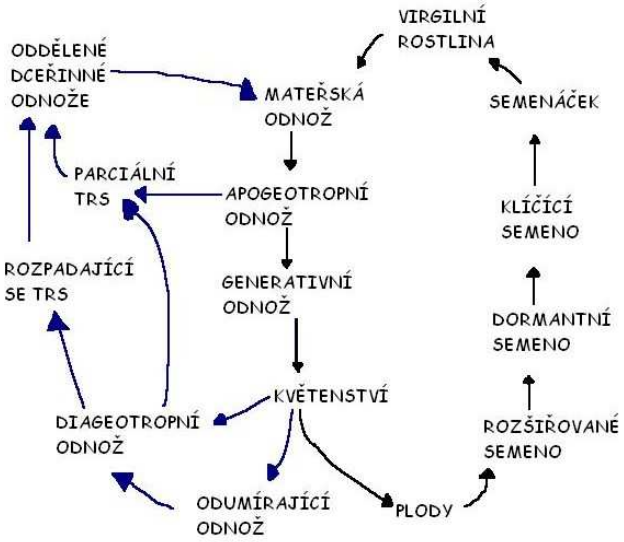
Obr.č. 2: Velký životní cyklus ostřice štíhlé (*Převzato od Soukupové, 1986)*



2.2.3.2 Malý životní cyklus

Zásadním stádiem velkého životního cyklu jsou generativní rostliny, které umožňují jak generativní, tak vegetativní rozmnožování. Periodický rozvoj odnoží přes vegetativní ke generativním umožňuje dlouhodobou existenci populace. Tato periodičnost odpovídá malému životnímu cyklu odnoží, který má fázi generativní a vegetativní (Soukupová, 1986). Malý životní cyklus odnoží a jeho propojení s velkým životním cyklem znázorňuje obr. č.3.

Obr.č. 3: Diagram propojení malého životního cyklu (černé šipky) s velkým životním cyklem (modré šipky) (Převzato od Soukupové, 1986, str. 69)



Generativní fáze

Morfologickým ukazatelem této fáze je semeno. Podle toho, zda semeno již vzniklo či nikoliv, rozdělujeme tuto fázi na prematurální, tedy období před vznikem semene, které trvá jeden rok, a období postmaturální, po vytvoření semene. Délka tohoto období je proměnlivá, trvá ovšem minimálně 18 měsíců. Celá generativní fáze trvá nejméně 36 měsíců (Soukupová, 1986).

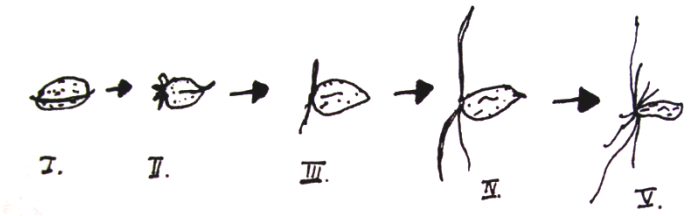
První fází období prematurálního je zakládání květenství. Na ni navazuje diferenciace květenství, která probíhá na podzim. Na diferenciaci květenství má vliv hydrologický režim. Se vzrůstající vodní hladinou se zvyšuje počet samčích klásků a klesá počet samičích. Kvetení má na jaře vlivem vyšších teplot rychlý nástup. Zhruba do jednoho měsíce od stimulace růstu se objeví nejprve samčí a poté samičí květy. Kvetení probíhá během druhé a třetí dekády května. V tomto období je porost ostřice štíhlé ještě nízký, květní části vyčnívají 10 až 15 cm nad úroveň okolí a jsou přístupné anemofilním opylovačům. Délka kvetení je závislá na rychlosti vyprazdňování prašníků, které je velice rychlé a kvetení trvá 3-5 dní. Vývoj a zrání plodů je poměrně dlouhá fáze, která trvá 2-3 měsíce. Současně s touto fází probíhá i nejintenzivnější růst vegetativních orgánů rostlin. Vysemeňování probíhá na přelomu července a srpna, mošničky se uvolňují jednotlivě, většinou za slunných a větrných dnů (Soukupová, 1986).

Období postmaturální se skládá z následujících fází:

a) Šíření semen - ostřice štíhlá je hydrochorní druh, pro jejíž rozšiřování jsou důležité především jarní záplavy. Při nich se nafouknuté mošničky udržují na povrchu vodní hladiny, která obvykle převyšuje ostatní porost, a za působení větru nebo proudu se dostávají mimo oblast svého vzniku (Soukupová, 1986).

b) Dormance - Jermy a Tutin (Jermy, Tutin, 1968 in Soukupová, 1986) uvádějí, že ostřice vyžadují 3 – 12 měsíční periodu dormance. Dormanci během tohoto období neovlivní ani stratifikace a skarifikace. Soukupová (Soukupová, 1986) tuto periodu uvádí v délce 8-9 měsíců.
c) Klíčení probíhá v přirozených podmínkách poměrně vzácně. Vyskytuje se hlavně po narušení společenstva disturbancí, po níž dojde k určitému otevření porostu.
d) Morfogeneze semenáčků je znázorněna na obr. č. 4. Klíčení probíhá epigeicky, při němž začátek klíčení proběhne pod povrchem půdy (obr. II), na povrch půdy se dostávají poševní části dělohy se zárodečným pupenem (obr. III). V tomto období se začíná objevovat hlavní kořínek a poté dochází k rychlému rozvoji kořenů přídatných (obr. IV), místa jejich založení jsou výše než u hlavního kořínku. V pozdějších etapách zaniká rozdíl v délce kořínků, objevuje se první list (obr. V). Spojení semenáčku se zbytkem semene přetrvá do konce prvního roku života semenáčku (Soukupová, 1986).

Obr. č. 4: Utváření semenáčků (Převzato od Soukupové, 1986, str.76)



Vegetativní fáze
Morfologickým ukazatelem této fáze je odnož. Vegetativní fáze se skládá z dalších sedmi fází, přičemž čtvrtá fáze je rozčleněna na fázi A a B. Při fázích dozrávání pupene, rozevírání spodních pupenů a nevětvícího se prýtu s listovou růžicí (1.-3. fáze) se ostřice štíhlá chová jako intravaginální tráva, u které se protahují internodia v oddenky (Soukupová, 1986).

Fáze 4A (fáze prvotního odnožování) je období patřící k jarním fenofázím, při kterém se objevují nové odnože, ty se prodlužují a rozevírají se jim listy. Tyto odnože plní asimilační funkci během celé vegetace. K odnožování u ostřice štíhlé dochází okamžitě při působení příznivých teplotních podmínek (Soukupová, 1986).

Fáze 4B (fáze růstu) je období mezi vymetáním a kvetením generativních odnoží ostřic, při němž se rozvíjejí a prodlužují listy vegetativních odnoží. Na počátku růstu odnoží nelze rozlišit jednotlivé listy, vrchol odnože je velmi ostrý, takže úspěšně proráží půdu, detritovou i opadovou vrstvu. Růst odnoží je velmi citlivý k teplotním poměrům a zpočátku je velice intenzivní. Období růstu odnoží probíhá až do vysemenění. Generativní odnože patří na začátku vegetace k nejdelším v trsech. V počátečním rozvoji se prodlužují, v době metání se růst zastavuje a obnovuje se až s nástupem kvetení. V následujícím rozvoji je jejich růst pomalejší v porovnání s vegetativními odnožemi, ty je přerůstají. Fáze 4A a 4B mohou následovat v opačném pořadí (Soukupová, 1986).

Pátá fáze (tvorba květenství a květonosného stébla) trvá od utvoření základu květenství a končí vymetáním. Šestá fáze je fáze kvetení a tvorby semen. Po vysemenění začíná stéblo odshora usychat, postupně odumírá i s celou mimobazální částí odnože. Ve fázi sedmé (postgenerativního/druhotného

odnožování) dochází k obnovování činnosti odnožovací zóny. Aktivuje se růst horních apogeotropních pupenů (které dávají základ pozdně intravaginálním odnožím) a dolních diageotropních pupenů (které vytvářejí extravaginální oddenky a výhony). Nástup sedmé fáze je spojen s ukončením funkce generativních odnoží, tedy v srpnu. Ne všechny odnože projdou celým ontogenetickým vývojem, proto je třeba rozlišovat odnože s úplnou a neúplnou vegetativní fází (Soukupová, 1986).

Odnože ostřice štíhlé jsou dicyklické. V prvním roce mají pouze asimilační funkci, jsou vegetativní. V druhém roce své existence se stávají generativními. Odnože se zakládají jako apogeotropní pupeny nebo diageotropní výhony na konci srpna. Některé z nich do zimy ještě povyrostou do 10 cm. V době jarního odnožování následujícího roku se z těchto pupenů vytvářejí vegetativní odnože. V srpnu vytvářejí i ony apogeotropní výhony a zakládají se u nich květní primordia, která jsou v zimním období chráněna odumřelou hmotou vlastních i cizích odnoží. Na jaře dalšího roku začne rychlý vývoj generativní odnože. Po vysemenění nadzemní část odnoží postupně zasychá a bazální část se aktivuje k druhotnému odnožování vytvářením apogeotropních i diageotropních pupenů. Úplný malý životní cyklus trvá 24 měsíců, neúplný může trvat 6 nebo 13 měsíců (bývá ukončen zimním obdobím, po němž růstový vrchol není znovu aktivován)(Soukupová, 1986).

2.2.4 Tvorba biomasy

Dynamika tvorby nadzemní biomasy je závislá na faktorech vnějšího prostředí. Mezi hlavní vnější faktory mající vliv na produkci biomasy ostřice štíhlé je míra zamokření a zaplavení. V práci Květa (Květ a kol., 2002) byla zjištěna vyprodukovaná biomasa ostřice štíhlé až 480 $g.m^{-2}$ v letech, kdy půda byla více zamokřená v důsledku vyšší hladiny spodní vody. Naopak v suších letech se vyprodukovaná sušina pohybovala řádově okolo 150-250 $g.m^{-2}$ a v porostu převažovala tráva *Calamagrostis canescens.* Pokud je ale ostřice štíhlá delší dobu zaplavená, včetně nadzemních částí, tak z porostu ustupuje. Kuncová (Kuncová, 2009) uvádí, že během let 2005-2008 docházelo ke každoročnímu zvyšování nadzemní biomasy ostřice štíhlé. Tento fakt dává do souvislosti s regenerací porostu po delších záplavách v roce 2002 a poté v roce 2006. Dalším vnějším faktorem, který ovlivňuje produkci biomasy, je mechanické poškození (sešlap), který u rostlin vyvolává stres. Vliv sešlapu na porost ostřice štíhlé lze pozorovat v lokalitě Mokrých luk podél lávek, kde došlo k ustoupení ostřicového porostu vlivem občasného sešlapu (Kuncová, 2007).

Podle Soukupové (Soukupová, 1986) ostřice štíhlá dosahuje maximální hodnoty sušiny na Mokrých loukách na přelomu června a července, potom postupně sušina připadající na $1m^2$ klesá, což souvisí s postupným odumíráním generativních odnoží, ale vegetativní odnože stále rostou. Kuncová (Kuncová, 2009) uvádí maximální vyprodukovanou sušinu v polovině června, tedy dříve, než uvádí Soukupová.
Kuncová (Kuncová, 2007) naopak zjistila maximální hodnotu vyprodukované sušiny ostřice štíhlé oproti Soukupové až v polovině července, tato hodnota činila 244 $g.m^{-2}$. Opožděný termín dosažení maximální hodnoty sušiny je zaviněn hydrologickým režimem v daném roce (2006), kdy Mokré louky byly postiženy povodněmi.

3. Popis studované lokality

3.1 Třeboňsko

Třeboňsko se vyvíjelo ve starších geologických dobách i v celém holocénu odlišně od ostatních oblastí České republiky. Ve 12. století začala kolonizace této oblasti, obyvatelstvo dotvářelo krajinný systém optimálním rozmisťováním sídel, účelným vytýčením hospodářských aktivit a úpravou povrchových vod (Jeník a kol., 1975 in Jeník, 2000). Vodohospodářský systém, který určil krajinný charakter Třeboňské pánve, byl položen v 15. a 16. století. Hlavní období výstavby rybniční soustavy začíná v 16. století, především za vlády Viléma a Petra Voka, pánů z Růže, kdy na Třeboňsku působili stavitelé Josef Štěpánek Netolický, Mikuláš Rudhard z Malšova a Jakub Krčín z Jelčan a Sedlčan (Pohl, 2000).

Třeboňsko a hlavně Třeboňská pánev patří k oblastem s největším zastoupením mokřadů v rámci střední Evropy. Mokřady tvoří nejméně 20% z rozlohy CHKO/BR Třeboňsko a přesahují hlavně do Veselských blat (Květ, 2000). Významným fenoménem této krajiny jsou zejména rybníky. Na území CHKO Třeboňsko se vyskytuje okolo 500 rybníků (Bureš, 2000).

Třeboňsko bylo prohlášeno v roce 1977 biosférickou rezervací, v roce 1979 chráněnou krajinnou oblastí. Zároveň s vyhlášením statutu CHKO Třeboňsko byla zřízena Správa CHKO Třeboňsko, jejíž činnost byla po založení velmi aktivní a dosti rychle proběhly první kroky zviditelňující její práci, např. zřízení naučných stezek „ Červené Blato“ a „Cesta kolem Světa“ (Přibil, 2000). Na území CHKO je dnes 31 maloplošných chráněných území v katerogiích přírodní rezervace, přírodní památka, národní přírodní rezervace a národní přírodní památka o celkové rozloze 3915,6 ha a jsou v nich zastoupeny všechny cenné a pro Třeboňsko typické biotopy (Bureš, 2000).

Na Třeboňsku se vyskytují též dva mokřady mezinárodního významu. Jsou to Třeboňské rybníky o rozloze 10 165 ha, které byly zapsány do seznamu Ramsarské úmluvy v roce 1990, a Třeboňská rašeliniště o rozloze 1100 ha, zapsaná v roce 1993. V České republice je zařazeno do Ramsarské úmluvy 10 lokalit (Chytil a kol., 1999).

Třeboňsko patří také do celosvětově významných ptačích uzemí. Hnízdí zde více než 150 druhů ptáků. Z celosvětově ohrožených druhů jsou to orel mořský, chřástal polní a polák malý, jehož hnízdění zde však nebylo od šedesátých let prokázáno. Třeboňsko je jednou z nejdůležitějších oblastí pro vodní ptáky ve střední Evropě. Přes veškerou ochranu se Třeboňsko z hlediska ochrany ptáků potýká s řadou problémů. Hlavním problémem jsou metody obhospodařování rybníků, zejména vysoké rybí obsádky, hnojení a manipulace s vodní hladinou (Hora, 2000). Hmotnost obsádky kaprů je překračována až trojnásobně, hnojení chlévskou mrvou vzrostlo během sedmdesátých a osmdesátých let o 90% resp. 360% (Bureš, 2000). Výsledkem je nedostatek potravních zdrojů pro vodní ptáky, ubývání litorálních porostů, zaplavování hnízd či umožnění přístupu predátorů ke hnízdu při jarních výlovech (Hora, 2000).

Dalším významným problémem je zde eutrofizace prostředí, jejímž důsledkem je rychlá vegetační sukcese na neobhospodařovaných plochách (Hora, 2000). Rozmohly se velkochovy prasat. Rybníky a vlhké louky se staly odkladištěm prasečí kejdy, což výrazně zvýšilo eutrofizaci rybníků (Bureš, 2000).

