

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



**VÝZNAM VÝŠKY POROSTU PRO ODHAD
VÝNOSU NA SUCHÝCH LOUKÁCH**

**THE IMPORTANCE OF VEGETATION HEIGHT
TO ESTIMATE THE YIELD IN DRY MEADOWS**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ondřej Cudlín, Ph.D.

Bakalant: Jana Šebestová

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra aplikované ekologie

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jana Šebestová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Význam výšky porostu pro odhad výnosu na suchých loukách

Název anglicky

The importance of vegetation height to estimate the yield in dry meadows

Cíle práce

1. Stanovit biomasu a výšku rostlinného společenstva na suchých loukách v okolí Berouna
2. Zjistit vztah mezi výškou a biomasou rostlinného společenstva na suchých loukách v okolí Berouna.

Metodika

Výzkum bude probíhat na třech lokalitách, kterými budou suché louky. Na každé lokalitě bude náhodně vybráno pět ploch o rozměrech 1x1 m. Na každé ploše bude stanovena celková pokryvnost bylinného patra v procentech a dále procentuální zastoupení jednotlivých druhů rostlin. Dále bude měřena volná a stlačená výška biomasy pomocí tallřového měřidla v rozích a uprostřed pro každou čtvercovou plochu. Odběr biomasy bude proveden z poloviny čtvercové plochy. Biomasa bude později v laboratorii roztříděna na trávy, byliny a bobovité. Jednotlivé skupiny rostlin budou zváženy v čerstvém stavu. Poté budou usušeny v papírových sáčcích v sušičce po dobu 12 hodin při teplotě 80 °C. Po vysušení budou jednotlivé skupiny rostlin opět zváženy.

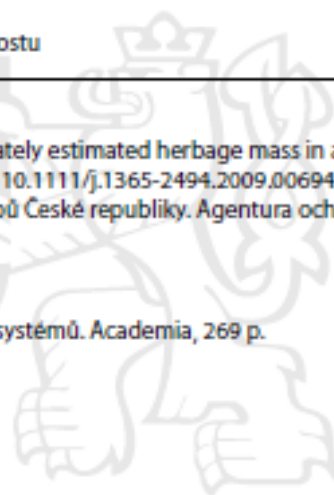
Doporučený rozsah práce

30 stran včetně příloh.

Klíčová slova

suché louky, funkční skupiny, biomasa, stlačená výška porostu

Doporučené zdroje informací

- Fehmi J. S. and Stevens J. M., 2009: A plate meter inadequately estimated herbage mass in a semi-arid grassland. *Grass and Forage Science*, 64, 322-327 doi: 10.1111/j.1365-2494.2009.00694x.
- Chytrý, M., Kučera, T. & Kočí, M. (eds.), 2010: Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 445 p.
- Kubát K. (ed.), 2002: Klíč ke květeně. *Academia*, 927 p.
- Moravec J. a kol., 2004: Fytoocenologie. *Academia*, 403 p.
- Rychnovská M. a kol., 1987: Metody studia travinných ekosystémů. *Academia*, 269 p.
- 

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Ondřej Cudlín, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2015

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 04. 04. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Ondřeje Cudlína, Ph.D., a že jsem uvedla všechny zdroje a literární publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 26. 3. 2015

Jana Šebestová

Poděkování

Mé poděkování patří ing. Ondřejovi Cudlínovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a trpělivost, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval. Děkuji také RNDr. Vladimírovi Pušovi, CSc., za jeho odborné konzultace, věcné připomínky a vždy pohotovou pomoc. V neposlední řadě děkuji Monice Vitáskové za pomoc při odběrech biomasy.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce bylo zjištění vztahu mezi výškou a množstvím nadzemní biomasy rostlinného společenstva na suchých loukách v okolí Berouna. Experiment, ze kterého tato práce vychází, probíhal od jara do podzimu 2014 u obce Loděnice v oblasti CHKO Český kras. Louky se přibližovaly biotopu „Širokolisté suché trávníky“.

Na třech loukách bylo náhodně vybráno pět ploch ve tvaru čtverce o rozměrech 1 x 1 m. Talířovým měřidlem byla v každé seči změřena výška travního porostu a proveden destruktivní odběr v květnu, červnu a říjnu. Odebrané vzorky byly následně vyříděny na jednotlivé agrobotanické skupiny (trávy, byliny, bobovité), vysušeny a zváženy. Práce by měla vést k objasnění, s jakou přesností je možné na základě výšky porostu odhadnout budoucí výnos. Dále výzkum vyhodnocuje, zda je pro statistickou analýzu lepší použít hodnoty maximální výšky porostu nebo výšky stlačené. Zabývá se také úvahou, s jakou přesností lze výnos odhadnout pouze na základě výšky a nebrat v úvahu diverzitu rostlinných druhů či další parametry.