3.2 Mokré Louky u Třeboně

3.2.1 Geografická charakteristika

Mokré louky se nacházejí na východním okraji Třeboně v širokém pruhu od zámeckého polesí směrem k rybníku Rožmberk. Zaujímají plochu 450 ha. Tato plocha je překryta vrstvou humolitů, které se vytvořily v holocénu z přirozeně konzervovaných zbytků slatinišť, olšin a vrchovišť (Jeník, 1983).

Mokré louky jako celek prodělaly opakované vodohospodářské úpravy. Nejvýznamnější jsou díla Mikuláše Rudharta, Štěpánka Netolického a Jakuba Krčína. Odvodňovací systémy přetvořily původní hydrografickou síť severně od Rožmberka. Prostřední stoka se drží nejblíže linie původního potoka v ose Mokrých luk (Jeník, 1983). V současnosti jsou Mokré louky odvodňovány odvodňovacími kanály, které jsou kolmo napojeny na Prostřední stoku a rozdělují tuto lokalitu na třináct pruhů (Filipová, 2006).

3.2.2 Geologická charakteristika

Podloží humolitů Mokrých luk je tvořeno převážně čtvrtohorními fluviálními písky, hlouběji jsou uloženy nepropustné jíly klikovského souvrství, které vystupují k povrchu u velkovýkrmny Gigant a u samoty Sv. Vít (Jeník, 1983). Díky málo propustnému podloží byla oblast dnešních Mokrých luk pozdního glaciálu trvale střediskem mokřadů, které byly napájeny deštěm, povrchovými vodami a výstupnými prameny. V tomto neodvodněném prostředí se vyskytovala vodní a bažinná vegetace, jež hromadila vrstvy slatiny, které byly výjimečně až 9 m vysoké (Jeník, 1983).

3.2.3 Klimatická charakteristika

Pro Třeboň je charakteristický kontinentální charakter ročního chodu srážek, tj. většina srážek spadne během vegetačního období. Mezi dubnem a zářím spadne 68% ročního úhrnu srážek, z toho 42% v letních měsících (Pokorný, Kučerová, 2000). Toto je důležité z ekologického i hydrologického hlediska. Rostliny v mezických biotopech na obvodu mokrých luk mají dostatek vláhy během vegetace, naopak mokřadní biotopy jsou postihovány opakujícími se záplavami (Jeník, 1983). Makroklima Třeboňska je suboceánické. Zimy jsou mírné a letní maxima jsou nevýrazná. Průměrná roční teplota je 7,4° C , což je vyšší hodnota než by odpovídalo dané nadmořské výšce (Jeník, 1983).

Teplota v zimě za radiačního počasí se zvyšuje od úsvitu do 14 hodiny. Během této doby se snižuje relativní vzdušná vlhkost z 95% na 35%. Během zataženého dne jsou výkyvy nižší. Teplotní výkyvy během dne a noci činní necelých 10° C a relativní vlhkost vzduchu během dne klesá jen o 20% . Během radiačního počasí v létě teplota během dne vystoupí až o 20° C a relativní vzdušná vlhkost klesne až o 60%. Při zataženém letním dni bývá teplotní amplituda okolo 10° C a amplituda relativní vzdušné vlhkosti 35%. V druhé polovině noci bývá na Mokrých loukách teplota při zemi pod bodem mrazu (Jeník, 1983).

3.2.4 Botanická charakteristika

Na Mokrých loukách se plošně i časově střídaly ekosystémy rákosin, ostřicových slatinišť, vrbin a olšin (Jankovská ms. in Jeník, 1983). V současné době se zde vyskytují mimořádně diverzifikovaná rostlinná společenstva, které mají různý charakter i úživnost. Vyskytují se zde nepravidelně kosené vlhké a mezofilní louky, které navazují na porosty vysokých ostřic. Roztroušeně se zde vyskytují bažinné vrbiny (Chytil a kol., 1999).

V sušších částech Mokrých luk se na místě původních vlhkých luk nyní více uplatňují nepůvodní a synantropní druhy jako například kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), pýr plazivý (*Elytrigia repens*), jitrocel větší (*Plantago major),* šťovík tupolistý (*Rumex obtusifolius),* šťovík kadeřavý (*Rumex crispus*), kostival lékařský (*Symphytum officinale*), svízel přítula (*Galium aparine),* lipnice roční (*Poa annua*), hluchavka nachová (*Lamium purpureum*) a jiné (Filipová, 2006).

Ve vlhčích částech stále převažují typické mokřadní druhy, jakými jsou např. ostřice štíhlá *(Carex acuta L.),* ostřice měchýřkatá *(Carex vesicaria*), třtina šedavá *(Calamagrostis canastens),* chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), zblochan vodní (*Glyceria maxima*), pryskyřník plamének *(Ranunculus flammula),* pryskyřník plazivý *(Ranunculus repens),* vrbina obecná *(Lysimachia vulgaris),* šišák vroubkovaný (*Scutellaria galericulata),* kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*), barborka obecná (*Barbarea vulgaris),* křehkýš vodní (*Myosoton aquaticum),* svízel bahenní *(Galium palustre),* sítina niťovitá *(Juncus filiformis),* lipnice bahenní *(Poa palustris),* a pomněnka bahenní *(Myosotis palustris).* V nekosené části Mokrých luk, v blízkosti rybníka Rožmberk, kde se vyskytuje trvalé zamokření do výšky cca 10 cm, se vyskytují rostlinné druhy, kterými jsou rákos obecný (*Phragmites australis),* puškvorec obecný (*Acorus calamus*) a v menší míře také kosatec žlutý *(Iris pseudocorus)* (Filipová, 2006).

Květ a kol. (2002) prováděli během let 1976-1986 výzkum na nekosené ploše ostřicového společenstva. Výsledkem tohoto výzkumu byla zjištěná koexistence mezi druhy ostřicí štíhlou *(Carex acuta L.)* a třtinou šedavou *(Calamagrostis canescens).* Tento vztah se projevuje v dominantním zastoupení těchto druhů v porostu a tedy i produkcí jejich biomasy v závislosti na vláhových podmínkách. Během tohoto výzkumu byla v letech 1976-1980 vysoká hladina rybníka Rožmberka a díku tomu i vyšší míra zamokření půdy na stanovišti. Druhy rodu *Carex* jsou závislé na vlhkosti stanoviště, pro to v roce 1980 byla nejvyšší biomasa tohoto rodu. Třtina šedavá preferuje sušší stanoviště. Z tohoto důvodu se vyskytovala více v období mezi lety 1981-1986, kdy došlo k poklesu hladiny Rožmberka.

3.2.5 Zemědělská charakteristika

Vlivem blízkého města, zemědělství a vodohospodářských úprav byl pozměněn charakter rostlinného krytu této lokality. Došlo k vykácení rašelinných borů, jedlin, olšin a vrbin, a na jejich místech vznikly vlhké louky, jejichž sušší části byly využívány pro pastvu a travaření. Málo kvalitní rašelina a slatina nebyly příliš mnoho těženy. Zemědělci usilovali o zvětšení plochy využitelné půdy, a proto zasypávali Mokré louky ornicí a rumem ze zbořenišť (Jeník, 1983). Tyto mokřadní porosty byly využívány jako stelivové louky, nebo i k jiným účelům (čalounictví, siláž). Vždy byla ale problematická sklizeň. Pro možnost pícninářského využití bylo potřeba tuto lokalitu odvodnit (Rychnovská a kol., 1985). Z významných druhů vyskytujících se v této lokalitě by se dala jako píce využít chrastice rákosovitá (Tetter, 1983).

3.2.6 Výzkum

Botanický, zoologický (především ornitologický), hydrobiologicko-rybářský a rašelinářský výzkum mokřadů má na Třeboňsku dlouhou tradici. Tu podpořilo a upevnilo nejprve zapojení výzkumu rybničních pobřežních ekosystémů do prvního světově koordinovaného studia mokřadů v Mezinárodním biologickém programu (IBP, 1965-1974) a poté výzkumu ostatních typů mokřadů do programu UNESCO Člověk a biosféra (Mab, od r. 1976). Vyhlášení BR Třeboňsko a zařazení jejích vybraných částí mezi Mokřady mezinárodního významu podpořilo mezinárodní význam Třeboňska jako území poskytujícího cenné poznatky o struktuře a funkci mokřadních ekosystémů a biocenóz. Od roku 1985 se na Třeboňsku koná část Limnologického kurzu UNESCO věnovaná rybníkům a jiným mokřadům, pořádaná Botanickým ústavem a dalšími ústavy AV ČR (Květ, 2000).

CHKO/BR Třeboňsko patří z ekologického hlediska k nejlépe probádaným územím ČR. Ekologický výzkum měl nejprve praktický význam (hlavně v rybníkářství, lesnictví, rašelinářství), pak začal probíhat základní výzkum v oblastech geobotaniky, hydrobotaniky, limnologie, ornitologie, entomologie aj. Dlouhodobý ekologický výzkum na Třeboňsku je zařazen do mezinárodního programu LTER (Long-Term Ekological Research) a v letech 1998 až 2000 byl podporován Grantovou agenturou České republiky. Měření bioklimatologická a hydrologická mají největší vypovídací hodnotu, probíhají-li souvisle ve dlouhých časových řadách a měření tak má povahu ekologického monitorování (Květ, Straškrabová, 2000).

Intenzivní integrovaný výzkum probíhá v nejsevernější části Mokrých luk, při jižním zálivu Rožmberka. Toto místo je dáno souřadnicemi 14° 46´ 20´´ východní délky a 49°01´30´´ severní šířky s průměrnou nadmořskou výškou 426,5 m (Jeník, 1983). Na této lokalitě se provádějí základní měření meteorologických prvků již od roku 1976. Z meteorologické stanice jsou k dispozici jednak hodinová data globálního a difúzního záření, délky slunečního svitu, teploty a vlhkosti vzduchu. Dále jsou zde měřeny denní hodnoty srážek, výšky čerstvé a celkové sněhové pokrývky, teploty půdy v různých hloubkách a hloubka promrzání půdy, kolísání hladiny podzemní vody (Pokorný, Kučerová, 2000).

Tato více než 30 let dlouhá řada meteorologického pozorování je ojedinělá zejména tím, že stanice je umístěna přímo v přirozeném rozsáhlém mokřadním prostoru. Naměřené údaje nejsou ovlivněny městskou zástavbou a představují tak dlouhodobé mikroklimatické podmínky v reálném mokřadním ekosystému (Pokorný, Kučerová, 2000).

Na výzkum koordinovaný botanickým ústavem AV ČR v roce 2003 navázal ústav krajinné ekologie (od roku 2005 ústav systémové biologie a ekologie) AV ČR. Na lokalitě instaloval automatickou meteorologickou stanici a systém měření výměny CO_2 mezi atmosférou a ekosystémem metodou eddy-kovariance. Těžištěm současného výzkumu je uhlíková bilance v mokřadu. Součástí tohoto výzkumu je i tato bakalářská práce.

4. Metody

4.1 Principy růstové analýzy

Růstová analýza je soubor metod, které slouží ke zjišťování přirůstání rostlinné hmoty pomocí jejich postupných odběrů v několikadenních až několikatýdenních intervalech. Její výhodou je to, že se využívají snadno zjistitelné hodnoty čisté produkce (tj. např. hmotnost sušiny) a rozměrů asimilačního ústrojí (tj. obvykle listová plocha). Z uvedených hodnot a jejich časových změn se vypočítávají hodnoty charakterizující blíže produkční proces v závislosti na vnitřních a vnějších podmínkách (Nečas, Květ, 1966).

Obrat biomasy je definován jako rychlost, jíž se obnovuje biomasa určitého organismu nebo více organismů, tedy např. rostlin tvořících porost. Udává poměr mezi produkcí a biomasou. Rychle rostoucí organismy s malou biomasou jako např. řasy mají velký obrat (Larcher, 1988).

4.1.1 Destruktivní a nedestruktivní zjišťování nadzemní biomasy

Množství nadzemní biomasy je možno určit mnoha způsoby, které lze rozdělit do dvou hlavních směrů. Jsou jimi destruktivní a nedestruktivní stanovení nadzemní biomasy. Růstová analýza se nejčastěji provádí na vzorcích, které byly odebrány destruktivně. To znamená, že tato analýza spočívá v jednorázové sklizni rostlinných vzorků, které se vysušují do konstantní hmotnosti při teplotě 80-85 °C a pak se váží vyprodukovaná sušina. U destruktivních odběrů ale pokaždé měříme jiné rostliny, a proto výsledky ovlivňuje také variabilita mezi nimi.

Biomasa se stanovuje jednak přímo váhově či stanovením obsahu vody, chlorofylu, dusíkatých látek apod. Destruktivní váhová metoda umožňuje poznat podrobnou strukturu porostu, jednotlivé populace rostlin i individua s minimálním technickým vybavením (Rychnovská a kol., 1987). Do technického vybavení patří rám k vymezení odběrové plošky, metr, nůžky, pinzeta, papírové sáčky, elektrická sušárna a laboratorní váhy (Rychnovská a kol., 1987). Získaný materiál či jeho dílčí vzorek lze dále použít i pro další měření, jakými mohou být např. velikost asimilačního aparátu, stanovení obsahu chlorofylu, k chemickým analýzám a ke stanovení energetické hodnoty biomasy. Při provádění destruktivních odběrů je potřeba vždy vybírat takové plošky, které jsou typické pro daný porost. Velikost odběrových plošek se zvyšuje úměrně s maximální výškou porostu (Rychnovská a kol., 1987). V této lokalitě se při destruktivních odběrech volila velikost odběrové plošky 0,25m^2 v osmi opakováních (Kuncová 2009, Hovorka 2010).

Nedestruktivní zjišťování nadzemní biomasy se provádí bez porušení rostlinné pokrývky, přičemž se používá prostého odhadu, analogie s paralelními vzorky nebo fenometrické měření. Dalšími nedestruktivními metodami jsou např. vpichová metoda a zjišťování množství biomasy podle spektrálního složení při dálkových průzkumech Země (Rychnovská a kol., 1987).

Významná metoda, která se uplatňuje při nedestruktivních měřeních je prováděna na základě alometrických vztahů. Alometrie je studium relativního růstu, při kterém se zjišťují kvantitativní změny orgánů vzhledem k jiným orgánům nebo k celému organismu (Rychnovská a kol., 1987). Alometrické vztahy představují logaritmickou či exponenciální závislost mezi růstem a biometrickými prvky, např. mezi výškou a hmotností. Na základě zjištěných alometrických vztahů se pak určují produkční charakteristiky studovaných rostlin.

4.1.2 Veličiny odvozené z měření hodnoty sušiny

Základními veličinami, které jsou odvozené z měření sušiny, jsou produktivita (CGR) a relativní rychlost růstu (RGR). Produktivita vyjadřuje přírůstek produkce za určité období vztažený na jednotku plochy porostu. Produkcí se pak rozumí práce asimilující rostliny nebo porostu a lze ji vyjádřit množstvím vytvořené celkové sušiny nebo její definovatelné části. Produkce se dále člení na hrubou produkci (která představuje celkovou produkci sušiny, včetně té, která byla prodýchána nebo jinak vydána, např. odumřením a opadem částí rostlinných orgánů) a čistou produkci (kterou si lze představit jako produkci celkovou po odečtení produkce hrubé). Produktivita (C) má význam především u porostů. Zjišťujeme-li přírůstek biomasy sušiny živých částí porostů, volíme pro C výraz rychlost růstu porostu (Nečas, Květ,1966).
Rychlost růstu porostu lze vypočítat z následujícího vztahu:

$$c = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \times \frac{1}{p} \left[g \times m^{-2} \times čas^{-1} \right]$$

kde *P* znamená velikost plochy porostu, na které jsme zjišťovali W1 a W2.
W = sušina, t = čas.

Relativní rychlost růstu (RGR) vyjadřuje hmotnostní přírůstek sušiny za daný časový interval. Měření se provádí na reprezentativních vzorcích odebíraných z populace (Nečas, Květ, 1966). RGR lze vypočítat za vztahu:

$$R = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

4.1.3 Veličiny odvozené z měření listové plochy

Veličiny odvozené z měření listové plochy jsou pokryvnost listoví (LAI), poměrná olistěnost (LAR) a integrální listová plocha (LAD).

a) Pokryvnost listoví (LAI), je veličina vyjadřující vztah mezi listovou plochou porostu a rozlohou půdy, jež tomuto porostu připadá. Teoreticky je LAI optimální tehdy, zachycují-li v porostu listy fotosynteticky aktivní záření tak, že osvětlení nejspodnějších listů je těsně nad jejich kompenzačním bodem (Nečas, Květ, 1966).

b) Poměrná olistěnost (LAR) představuje poměr listové plochy k celkové hmotnosti sušiny, tedy vyjadřuje mohutnost listové plochy. Poměrná olistěnost reaguje velmi plasticky na podmínky vnitřní (např. stáří listů a jejich poloha na rostlině) i vnější (např. zastínění, vlhkost stanoviště) (Nečas, Květ, 1966). Poměr listové plochy k celkové sušině je možno rozložit na dvě složky, a to poměr listové plochy ku váze sušiny listů (specifickou listovou plochu) *(A/Wl)* a váhový podíl sušiny listů na sušině celé rostliny *(Wl/ W)*. Součin těchto hodnot dává komplexní hodnotu *A/Wl*Wl/W= A/W*. Obě její složky jsou dobrými ukazateli reakce rostlin na odlišné podmínky změnou ve stavbě fotosyntetického aparátu (Nečas, Květ, 1966) .

c) Integrální listová plocha (LAD) vyjadřuje schopnost rostlin udržet vytvořenou listovou plochu, a tak pokrývat jim připadající rozlohu půdy a dále i schopnost regenerace po poškození nepříznivými činiteli (Nečas, Květ, 1966).

4.2 Postup vlastní práce

Během vegetace roku 2009 (od dubna do listopadu, v sedmi odběrech) jsem zjišťovala vybrané růstové charakteristiky ostřice štíhlé (*Carex acuta L*). Tato práce spočívala v několika bodech.

4.2.1 Zaznamenávání přírůstků délky odnoží

Měření délky odnoží jsem prováděla po celou dobu vegetace na stejných odnožích, které rostly v pěti různých bultech. První bult (A) byl starý, se špatně a na stranu vedeným kořenovým systémem. Hrozila u něj možnost přisušení. Většina odnoží byla v generativní fázi. Druhý (B) a třetí (C) bult byly dobře zakořeněné, většina odnoží byla v druhém roce svého životního cyklu, bulty byly starší. Zbylé dva bulty (D, E) byly mladé, odnože byly ve druhém roce svého životního cyklu. Bult B byl do měření zahrnut dodatečně až při 2. odběru, kdy se ukázal netypický vývoj bultu A. U odnoží bultu B tedy neproběhlo první měření délek odnoží. U všech odnoží na těchto bultech jsem měřila délku odnože od báze po špičku nejdelšího listu. Bulty jsem kvůli snazší orientaci v porostu označila kůlkem (dřevěným či plastovým) a jejich obvod ohraničila barevným provázkem.

4.2.2 Vztah mezi délkou a sušinou odnoží

U dalších odnoží, které rostly mimo sledované bulty, jsem měřila délku a zjišťovala hodnotu sušiny. U těchto odnoží byla vytvořená nadzemní biomasa zjišťována destruktivním způsobem. Vzorky odnoží jsem vybírala tak, aby byly podobné odnožím v měřených bultech, tedy v generativní i vegetativní fázi životního cyklu, o srovnatelné délce a hmotnosti. Počet vzorkových odnoží se vždy pohyboval v množství nad 30 kusů s výjimkou prvního odběru, kdy byl počet odnoží 20 kusů. Příprava před sušením spočívala v rozčlenění odnože na suché listy, květy a zbytek rostliny. Tyto části jsem od třetího odběru sušila odděleně. Z alometrických vztahů mezi délkou a sušinou odebraných odnoží jsem stanovila sušinu odnoží, jejichž délky jsem zjišťovala po celou vegetační sezónu (viz 4.2.1).

4.2.3 Sledování usychání, opadu a tvorby listů

Na dalších bultech jsem označila 22 odnoží, na nichž jsem pozorovala rychlost opadu a usychání listů. Označila jsem nejdelší list na odnoži a zjistila pořadí, ve kterém byl vytvořen. Označení bylo dvojího typu: jednak prostřednictvím zvláštního vystřihnutí špičky listu a jednak označením úzkou izolepou. Kromě označení nejdelšího listu jsem v době prvního měření zjistila celkový počet listů a poznamenala si životní fázi. U generativních odnoží jsem označení listu neprováděla, jelikož v roce, kdy ostřice štíhlá kvete, už nevytváří nové listy.

5. Výsledky

5.1 Sezónní průběh počtu odnoží jednoho bultu

Výsledky měření počtu odnoží ve vybraných bultech jsou uvedeny v tabulkách č.1 a č.2. Z těchto tabulek je též patrný poměrně prudký úbytek odnoží mezi třetím a čtvrtým odběrem (tedy od 4.6 do 20.7 2009). Tento úbytek byl zapříčiněný povodněmi.

Generativní odnože se vyskytovaly jen na bultech A, B a C – i když na tomto bultu jen v počtu 1 kusu. Množství generativních odnoží se začínalo již od června snižovat a od srpna se již žádné živé generativní odnože nevyskytovaly (tabulka č.1).

Tabulka č.1 : Počet generativních odnoží na sledovaných bultech během vegetace roku 2009

datum odběru	bult A	bult B	bult C	bult D	bult E	celkem
23.4	11	neměřeno	0	0	0	11
14.5	11	6	1	0	0	18
4.6	8	5	1	0	0	3
20.7	2	1	0	0	0	1
13.8	1	0	0	0	0	0
14.9	0	0	0	0	0	0
20.11	0	0	0	0	0	0

Počet vegetativních odnoží byl největší v červnu, jejich celkový počet činil 153 kusů. Od července do září byl jejich počet velice vyrovnaný. Poté začaly ukončovat vegetaci a usychat, v listopadu se vyskytovaly již odnože nové (tabulka č.2).

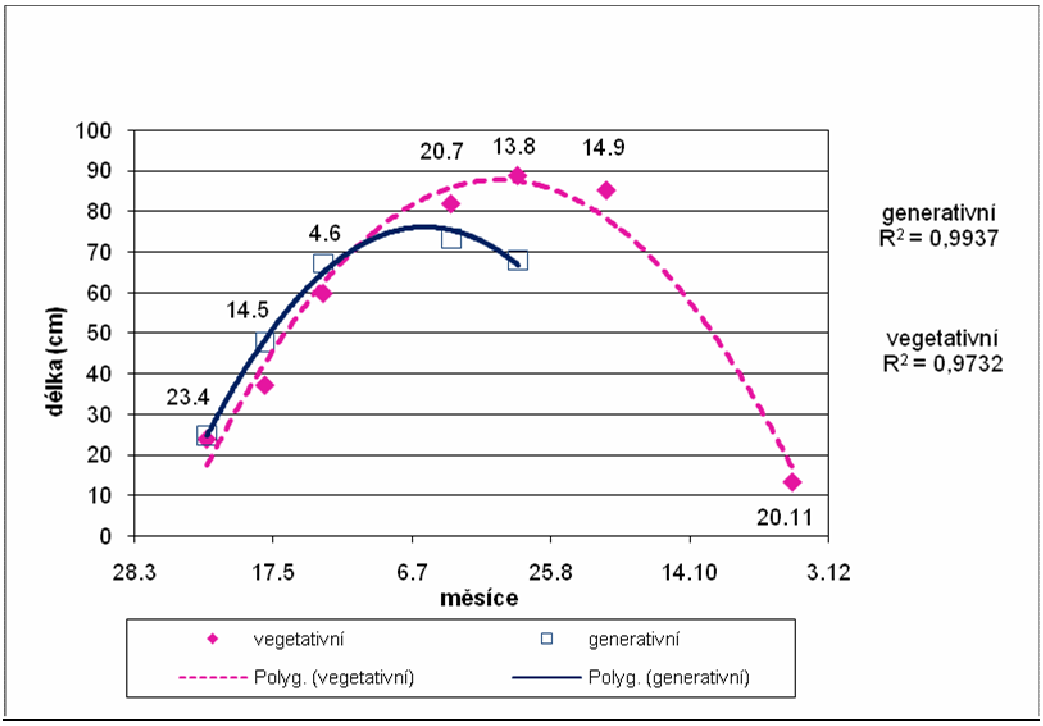
Tabulka č.2 : Počet vegetativních odnoží na sledovaných bultech během vegetace roku 2009

datum odběru	bult A	bult B	bult C	bult D	bult E	celkem
23.4	8	neměřeno	17	19	9	53
14.5	32	27	35	19	10	123
4.6	53	39	32	19	10	153
20.7	40	17	31	10	8	106
13.8	43	17	29	14	6	109
14.9	39	24	29	11	8	111
20.11	9	10	17	4	1	41

5.2 Dynamika růstu odnoží

Sezónní průběh průměrné délky vegetativních a generativních odnoží je uveden na grafu č.1. Podkladová data pro graf jsou shrnuta v přílohách č. 1. a č. 2.
Nejkratší generativní odnože se vyskytovaly na bultu A, který byl starý a měl na stranu vedený kořenový systém. Nejdelší generativní odnože rostly na bultu B. Maximálních délek dosahovaly odnože v červenci, poté začaly usychat špičky listů (příloha č. 1). Nejkratší vegetativní odnože se vyskytovaly na bultu A. Nejdelší odnože byly na bultech D a E, které byly mladé, pouze s vegetativními odnožemi (příloha č.2).

Z grafu č.1 je patné, že na počátku vegetace generativní odnože dosahovaly větších délek oproti odnožím vegetativním. Toto se změnilo během června, kdy kvetoucí odnože začaly pomalu usychat. V září se živé generativní odnože již nevyskytovaly. Polynomické proložení dat vyhovovalo lépe než lineární, mocninné či exponenciální. Determinační koeficient (R^2) polynomického proložení dat sezónního chodu průměrné délky generativních odnoží byl 0,9937 u vegetativních odnoží činil 0,9732. To znamená, že 99% sezónní variability v délce generativních a 97% sezónní variability v délce vegetativních odnoží bylo vysvětleno těmito vztahy. U jiných typů proložení byly determinační koeficienty vždy nižší.



Graf č.1: Průměrné délky vegetativních a generativních odnoží během vegetace roku 2009

Během vegetační sezóny roku 2009 byla zjištěna jiná dynamika růstu pro tři různé skupiny odnoží ostřice štíhlé. Těmito skupinami jsou *a)* generativní odnože – založené na podzim před dvěma lety, *b)* jarní vegetativní odnože – založené na podzim předchozího roku, *c)* podzimní vegetativní odnože.

Nejvíce generativních odnoží se vyskytovalo na bultu A, který byl z mnou pozorovaných bultů nejstarší. Na ostatních bultech se generativní odnože vyskytovaly jen na bultu B, kde jich bylo také poměrně značné množství. Na tomto bultu ale neproběhlo první měření, s jeho sledováním jsem začala až v polovině května roku 2009. Na bultu C se vyskytovala pouze jedna generativní odnož. Dynamiku růstu generativních odnoží budu tedy posuzovat pouze na základě měření odnoží, které rostly v těchto bultech.

Generativní odnože mají na počátku vegetace velice rychlý vývoj, který je podmíněný vzrůstem teploty. Rychlost růstu je podstatně intenzivnější, než je tomu u vegetativních odnoží. Při prvním odběru, který se uskutečnil 23. dubna, nebyly rozdíly mezi generativními a vegetativními odnožemi příliš patrné. Délka se u nich pohybovala okolo 25 cm. Velké rozdíly byly pozorovány při druhém odběru 14. května. Generativní odnože (40-50 cm) byly v porovnání s vegetativními odnožemi (30-40 cm) o cca 1/3 vyšší. Tento rozdíl je dán tím, že v tomto období generativní odnože vstupují do fáze kvetení. Generativní odnože vyčnívají nad porost a jejich květy jsou tak přístupné větru, který je opyluje. V tomto období je i hodnota sušiny v porovnání s vegetativními odnožemi dvojnásobná. Na počátku června došlo opět k prudkému nárůstu hodnoty sušiny i délky generativních odnoží. Prodloužily se cca o 20 cm a sušina vzrostla o 0,2-0,3 g na jednu odnož. Byly však stále delší a těžší než odnože vegetativní. V tomto období u generativních odnoží probíhá nejintenzivnější růst listové plochy, zvyšuje se fotosyntéza. Rostlina má tak dostatek energie pro tvorbu semen. Při měření v druhé dekádě července byl zjištěn prudký úbytek generativních odnoží vlivem povodní. Odnože, které tuto povodeň přežily, měly již obdobné parametry jako vegetativní odnože. V následném odběru se u generativních odnoží snižovala hodnota sušiny i délka, došlo k ukončení tvorby semen a ta se začala vysemeňovat, postupně začaly odumírat a odpadat špičky listů. Od tohoto odběru, který probíhal v polovině srpna, se už žádné živé generativní odnože nevyskytovaly.

Růst vegetativních odnoží jsem pozorovala na bultech A - E. Na bultu A dosahovaly nejnižší délky i hodnoty sušiny, opačně tomu bylo u bultů D a E. Během vegetace u vegetativních odnoží docházelo k postupnému prodlužování, zvyšování hodnoty sušiny i tvorby listů. Dosažená délka i hodnota sušiny byla maximální v srpnu. Během vegetace se také zvyšovalo i množství měřených odnoží. (Neměřeny byly předtím zřejmě proto, že byly ukryty v nahromaděné stařině bultu nebo se jednalo už o odnože podzimní kohorty, které se vyskytovaly v porostu od července.) Maximální počet odnoží byl naměřen v červnu (153). Při měření v červenci došlo k poklesu počtu odnoží (106) vlivem povodní, stejně jak tomu bylo u odnoží generativních. Délkové přírůstky se pohybovaly mezi prvním a druhým odběrem okolo 10 cm, mezi druhým a třetím okolo 20 cm, třetím a čtvrtým téměř okolo 30 cm. Mezi čtvrtým a pátým odběrem růst stále pokračoval, snížila se ale jeho intenzita a přírůstek byl do 10 cm. Mezi pátým a šestým odběrem (13.9) došlo ke snížení délky vegetativních odnoží. Špičky listů začaly usychat. Při posledním

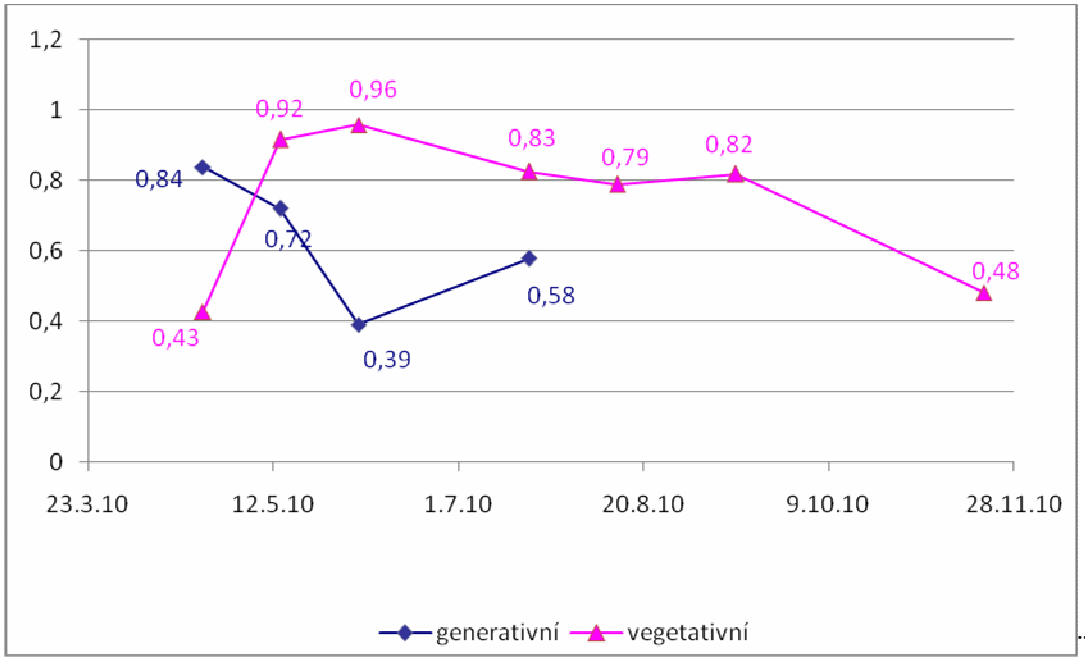
měření, které proběhlo vlivem povodní opožděně až 20.11 nebyly nelezeny žádné živé jarní vegetativní odnože.