Veškerá měření byla statisticky zpracována metodou lineární regrese v programu R na 5% hladině významnosti. Výsledky prokázaly, že výška má vliv na výnos. Je však pouze jedním z parametrů statistické analýzy. Pro přesnější výsledky je vhodné do testování zařadit další proměnné, např velikost listové plochy. Pokud mají suché louky vysoký podíl bylin, vysoké trávy zde nerepresentují stanoviště, a změření jejich výšky zkreslí výsledek.

Vyšší výnos nadzemní biomasy byl zjištěn z odběrů, které byly provedeny v první seči v letních měsících, kdy dosahovala výška a hustota porostu svého maxima. Přesnější výsledky vlivu výšky na výnos udávaly výpočty s použitím hodnot stlačené výšky.

Klíčová slova: suché trávníky, biomasa, seč, diverzita rostlinných druhů, talířové měřidlo, pokryvnost.

Abstract

The aim of this thesis was to finding the relationship between height and the amount of aboveground biomass of plant communities on dry meadows near city of Beroun. Experiment which this work is based on, took place near the village Loděnice in protected landscape area Czech Karst, from spring to autumn 2014. The meadows represents the biome of dry broadleaf-grasslands.

Five areas in square shape with dimensions 1 x 1 m were randomly selected on three meadows. Rising plate-meter was used for measuring a vegetation height, and destructive determination was made in May, June and October. The samples were then sorted out into individual agrobotanical groups (grasses, other herbs, trifoliums), dried and weighted. The thesis should explain the accuracy of determination of the future yield, based on vegetation height. The research also evaluates which measurement is better to use for the statistical analysis - the maximum height of vegetation or compressed height. It also discusses the accuracy with which revenues can be estimated only on the basis of height and disregard the diversity of plant species or other parameters.

All measurements were statistically processed by linear regression test to 5% level of significance. The results show that the height affects the yield. However, height is only one of the parameters of statistical analysis. For more accurate results other variables should be tested together, for example also the leaf area size. If dry meadows have a high proportion of herbs, then tall grass doesn't represent the habitat, and their height distorts the result.

Higher yield of aboveground biomass was detected from samples that were made just before the first mowing meadow vegetation in the summer months, when the height and density of vegetation reached its maximum. More accurate results for the importance of vegetation height to estimate the yield were reached by calculations using values of compressed height.

Keywords: dry grasslands, biomass, mowing, plant species, diversity, rising plate-meter, coverage.

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíl bakalářské práce	11
3	Literární rešerše	12
3.1	Trvalé travní porosty	12
3.1.1	Porostová skladba travních porostů.....	13
3.1.2	Obhospodařování travních porostů.....	14
3.1.3	Metody měření výšky porostu.....	14
3.1.4	Vyhodnocení tří rychlých metod měření	15
3.2	Suché trávníky	16
3.2.1	Stručná charakteristika suchých travních porostů.....	16
3.2.2	Rostlinné složení a biotopy.....	17
3.2.3	Obnova suchých luk	17
4	Metodika	19
4.1	Popis studované lokality.....	19
4.1.1	Louka nad Vápenkou.....	21
4.1.2	Louka Za zatáčkou	21
4.1.3	Louka U závory.....	22
4.2	Odběr nadzemní biomasy	23
4.2.1	Technické vybavení.....	23
4.2.2	Provedení odběru.....	23
4.2.3	Zpracování odebrané biomasy	25
4.3	Výsledky a statistické zpracování.....	26
4.3.1	Louka nad Vápenkou.....	26
4.3.2	Louka Za zatáčkou	27
4.3.3	Louka U závory.....	28
4.3.4	Porovnání celkového výnosu	29
4.3.5	Hmotnost biomasy vs. stlačená výška	30

4.3.6	Hmotnost biomasy vs. maximální výška	32
5	Diskuse	35
6	Závěr	37
7	Přehled literatury a použitých zdrojů	38
8	Přílohy	43
	Příloha 1	43
	Příloha 2	44

1 Úvod

Druhově bohaté louky patří ve střední Evropě k nejvíce ohroženým biotopům. Je to dáno mimo jiné jejich nevhodným obhospodařováním, což vede k jejich degradaci. Jejich obnovu můžeme zajistit vhodným managementem, jakým je správně načasované kosení či pastva. Ochrana přírody často vyžaduje odložení sklizně biomasy v travních porostech do letních měsíců z důvodu opětovného vysemenění rostlin, a tím zachování druhové diverzity travního porostu. V tomto období bývá i produkce biomasy na svém maximu. Je však otázkou, zda se u druhově bohatých suchých luk vyplatí ještě druhá podzimní seč pro produkci biomasy, zda by nebylo vhodnější zavést podzimní pastvu, např. ovce.