Odnože podzimní kohorty byly poprvé pozorované při odběru prováděného 20.7.2009. Na bultu A se vyskytovalo 11 odnoží této kohorty. Při zářijovém odběru se počet odnoží na bultu A nezměnil. Na bultu C se vyskytovalo 5 odnoží. Na ostatních bultech se tyto odnože nevyskytovaly.

Při posledním odběru byly pozorovány již podzimní odnože, které se zakládají v průběhu srpna a během podzimu vyrůstají do malých délek. Těchto odnoží se vyskytovalo na bultu A 9 kusů, na bultu B 10 kusů. Na bultu C byl jejich počet maximální, činil 17 kusů. Na bultech D a E se těchto odnoží vyskytovalo malé množství. Na butlu D čtyři kusy a na bultu E pouze v počtu jednoho kusu. Sušina se u těchto odnoží pohybovala v rámci setin gramu.

5.3 Vztah mezi délkou a sušinou odnoží

Sezónní chod determinačního koeficientu vztahu mezi výškou a sušinou pro generativní a vegetativní odnože je znázorněn na grafu č.2. Podkladová data pro vztah mezi délkou a sušinou v jednotlivých odběrech u generativních a vegetativních odnoží jsou shrnuta v přílohách č. 3 až č. 9.

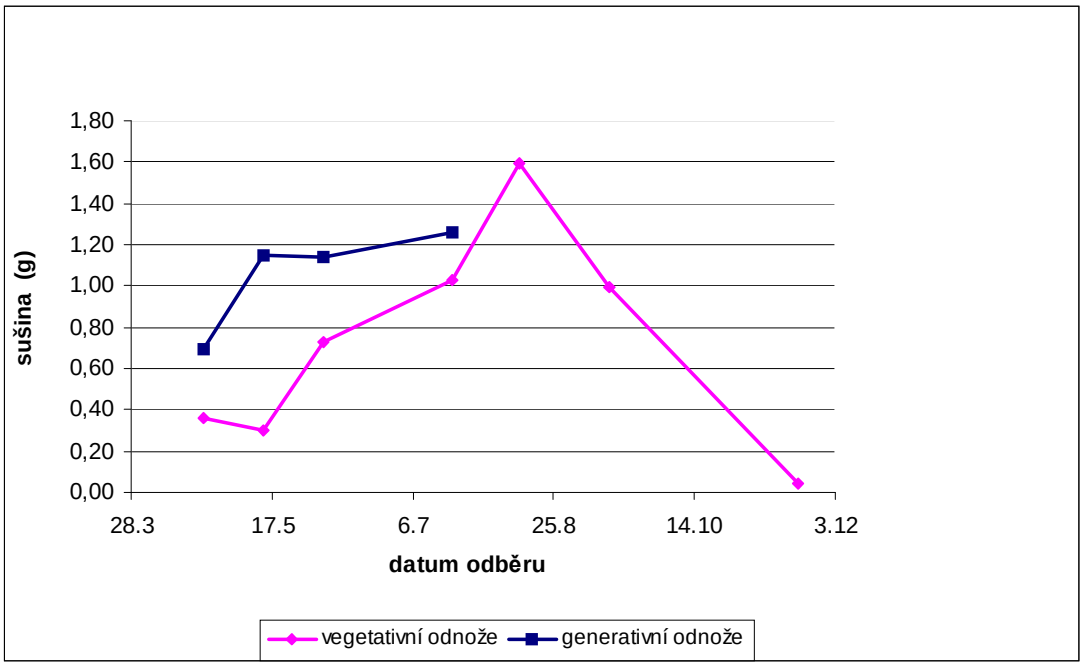


Graf č.2: Souhrnný determinační koeficient generativních a vegetativních odnoží

Z grafu č.2 je patrný pokles R^2 u generativních odnoží v druhém a třetím odběru. Ve čtvrtém odběru došlo k mírnému zvýšení. Při prvním odběru byl R^2 u generativních odnoží 0,838. V tomto odběru jako v jediném hodnota R^2 generativních odnoží převyšovala R^2 vegetativních odnoží. Od čtvrtého odběru se žádné živé generativní odnože už nevyskytovaly.

U vegetativních odnoží byl průběh chodu R^2 zcela opačný, tedy nejmenší hodnoty dosahoval v prvním odběru. Od druhého odběru dosahovaly vegetativní odnože již poměrně stabilní hodnoty R^2. Ten se pohyboval v intervalu 0,78 (pátý odběr) až 0,95 (třetí odběr). Při posledním měření byl pokles hodnoty R^2 prudký, činil 0,48. Tento pokles byl zapříčiněný tím, že všechny letošní odnože byly již suché a měření probíhalo na nových mladých odnožích.

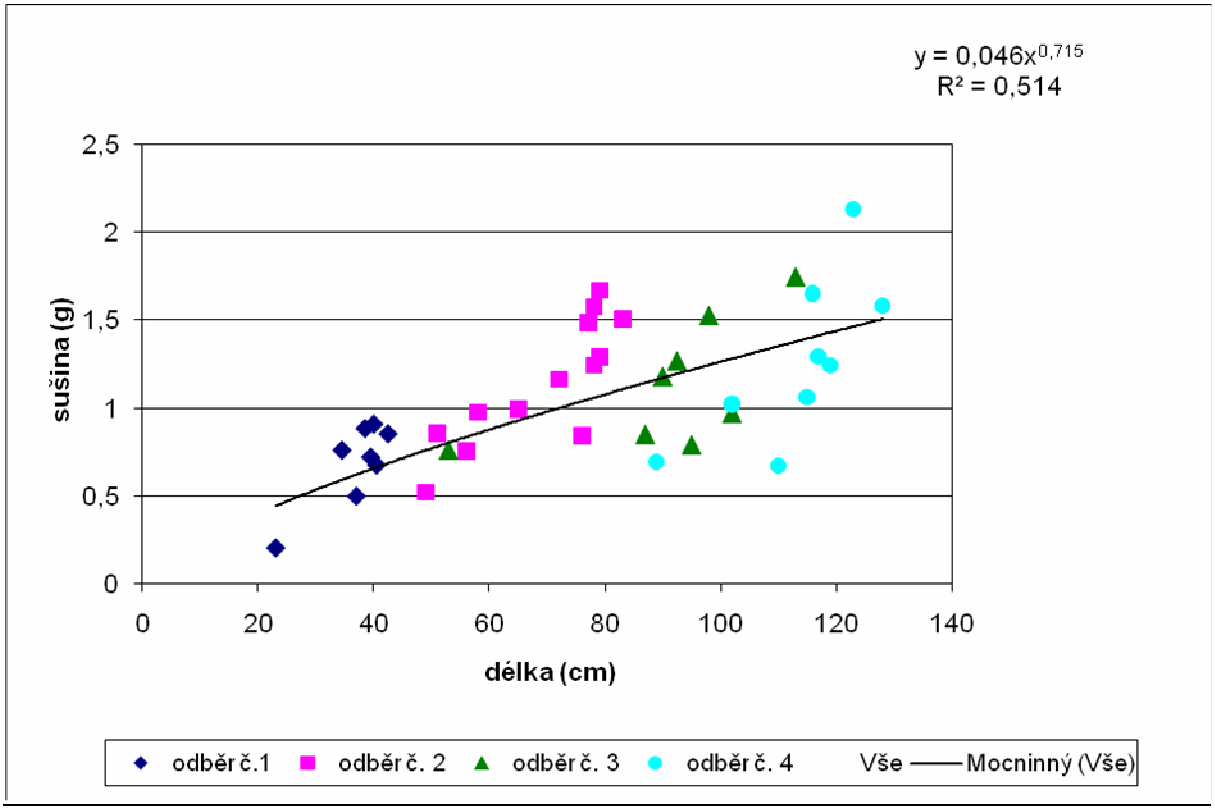
Průběh tvorby sušiny u generativních a vegetativních odnoží během vegetace roku 2009 je znázorněn na grafu č.3. U generativních odnoží se průměrná hodnota sušiny během vegetace zvyšovala až do odběru prováděného 20.7. 2009, kdy dosáhla svého maxima, které činilo 1,26 g. Od tohoto odběru se již žádné živé generativní odnože nevyskytovaly. U vegetativních odnoží se hodnota sušiny zvyšovala až do poloviny srpna, kdy dosáhla svého maxima, hodnoty 1,6 g. Toto množství vyprodukované sušiny je v porovnání z předchozím červencovým odběrem téměř o 0,6 g vyšší. Hodnota sušiny byla zjišťována z odnoží, které byly podrobeny destruktivnímu měření. Tato mimořádně vysoká hodnota může být způsobena variabilitou rostlin v porostu nebo může vypovídat o dynamice tvorby sušiny ostřice štíhlé. Proto je potřeba tento vztah otestovat delším měřením a aplikací vhodné statistické metody.



Graf č.3: Průměrná sušina vegetativních a generativních odnoží během vegetace 2009

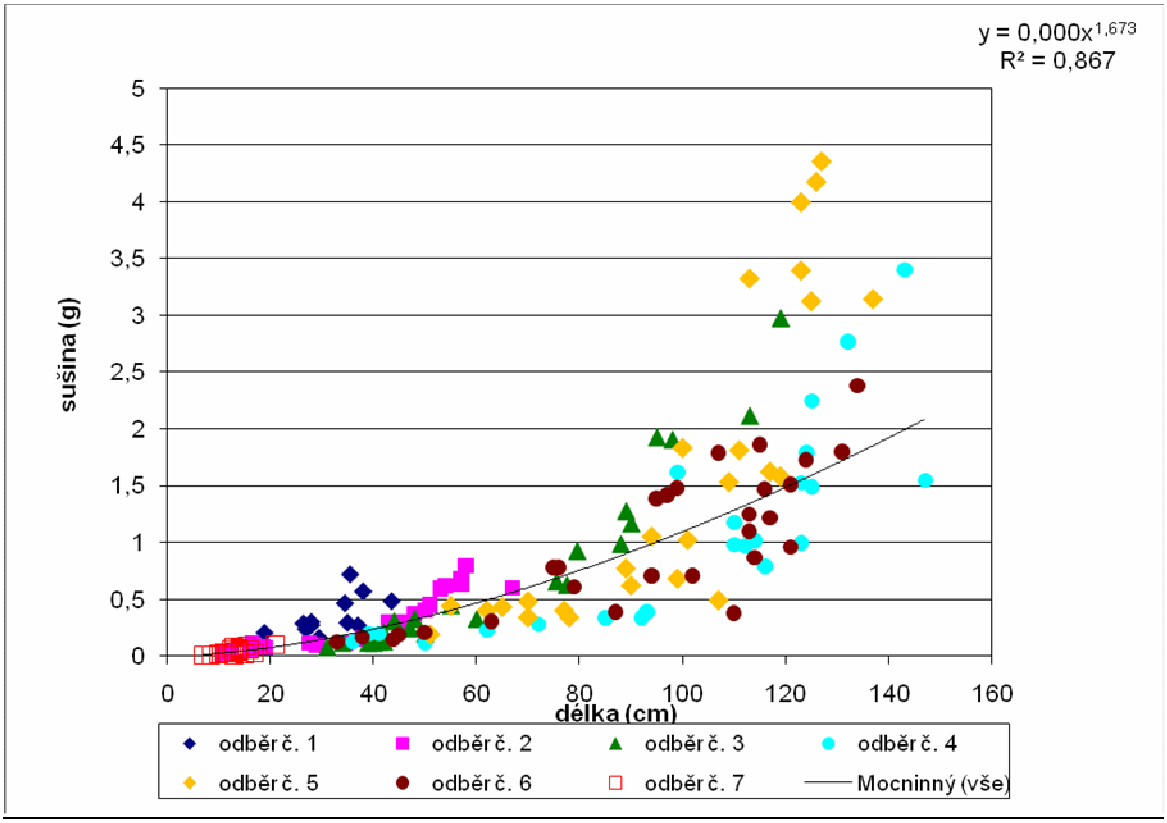
Vztah mezi délkou a sušinou odebraných generativních a vegetativních odnoží během celé vegetační sezóny roku 2009 je znázorněn na grafech č.4 a č.5.
U generativních odnoží se v jednotlivých odběrech zvyšovala jak jejich výška, tak i hodnota jejich sušiny. Mladé generativní odnože v prvním odběru dosahovaly hodnot sušiny, které byly srovnatelné s některými hodnotami ve všech čtyřech odběrech, kdy se ale zvyšovala délka odnoží. Odnože v prvním odběru byly sice nízké, ale díky květenství dosahovaly vyšších hmotností.

Největší hodnota sušiny v rámci generativních odnoží byla zjištěna při čtvrtém odběru. Tato odnož měla sušinu 2,13g a délku 123cm. Generativní odnož o nejnižší hodnotě sušiny (0,205g) i délky (23cm) se vyskytla při prvním odběru (graf č.4). R^2 pro mocninný vztah mezi výškou a sušinou generativních odnoží dosáhl hodnoty 0,514, která není uspokojivá. Z výsledků F. Hovorky (Hovorka, 2010) však vyplývá, že celkový počet generativních odnoží na jednotku plochy (m^2) činil v době jejich maximálního rozvoje 8,38 kusů, což představuje 11% z vyskytujících se odnoží. Tedy to, že nemůžeme přesně odhadnout hodnotu jejich sušiny, nemá příliš velký praktický význam.



Graf č. 4: Vztah mezi délkou a sušinou u generativních odnoží

U vegetativních odnoží se délka i hodnota sušiny zvyšovaly od prvního do pátého odběru. V pátém odběru (13.8) dosahovaly maximálních hodnot. Po té začaly zaschlé špičky listů upadávat a délka i hodnota sušiny se začaly snižovat. R^2 dosahoval hodnoty 0,867. Tato hodnota je uspokojivá (graf č.5). Dynamika tvorby biomasy je závislá na faktorech vnějšího prostředí a roční době. Generativní odnože dosáhly maxima v červenci a vegetativní odnože v srpnu.

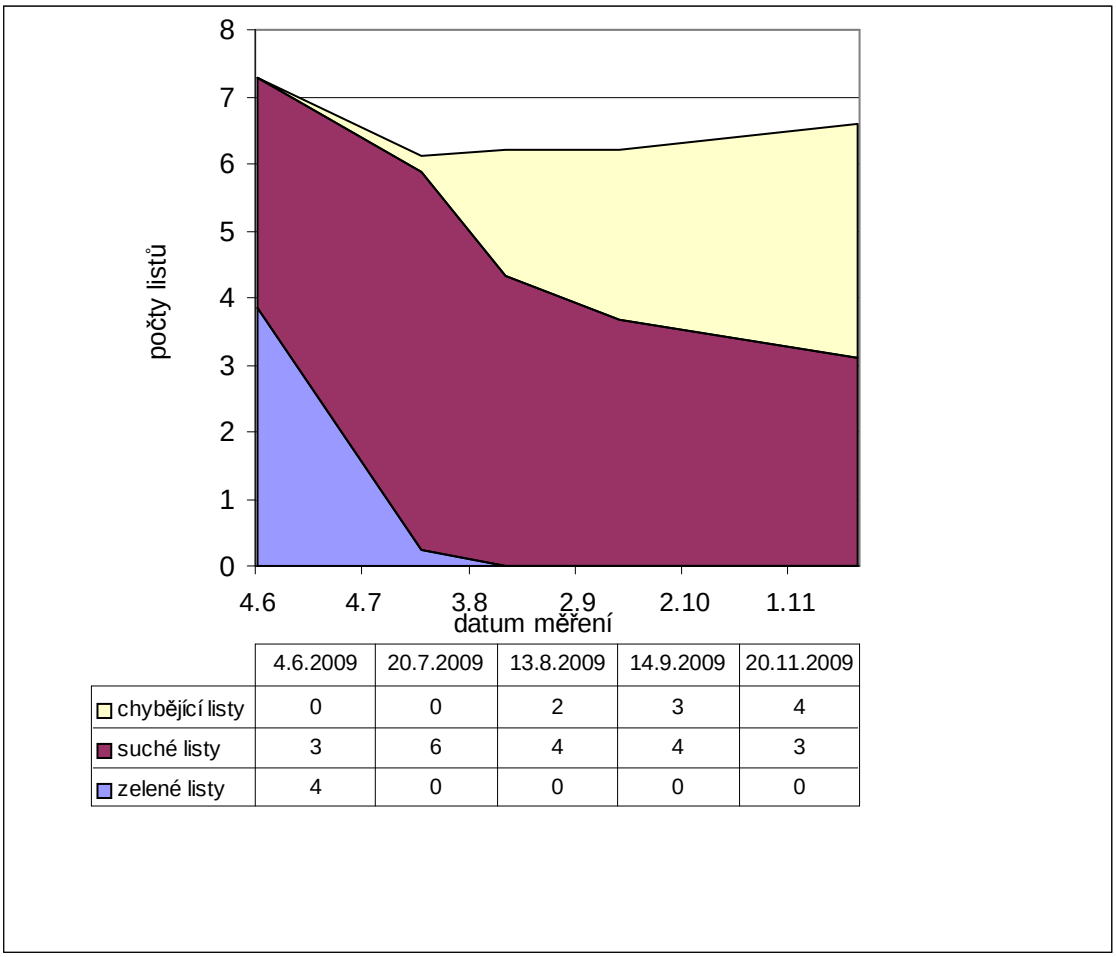


Graf č. 5: Vztah mezi délkou a sušinou u vegetativních odnoží

5.4 Sezónní dynamika tvorby a odumírání listů

Průběh opadu, tvorby a usychání listů generativních a vegetativních odnoží během vegetace roku 2009 je patrný na grafech č.6 a č.7. Podkladová data pro tyto grafy jsou shrnuta v příloze č.10.

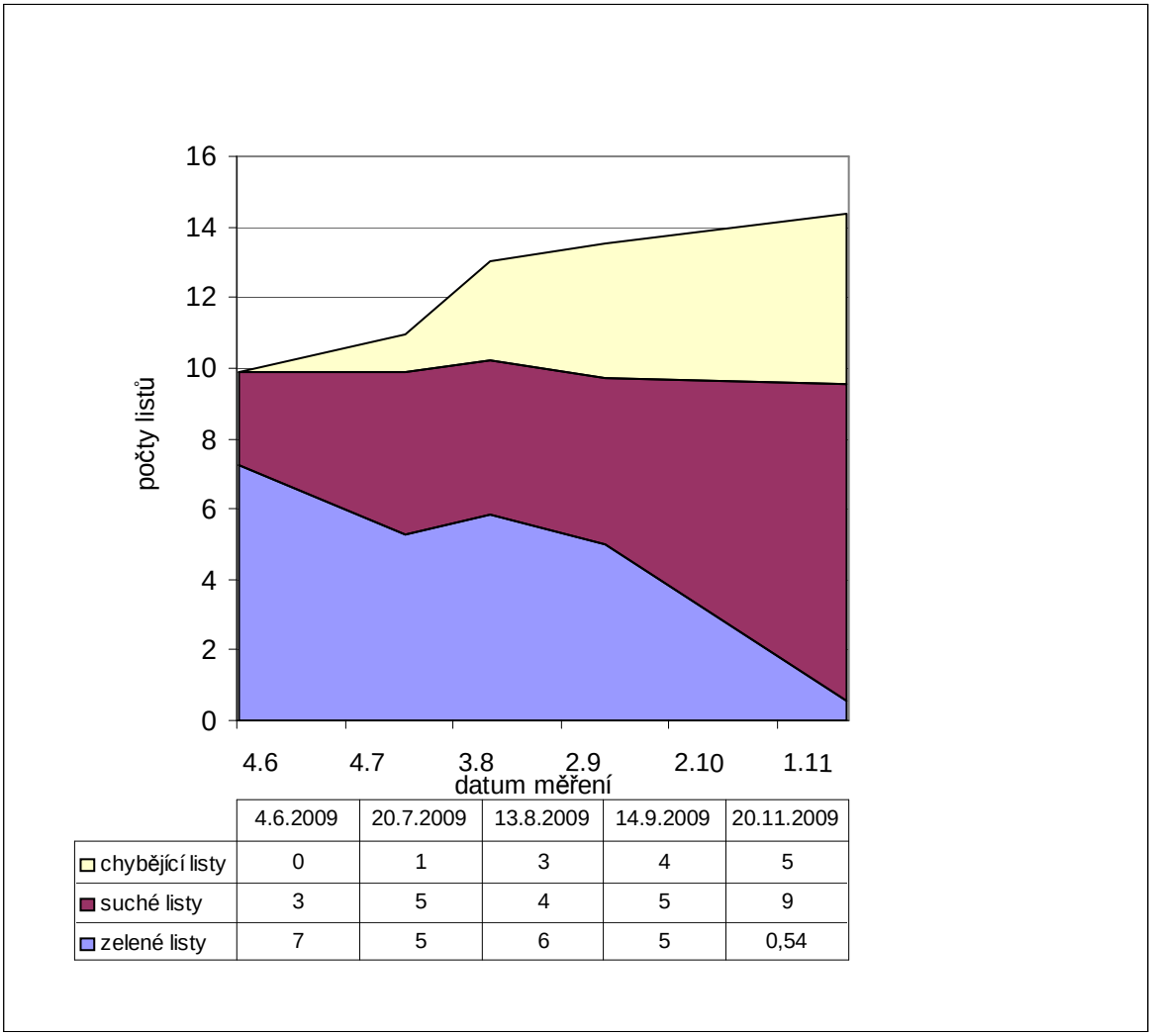
Průměrný počet všech vytvořených listů u generativních odnoží k 4.6.2009 byl sedm. K tomuto datu byla již na odnožích polovina listů suchá. Od dalšího odběru se na generativních odnožích již žádné živé listy nevyskytovaly, odnož dokončila svůj životní cyklus produkcí semen. Opad jednotlivých listů byl pozorován od odběru provedeného 13.8. Při posledním odběru na odnožích v průměru scházely čtyři listy a odnož byla průměrně tvořena třemi suchými listy a květní lodyhou (graf č. 6).



	4.6.2009	20.7.2009	13.8.2009	14.9.2009	20.11.2009
chybějící listy	0	0	2	3	4
suché listy	3	6	4	4	3
zelené listy	4	0	0	0	0

Graf č.6: Průběh opadu, tvorby a usychání listů na generativních odnožích během vegetace roku 2009

Tvorba listů u vegetativních odnoží probíhala na rozdíl od generativních odnoží v průběhu celé vegetace. Počet všech vytvořených listů u vegetativních odnoží při prvním měření, tedy 4.6, byl 10 kusů. V průběhu vegetace listy přibývaly až do 14.9, kdy jejich množství činilo 14 kusů. Na vegetativních odnožích byly již v prvním odběru 3 suché listy. Jednalo se o malé listy, které byly založeny již v předcházejícím roce na podzim. U vegetativních odnoží nedocházelo k tak prudkému usychání listů jako u generativních. Jejich usychání bylo pomalejší, a tak rostlina mohla fotosyntetizovat až do konce vegetačního období. K 14.9 bylo na vegetativních odnožích pět suchých listů, pět zelených a chyběly čtyři listy. V listopadu měla každá druhá měřená odnož stále jeden list zelený. Vegetativní odnože ukončují vegetaci o více než dva měsíce později oproti odnožím generativním. (graf č.7).



	4.6.2009	20.7.2009	13.8.2009	14.9.2009	20.11.2009
chybějící listy	0	1	3	4	5
suché listy	3	5	4	5	9
zelené listy	7	5	6	5	0,54

Graf č.7: Průběh opadu, tvorby a usychání listů na vegetativních odnožích během vegetace roku 2009

6. Diskuse

6.1 Výhody a metodická omezení zvoleného postupu

Abychom mohli pracovat se vztahem mezi výškou a sušinou, musí tento vztah být dobře opakovatelný, tj. musí mít dostatečně velký determinační koeficient. V mé práci se ukázalo, že dostatečně velké determinační koeficienty (R^2>0,8) byly zjištěny pro vegetativní odnože. Naopak malé determinační koeficienty byly zjištěny pro odnože generativní. Pro možnost srovnání vztahu determinačního koeficientu mezi výškou a sušinou odnoží je lépe tento vztah počítat zvlášť pro generativní a vegetativní odnože. Determinační koeficient tohoto vztahu se v průběhu vegetace měnil jinak u generativních a jinak u vegetativních odnoží. Nejvyšší hodnoty determinačního koeficientu bylo dosaženo při polynomickém proložení dat, u jiných typů proložení byly koeficienty vždy nižší.

Na základě zkušeností z bakalářské práce bych navrhla změnit metodiku takto. Měření délky odnoží bych prováděla na těch odnožích, kde se měřila dynamika opadu, usychání a tvorby listů. V současné metodice nebyla zaznamenávána dynamika usychání, opadu a tvorby listů a odumírání odnoží v rámci bultu během vegetace. Byly známy pouze počty odnoží v bultu a jejich délka. Měření této dynamiky probíhalo na označených 22 odnožích v jiných dvou bultech. V mnou navrhnuté metodice by v rámci bultu byly označeny veškeré odnože. Toto opatření zvýší přesnost měření. Také nebude taková potřeba soustředit tolik pozornosti na to, aby nedošlo k přehlédnutí některých odnoží v bultu, jelikož každá odnož bude očíslována a tedy zde bude kontrola úplnosti měření. V současné metodice bylo měření délky odnoží v bultech organizováno tak, že se pomocí tyčky ohraničila místa, která byla již změřena.

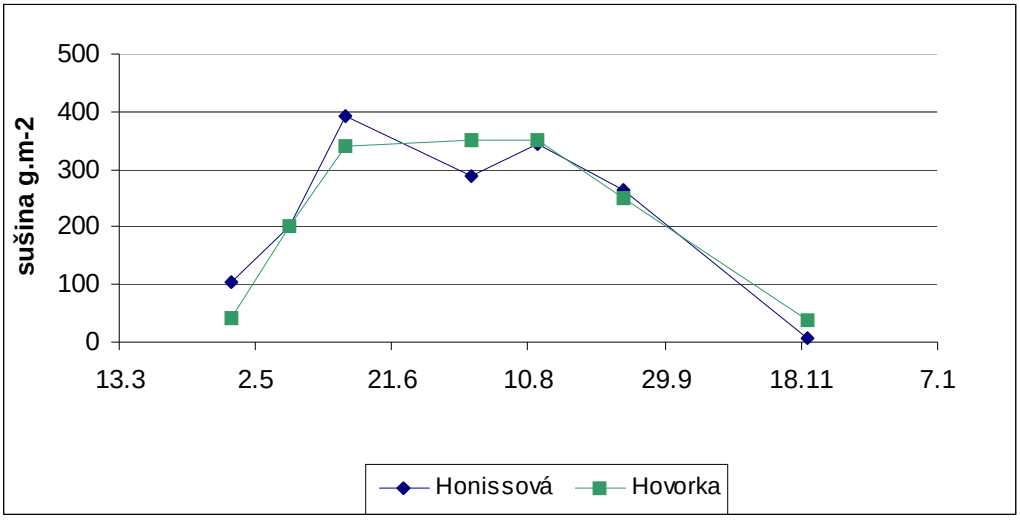
Výhodou nedestruktivních měření je to, že můžeme opakovaně měřit tytéž rostliny. Naproti tomu u destruktivních odběrů pokaždé měříme jiné rostliny, a proto výsledky ovlivňuje také variabilita mezi nimi. Například Kuncová (Kuncová, 2009 – graf č. 2) uvádí, že 6.8 byla zjištěna velmi nízká hodnota sušiny biomasy ostřice štíhlé. Naskýtá se otázka, zda toto minimum uprostřed vegetační sezóny souvisí s životním cyklem rostliny a nebo jde o důsledek prostorové variability porostu. Podle mých dat se jedná spíše o variabilitu porostu, jelikož během srpna roku 2009 dosahovaly mnou měřené odnože největších délek i hodnoty sušiny.

6.2 Vztah k dalším datům zjištěným na lokalitě v roce 2009

V práci jsem sledovala dynamiku přibývání sušiny, růstu odnoží, tvorby, odumírání a usychání listů v rámci zkoumaných bultů. Na grafu č. 8. je znázorněna vyprodukovaná sušina v $g.m^{-2}$. Této křivky jsem docílila vynásobením průměrné hodnoty sušiny odnože a počtem odnoží na m^2. Tento údaj jsem přejala z práce F. Hovorky (Hovorka, 2010, graf č. 3).

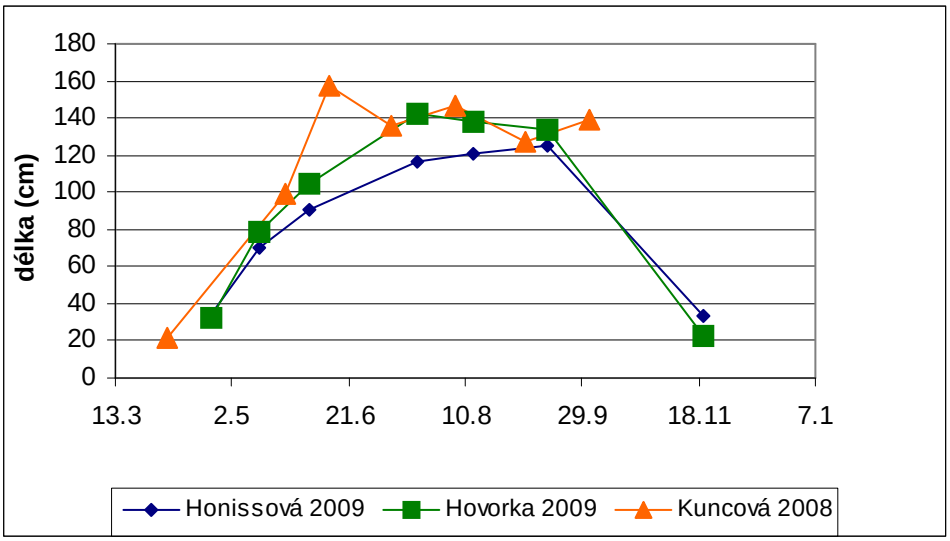
V mé práci by se dal očekávat plynulejší průběh této křivky vzhledem k tomu, že měření probíhalo vždy na stejných odnoží. Nejmarkantnější rozdíl v tomto porovnání výsledků shledávám v příčině maximálního dosažení hodnoty sušiny v $g.m^{-2}$.

V mé práci bylo této maximální hodnoty dosaženo při třetím odběru, průměrná sušina odnože činila 0,93 g. Na m^2 bylo vyprodukováno 394 g. V práci Hovorky (Hovorka, 2010, graf č. 1) byla zjištěna maximální vyprodukovaná sušina při čtvrtém odběru, činila 352 $g.m^{-2}$. Důvodem rapidního úbytku hodnoty sušiny ve čtvrtém odběru na zkoumaných bultech byly červencové povodně v této lokalitě. Na zkoumaných bultech došlo ke snížení počtu odnoží o téměř 1/3. Hovorka uvádí pokles odnoží z m^2 z 423,5 na 250. Na zkoumaných bultech nedošlo vlivem zvýšené vodní hladiny ke zvýšení hodnoty sušiny jedné odnože pravděpodobně tím, že odnože rostoucí na bultu A byly délkově podprůměrné. Bulty D a E byly mladé, výškový rozdíl mezi bultem a šlenkem činil méně než 5 cm. Z tohoto hlediska se dá předpokládat, že odnože byly celé potopené a nemohlo u nich docházet k procesu fotosyntézy. Od dalšího odběru, který probíhal v polovině měsíce srpna, bylo u obou prací dosahováno srovnatelných hodnot vyprodukované hodnoty sušiny $g.m^{-2}$.



Graf č.8: Porovnání výsledků vyprodukované sušiny ($g.m^{-2}$) ostřice štíhlé během vegetace roku 2009

Při porovnávání maximálních délek odnoží destruktivně odebraných na různých lokalitách a maximálních délek odnoží rostoucích ve sledovaných bultech jsou patrné jen malé rozdíly. Tento vztah je znázorněn na grafu č. 9. Od druhého odběru byl patrný pokles maximálních délek odnoží rostoucích v bultech až do šestého (zářijového) odběru, kdy byly naměřeny délky obdobné. V tomto odběru byla nalezena nejdelší odnož. V práci Hovorky bylo maximální délky odnože dosaženo v červencovém odběru, kdy činila 142 cm. Důvodem této nižší dosažené maximální délky odnoží ve sledovaných bultech mohl být výběr bultů s odnožemi podprůměrné délky.

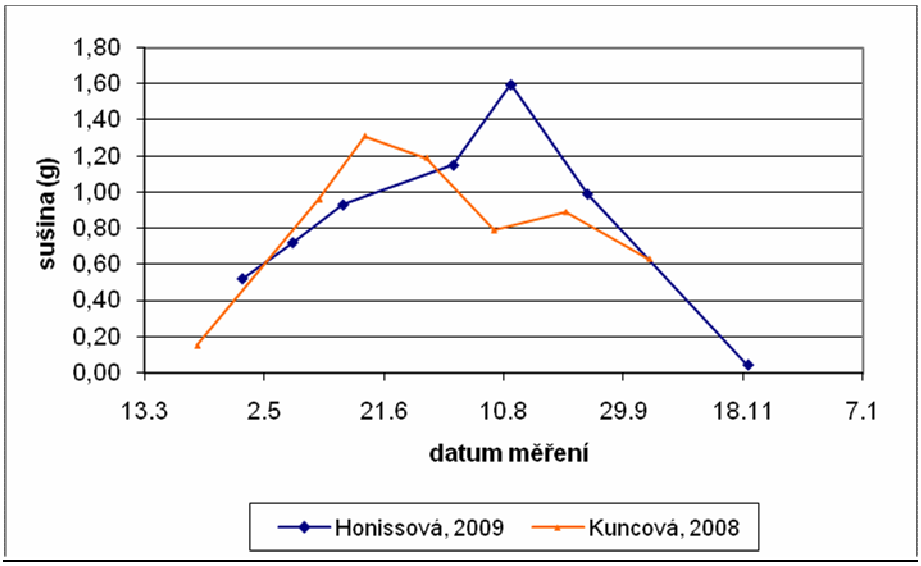


Graf č. 9: Porovnání maximálních délek odnoží během vegetace 2008 a 2009, v rámci různých prací

6.3 Porovnání s výsledky dalších autorů

Soukupová (1986) uvádí průměrnou hmotnost sušiny ostřice štíhlé ve facii porostu s dominantní ostřicí štíhlou 1,04 g. V mé práci byla zjištěná průměrná hodnota sušiny odnoží v srpnovém odběru 1,6 g. Usuzuji, že hodnota sušiny odnoží byla u Soukupové zjišťována v obdobném termínu, jelikož srpnové (případně červencové) odběry mají největší vypovídající hodnotu o zkoumaném porostu.

Pro porovnání průměrné hodnoty sušiny odnoží ostřice štíhlé vyprodukované během vegetace roku 2008 jsem využila poznatků Kuncové (Kuncová, 2009, graf č.6). Vztah mezi jejími a mými výsledky je znázorněn na grafu č. 10. Během vegetace roku 2008 došlo k vytvoření maximální hodnoty sušiny v polovině června. Jedna odnož dosahovala průměrné hodnoty sušiny 1,31 g. Od tohoto období se hodnota sušiny snižovala. Během vegetace roku 2009 bylo maximální hodnoty sušiny odnože dosaženo o dva měsíce později, činila 1,6 g. Do tohoto období hodnota sušiny vzrůstala, po té začala klesat.



Graf č. 10: Průměrná hodnota sušiny odnoží v letech 2008 a 2009

Porovnávání maximálních délek odnoží destruktivně odebraných během vegetace roku 2008 (Kuncová, 2009, graf č.5) a maximálních naměřených délek odnoží v roce 2009 je znázorněn na grafu č.9. V práci Kuncové (2009) bylo dosaženo maximálních délek odnože v červnu. Při následných měření se délka odnoží střídavě snižuje a zvyšuje. Během vegetace 2009 jsem odnož s maximální délkou změřila při zářijovém odběru.

7. Závěr

Tato bakalářská práce je součástí projektu MŽP SP/2d1/93/07 (Czech Terra), který se zaměřuje na hodnocení koloběhu a bilanci uhlíku ve vybraných ekosystémech České Republiky. V lokalitě Mokrých luk u Třeboně je v rámci tohoto projektu hodnocena produkce nadzemní biomasy mokřadní vegetace. V bakalářské práci jsem se zaměřovala na dokumentaci obratu nadzemní biomasy ostřice štíhlé *(Carex acuta L.)*. Zjišťování růstové dynamiky odnoží probíhalo nedestruktivním způsobem, takovým tématem se v rámci projektu žádná práce nezabývala, proto se domnívám, že mé výsledky mohou být přínosné pro hodnocení této problematiky. Má práce spočívala ve sledování přírůstků nadzemní biomasy v pěti bultech. Při tomto nedestruktivním stanovování nadzemní biomasy jsem přiřazovala hodnotu sušiny odnožím, které rostly v těchto bultech, na základě alometrických vztahů. Pro přepočet vztahu mezi délkou a sušinou bylo důležité mít dostatečně velký determinační koeficient. Determinační koeficient byl vyšší pro vegetativní odnože. V prvním a posledním odběru byla jeho hodnota neuspokojivá, pohybovala se kolem 4,5. V ostatních odběrech se pohybovala kolem hodnot 0,8-0,95. U generativních odnoží byla uspokojivá hodnota determinačního koeficientu pouze při prvním odběru (0,83), pak docházelo k jeho poklesu. Generativní odnože měly na počátku vegetace intenzivnější rozvoj než vegetativní. Největší průměrné délky bylo u generativních odnoží dosaženo 20.7. a činila 74 cm, maximální délka u konkrétní generativní odnože byla 96 cm. Naměřena byla také 20.7.2009. Generativní odnože vytvořily během vegetace průměrně jen tři listy. Od vysemenění odumíraly a poslední živé byly pozorovány 13.8.2009. Listy generativních odnoží začaly ve větší míře opadat až v průběhu srpna. Vegetativní odnože dosáhly průměrné maximální délky 13.8., činila 89 cm. Maximální délka u konkrétní odnože byla naměřena při odběru prováděného 14.9. a činila 125 cm. Počet listů se během vegetace zvyšoval. Na počátku měření (4.6) byly odnože tvořeny průměrně 10 listy, z nichž tři byly založeny v přecházejícím roce na podzim, do září jejich počet vzrostl na 14. Během vegetace odnož měla 5-6 fotosynteticky aktivních listů. Opad listů byl vyrovnaný, vegetativní odnož v každém následném měření přišla o jeden suchý list. Tvorba nových listů probíhala až do září.

8. Seznam použité literatury

Bureš J.(2000): Vývoj zonace a sítě maloplošných zvláště chráněných území Třeboňska. In: Pokorný J., Šulcová J., Hátle M., Hlásek J.,(eds.): Třeboňsko 2000. Ekologie a ekonomika po dvaceti letech. ENKI, o.p.s., Správa CHKO Třeboňsko a MaB, s. 40.

Čížková H. (2006): Faktory ovlivňující dynamiku porostů rákosu obecného (Phragmites australis [CAV.] Trin. ex Steudel) v kulturní krajině. (Habilitační práce, fakulta Zemědělská, Jihočeská univerzita, České Budějovice).

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

Filipová M. (2006): Úloha vegetačního pokryvu v koloběhu uhlíku vybraného mokřadního ekosystému. (Diplomová práce, Ústav biologie rostlin, fakulta Agronomická, Mendlova Zemědělská a Lesnická Univerzita v Brně).

Hejný S. a kol. (2000): Rostliny vod a pobřeží. East West Publishing, Praha.

Hora J. (2000): Třeboňsko jako IBA- celosvětově významné ptačí území. In: Pokorný J., Šulcová J., Hátle M., Hlásek J.,(eds.): Třeboňsko 2000. Ekologie a ekonomika po dvaceti letech. ENKI, o.p.s., Správa CHKO Třeboňsko a MaB, s. 48-49.

Hovorka F. (2010): Nadzemní produkce nesečeného mokřadního prostu. (Bakalářská práce, katedra biologických disciplín, fakulta zemědělská, Jihočeská univerzita, České Budějovice).

Chytil J., Hakrová P., Hudec K., Husák Š., Jandová J., Pellantová J., (ed.) (1999): Mokřady České Republiky- přehled vodních a mokřadních lokalit ČR. Český ramsarský výbor, Mikulov, s. 31 - 44.

Jeník J. (2000): Třeboňsko: entita přírodní i kulturní. In: Pokorný J., Šulcová J., Hátle M., Hlásek J.,(eds.): Třeboňsko 2000. Ekologie a ekonomika po dvaceti letech. ENKI, o.p.s., Správa CHKO Třeboňsko a MaB, s.18.

Jeník J.(1983): Mokré louky u Třeboně: modelová lokalita biosférického fondu. In: Jeník J., Květ J.: Studie zaplavovaných ekosystémů u Třeboně. Academia, Praha, s. 9-17.

Kender J. (ed.) (2000): Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny. MŽP a Enigma, s.r.o., Praha.

Kuncová Š. (2007): Nadzemní produkce zaplavované louky s dominantní ostřicí štíhlou (Carex acuta). (Bakalářská práce, katedra biologických disciplín, fakulta zemědělská, Jihočeská univerzita, České Budějovice).

Kuncová Š. (2009): Nadzemní produkce zaplavované louky s dominantní ostřicí štíhlou (*Carex acuta*). (Diplomová práce, katedra biologických disciplín, fakulta zemědělská, Jihočeská univerzita, České Budějovice).

Květ J. (2000): Místo Třeboňska ve světovém výzkumu mokřadních ekosystémů. In: Pokorný J., Šulcová J., Hátle M., Hlásek J.,(eds.): Třeboňsko 2000. Ekologie a ekonomika po dvaceti letech. ENKI, o. p.s., Správa CHKO Třeboňsko a MaB, s. 35.

Květ J., Straškrabová V. (2000): Dlouhodobý ekologický výzkum na Třeboňsku. In: Pokorný J., Šulcová J., Hátle M., Hlásek J.,(eds.): Třeboňsko 2000. Ekologie a ekonomika po dvaceti letech. ENKI, o. p.s., Správa CHKO Třeboňsko a MaB, s. 81.

Květ J., Lukavská J., Tetter M., 2002: Biomass and net primary production in graminoid vegetation. In: Květ J., Jeník J., Soukupová L., (Eds): Freshwater Wetlands and Their Sustainable Future. A Case Study of the Třeboň Basin Biosphere Reserve, Czech Republic. CRC Press, Boca Raton, s. 293-304.

Larcher V. (1988): Fyziologická ekologie rostlin. Academia, Praha.

Nečas J., Květ J. (1966): Hodnocení produktivity rostlin a porostů metodami růstové analysy. IN Šesták Z, Čatský J. a spol: Metody studia fotosynthetické produkce rostlin. Adademia, Praha, s. 105-149.

Pohl J. (2000): Historický vývoj vodohospodářských poměrů Třeboňské pánve. In: Pokorný J., Šulcová J., Hátle M., Hlásek J.,(eds.): Třeboňsko 2000. Ekologie a ekonomika po dvaceti letech. ENKI, o.p.s., Správa CHKO Třeboňsko a MaB, s. 58.

Pokorý J., Kučerová A. (2000): Monitoring klimatu a atmosférických depozic v CHKO Třeboňsko. In: Pokorný J., Šulcová J., Hátle M., Hlásek J.,(eds.): Třeboňsko 2000. Ekologie a ekonomika po dvaceti letech. ENKI, o-p.s., Správa CHKO Třeboňsko a MaB, s. 87-91.

Přibil S. (2000): Tradice a návaznost na předchozí kolokvia In: Pokorný J., Šulcová J., Hátle M., Hlásek J.,(eds.): Třeboňsko 2000. Ekologie a ekonomika po dvaceti letech. ENKI, o-p.s., Správa CHKO Třeboňsko a MaB, s. 23.

Rychnovská M. (Ed.), 1985: Ekologie lučních porostů. Academia, Praha.

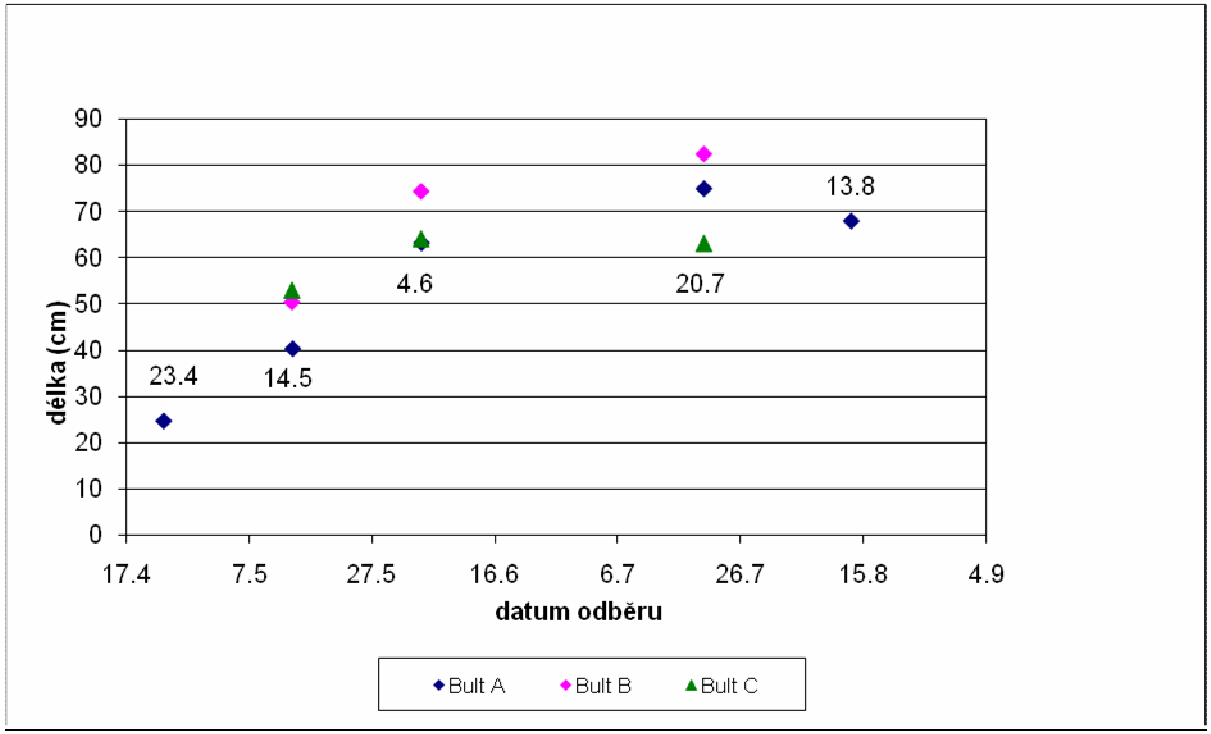
Rychnovská M. (Ed.), 1987: Metody studia travinných ekosystémů. Academia, Praha, s. 56 - 65.

Soukupová L. (1986) : Strategie mokřadních travin. (Kandidátská disertační práce, Třeboň).

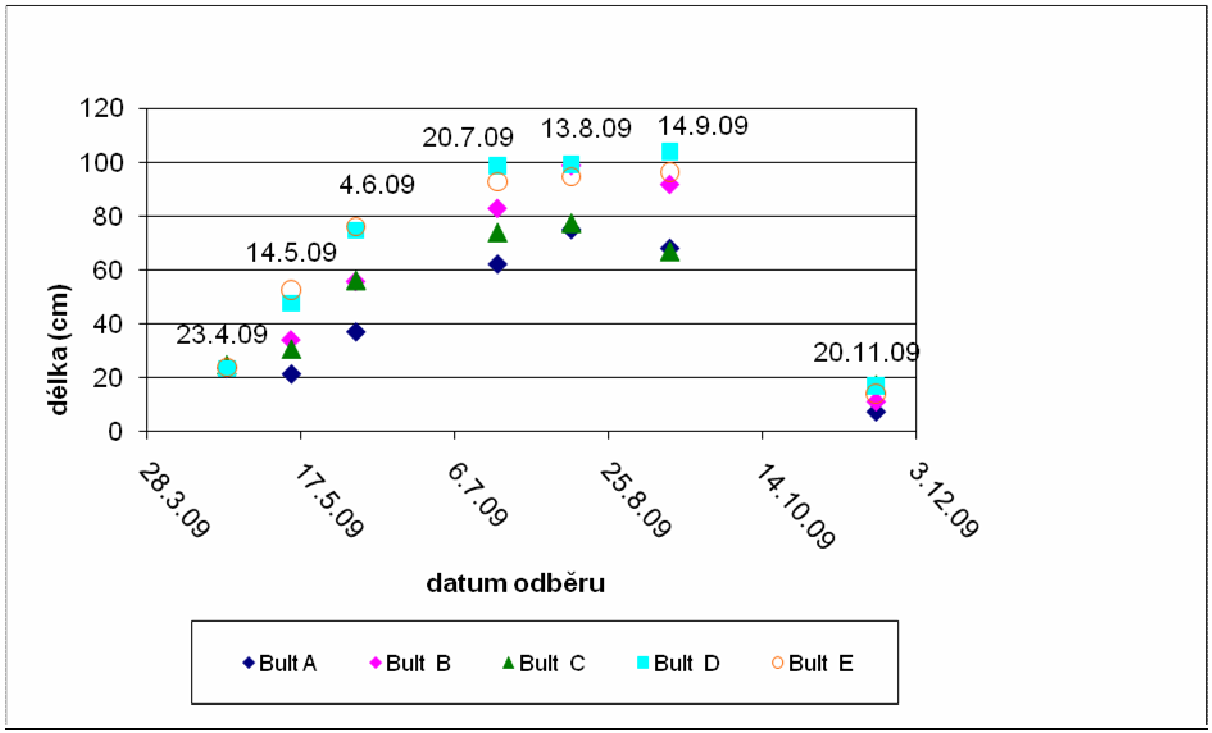
Tetter M. (1983): Využitelnost některých bylinných druhů mokřadů ke krmivářským účelům. In: Jeník J., Květ J.: Studie zaplavovaných ekosystémů u Třeboně. Academia, Praha, s. 131-136.

9. Přílohy

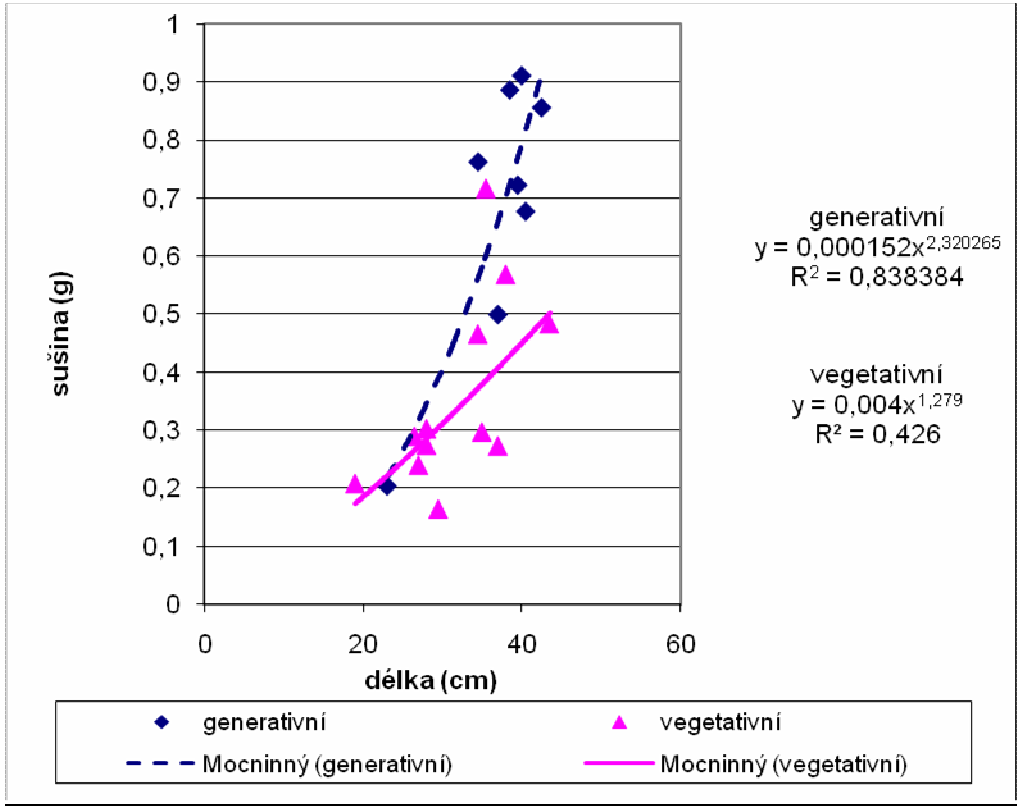
Příloha č.1: Průměrné délky generativních odnoží během vegetace roku 2009 na bultech A až C



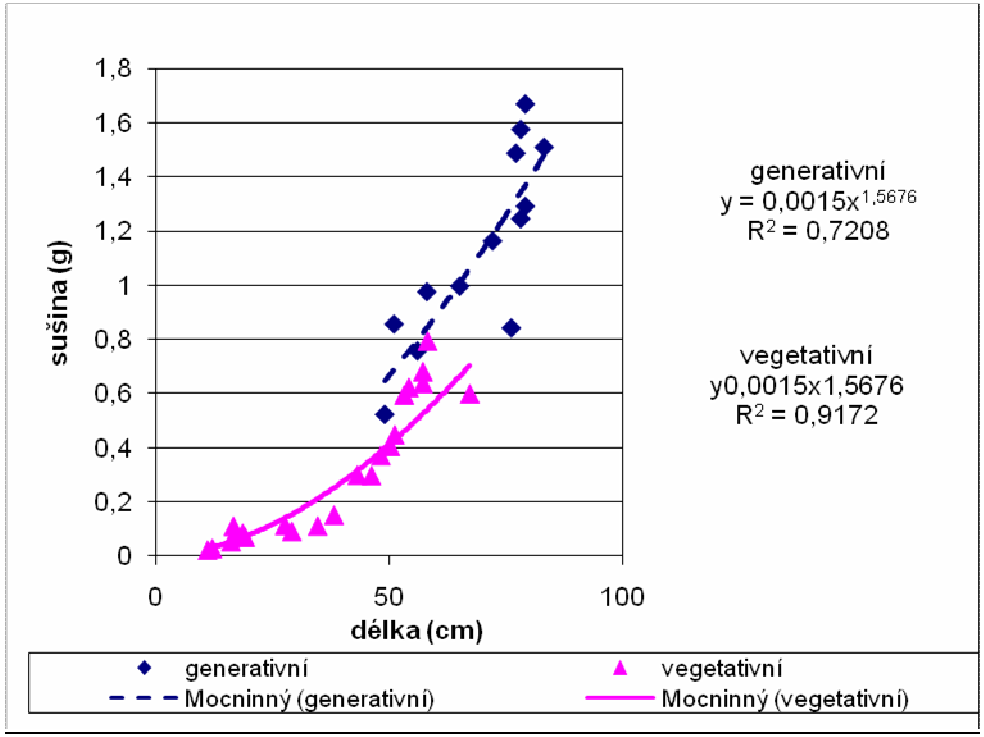
Příloha č.2: Průměrné délky vegetativních odnoží během vegetace roku 2009 na bultech A až E



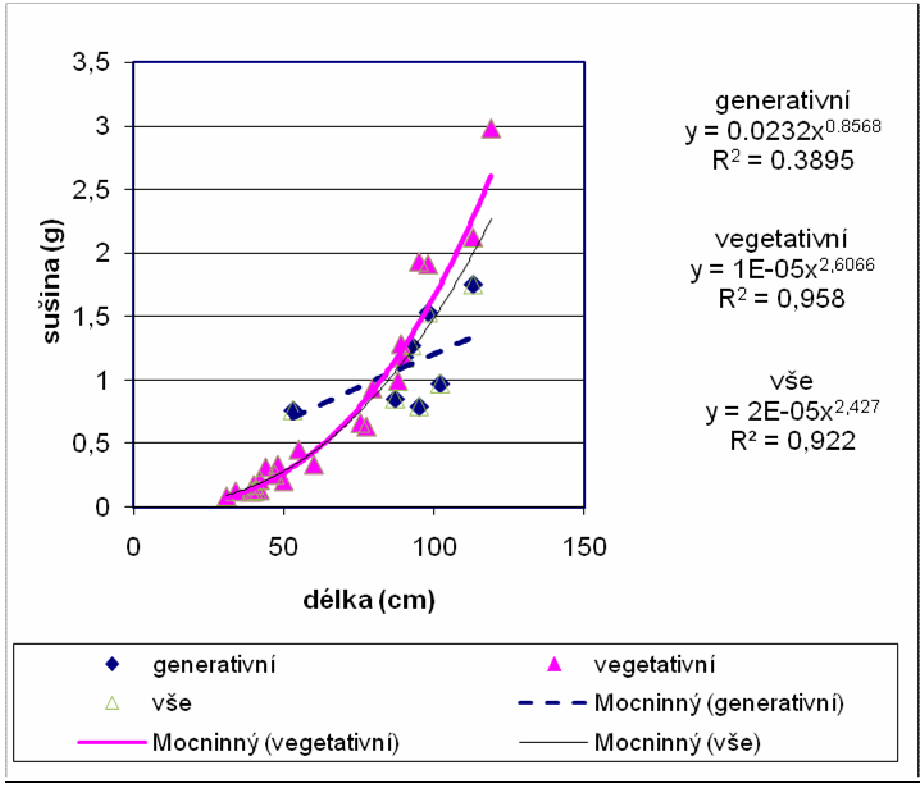
Příloha č. 3: Vztah mezi výškou a sušinou u vegetativních a generativních odnoží při prvním odběru (23.4.2009)



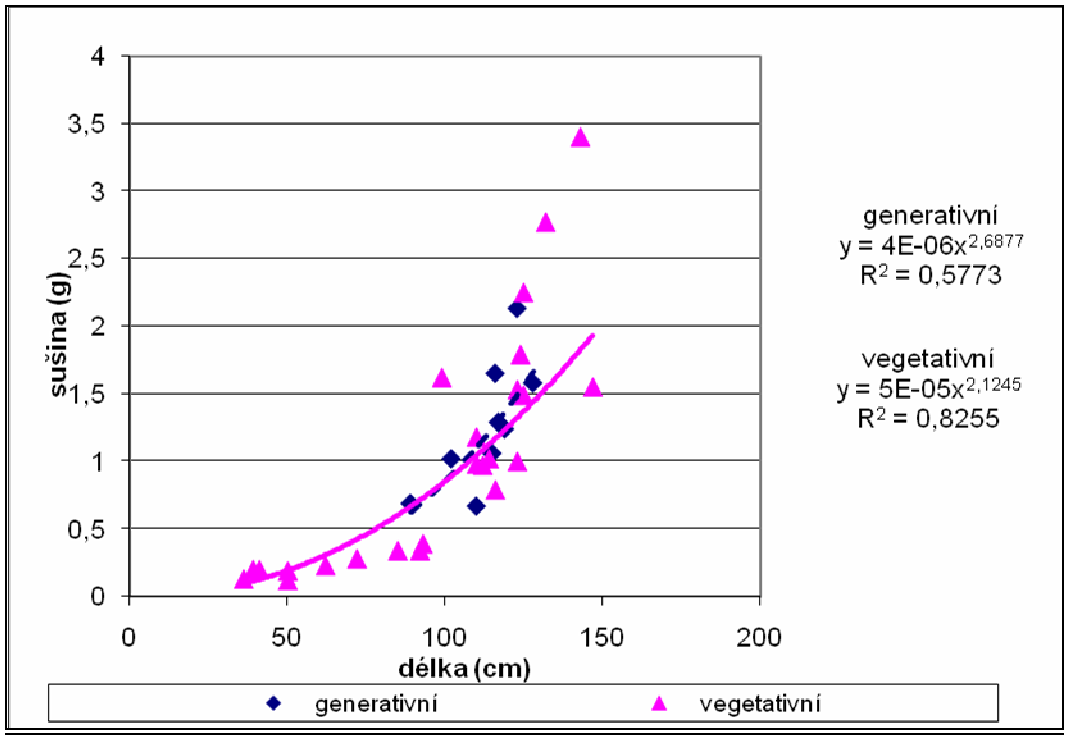
Příloha č. 4 Vztah mezi výškou a sušinou u vegetativních a generativních odnoží při druhém odběru (14.5.2009)



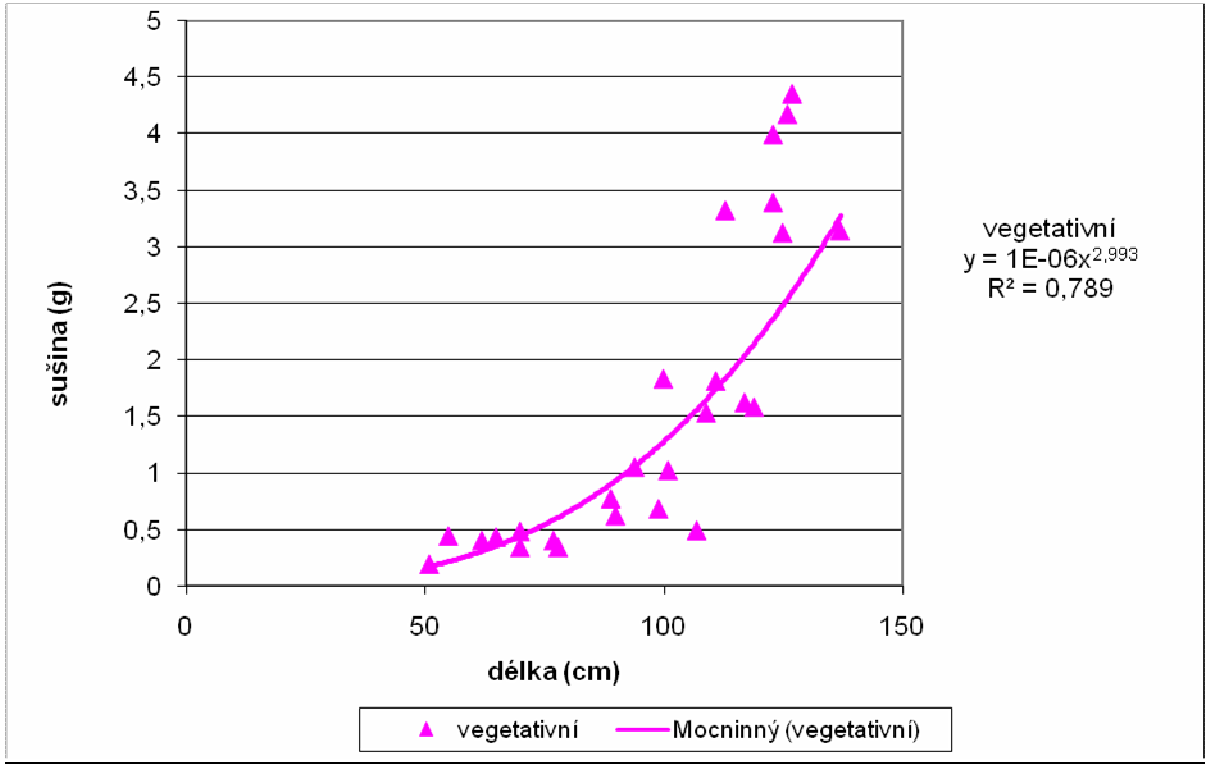
Příloha č. 5: Vztah mezi výškou a sušinou u vegetativních a generativních odnoží při třetím odběru (4.6.2009)



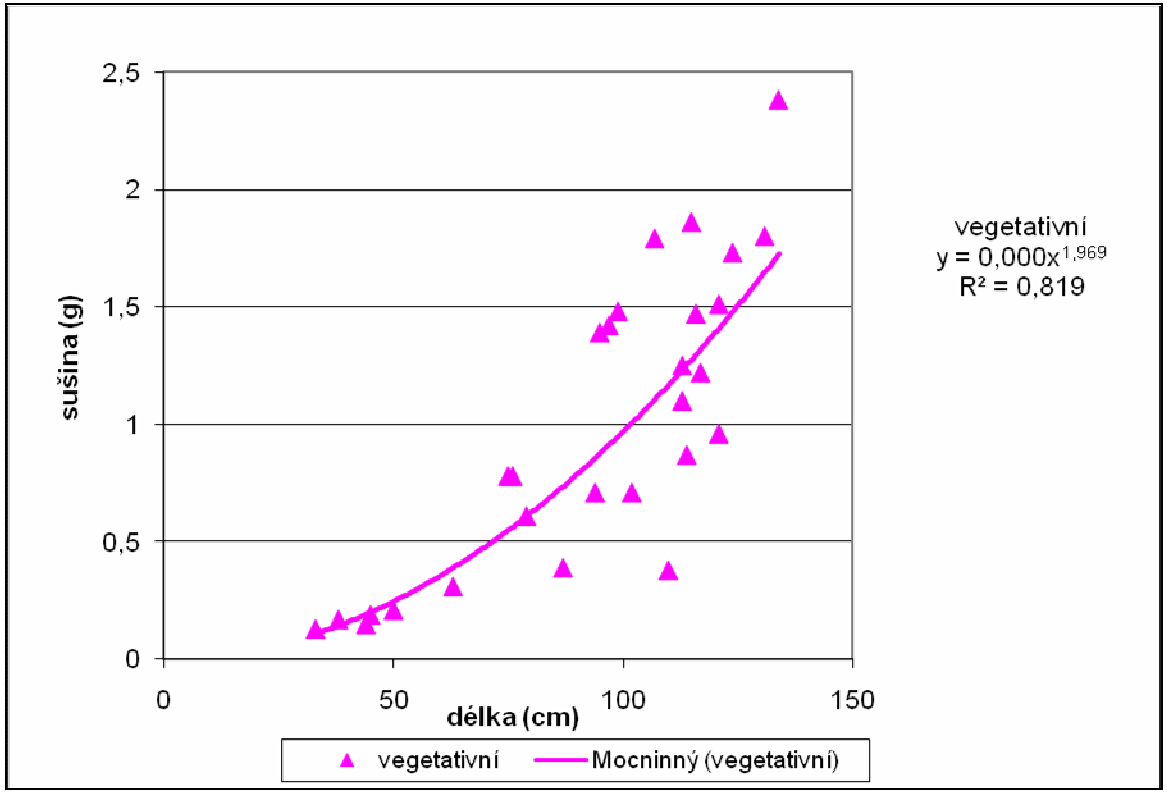
Příloha č. 6: Vztah mezi výškou a sušinou u vegetativních a generativních odnoží při čtvrtém odběru (20.7.2009)



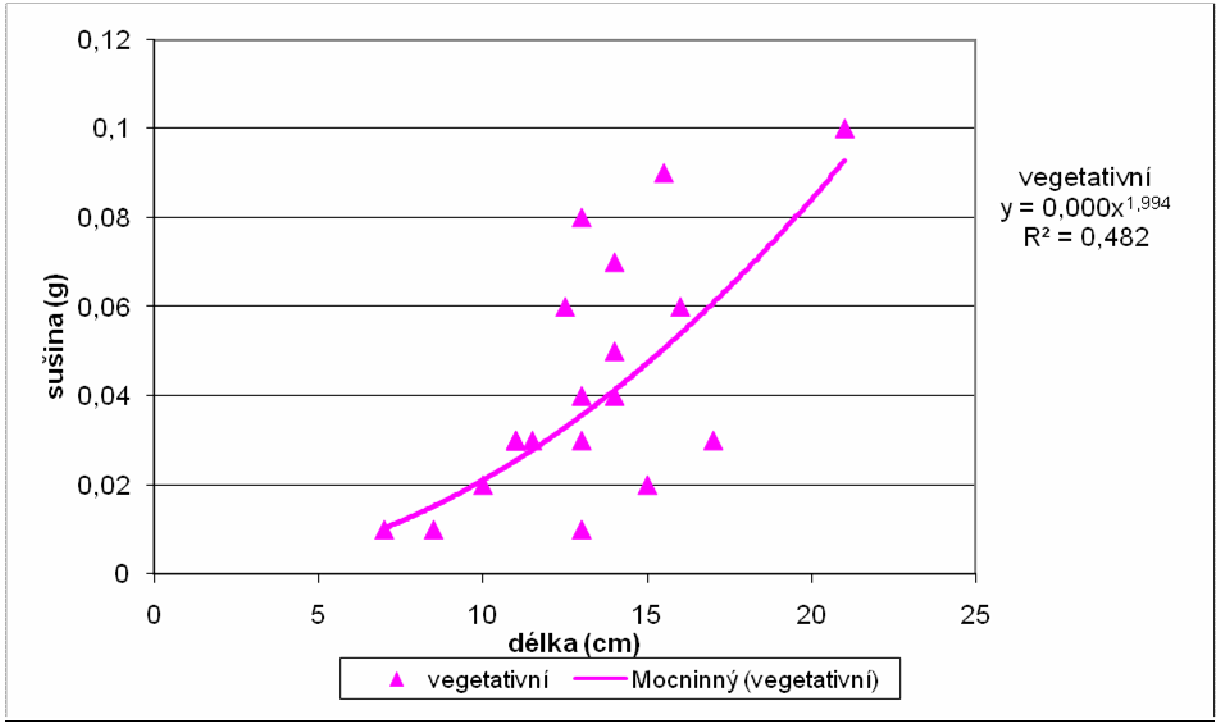
Příloha č. 7: Vztah mezi výškou a sušinou u vegetativních odnoží při pátém odběru (13.8.2009)



Příloha č. 8: Vztah mezi výškou a sušinou u vegetativních odnoží při šestém odběru (14.9.2009)



Příloha č. 9: Vztah mezi výškou a sušinou u vegetativních odnoží při sedmém odběru (20.11.2009)



Příloha č. 10. Průběh opadu, tvorby a usychání listů generativních a vegetativních odnoží během vegetace roku 2009

		Datum 4.6.				Datum 20.7.				Datum 13.8.				Datum 14.9.				Datum 20.11.			
Č. odnože	V/G	zelené	suché	chybějící	celkem	zelené	suché	chybějící	celkem	zelené	suché	chybějící	celkem	zelené	suché	chybějící	celkem	zelené	suché	chybějící	celkem
1	G	2	5	0	7	0	9	0	9	0	7	2	9	0	5	4	9	0	2	7	9
2	G	4	4	0	8	1	7	0	8	0	5	3	8	0	4	4	8	0	4	4	8
3	G	4	3	0	7	0	5	2	7	0	2	5	7	0	4	3	7	0	3	4	7
4	G	4	3	0	7	1	6	0	7	0	6	1	7	0	6	1	7	0	5	2	7
5	G	3	4	0	7	1	7	0	8	0	5	3	8	0	3	5	8	0	3	5	8
6	G	2	4	0	6	4	5	0	9	0	3	0	3	0	2	1	3	0	2	1	3
7	G	2	3	0	5	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3
8	V	8	3	0	11	1	5	3	9	0	4	4	8	0	6	2	8	0	1	7	8
9	V	9	2	0	11	8	6	0	14	7	7	1	15	6	4	5	15	1	13	3	17
10	V	7	3	0	10	4	4	0	8	5	3	2	10	3	3	5	11	0	8	5	13
11	V	9	3	0	12	9	3	4	16	8	4	5	17	8	4	6	18	1	11	7	19
12	V	5	2	0	7	0	7	0	7	0	5	2	7	0	6	1	7	0	4	3	7
13	V	6	3	0	9	6	3	0	9	7	5	4	16	7	4	5	16	1	11	3	15
14	V	7	4	0	11	8	6	0	14	7	4	3	14	5	5	6	16	1	11	5	17
15	V	6	2	0	8	0	6	0	6	0	5	1	6	0	3	3	6	0	3	3	6
16	V	10	3	0	13	5	3	3	11	7	4	0	11	5	4	3	12	0	8	6	14
17	V	7	3	0	10	0	3	0	3	7	4	4	15	6	4	6	16	0	7	9	16
18	V	8	1	0	9	6	6	0	12	0	3	2	5	0	3	2	5	0	3	2	5
19	V	5	4	0	9	0	5	0	5	6	3	3	12	5	5	2	12	1	8	6	15
20	V	8	2	0	10	6	3	3	12	8	5	3	16	7	4	5	16	0	12	4	16
21	V	7	1	0	8	8	3	1	12	7	4	2	13	7	5	1	13	1	12	2	15
22	V	7	4	0	11	8	4	1	13	7	5	3	15	6	7	3	16	1	11	3	15

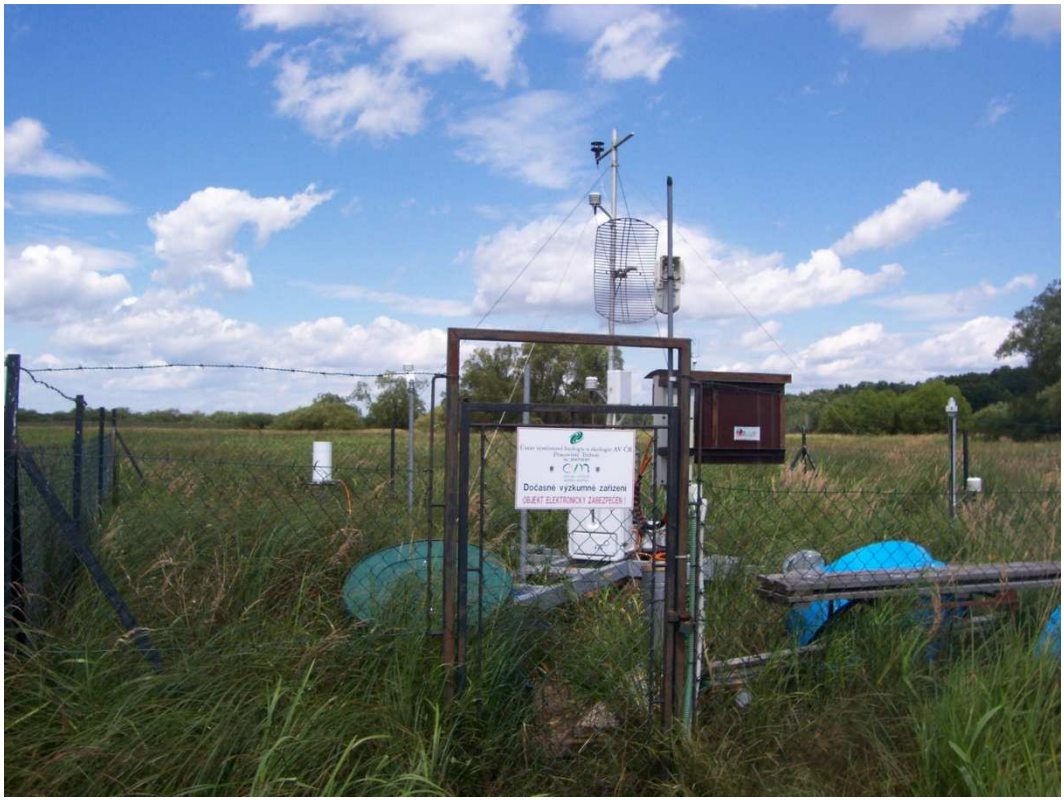
G- generativní
V- vegetativní

Příloha č. 11: Bult A při prvním odběru (23.4.2009)

Příloha č. 12: Bult C při prvním odběru (23.4.2009)

Příloha č. 13: Mokré louky u Třeboně (23.4.2009)

Příloha č. 14: Meteorologická stanice (20.7.2009)



Příloha č. 15: Mokré louky u Třeboně (20.7.2009)

Příloha č. 16: Bult C při čtvrtém odběru (20.7.2009)

Příloha č.17: Označení odnoží (20.7.2009)