Co se týká samotné metody měření výšky porostu a následného využití naměřených dat, nebyla tato metoda u suchých luk v České republice ještě podrobněji popsána. Zejména, které z naměřených hodnot je lepší při následných výpočtech předpokládaného výnosu použít, aby bylo dosaženo co nejpřesnějšího výsledku.

Naměřená data je možné využít jako informace o fungování suchých travinných společenstev při managementu kosením, nebo zařazení dat do databáze vegetace České republiky, která je zpracovávána Ústavem botaniky a zoologie na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně.

Veškerý sběr dat probíhal na třech suchých loukách u obce Loděnice ve Středočeském kraji, v oblasti CHKO Český kras.

2 Cíl bakalářské práce

Práce je zaměřena na měření výšky lučního porostu na suchých loukách. Snahou je zjistit, zda je výška biomasy hlavním ukazatelem výnosu v rámci suchých luk. Cílem experimentu je:

1. Stanovit výšku a biomasu rostlinného společenstva na suchých loukách v okolí Berouna
2. Určit pokryvnost zkoumané plochy
3. Zjistit vztah mezi výškou a biomasou travního porostu
4. Porovnat výsledky při užití hodnot maximální a stlačené výšky
5. Zjistit celkový roční výnos na pozorovaných loukách

3 Literární rešerše

3.1 Trvalé travní porosty

Trvalé travinné porosty měly v naší krajině odedávna především produkční funkci. Jako louky a pastviny byly zdrojem píce pro dobytek a základem živočišné výroby (Rychnovská et al. 1987). Jsou důležitou součástí biosféry a patří k biologicky neaktivnějším a nejproduktivnějším fytoocenózám s rychlým výměnným cyklem a s vysokou schopností přemísťovat chemické prvky v biosféře. V našich podmínkách představují tyto cenózy jedny z nejstabilnějších ekosystémů v zemědělské krajině, které umožňují velmi dobrou ochranu půdy proti všem druhům eroze, využití minerálních a animálních hnojiv, ale i zadržení 80 až 90% srážkové vody (Klimeš 1997).

Klasické louky, tak jak je chápeme dnes, tj. sečně využívané travní porosty se specifickým druhovým složením, mohly vznikat nejdříve v době železné, protože do té doby nebyl znám nástroj, kterým by bylo možné travní porost rychle a efektivně sklízet. První kosa se u nás objevují teprve zhruba kolem roku 500 př. n. l. (Buček 2000). Většina lučních porostů u nás je výsledkem lidské činnosti. Druhové složení luk závisí na geografické poloze (včetně nadmořské výšky), stanovištních podmínkách a na způsobu obhospodařování (pastva či frekvence a doba sečí, pratotechnika). Zatímco první dva faktory silně ovlivňují možný soubor druhů, který může luční společenstvo vytvářet, obhospodařování z tohoto souboru druhy vybírá a určuje jejich zastoupení. Druhová bohatost lučních porostů je dána zastoupením dvouděložných rostlin, které mají odlišné chování od trav – nemají obvykle takovou regenerativní a konkurenční schopnost, jsou náročné na světlo apod. Luční společenstva jsou ve svém složení většinou stálá, ale zastoupení jednotlivých druhů se velmi pružně mění v závislosti na změnách průběhu počasí v jednotlivých letech a zejména způsobu obhospodařování (Kvítek et al. 1997).

V první polovině 20. stol. bylo na území dnešní České republiky evidováno téměř 1,2 milionu hektarů trvalých travních porostů (TTP). Dvě třetiny z toho za ujímalou louky a třetinu pastviny. V 60. – 80. letech 20. stol. V době kolektivního hospodaření však bylo asi 30 % rozlohy těchto TTP rozoráno. Po r. 1989 se změnila zemědělská politika a začalo se výrazně podporovat zpětné zatravnění orné půdy,

ze jména v méně produktivních oblastech. Zároveň došlo k rozpadu mnoha zemědělských družstev a dalších zemědělských subjektů, což spolu s pozemkovými restitučními způsoby způsobilo, že mnoho polí bylo opuštěno a došlo k jejich zatravnění přirozenou sukcesí. Do r. 2006 se ve dvou výrazných vlnách během 90. let opětovně zatravnilo asi 150 tisíc hektarů, což je 35 % rozlohy předtím rozoraných TTP. Program rozvoje venkova na roky 2007 – 2013 předpokládá další zatravnění orné půdy (je podporováno zvláštním ustanovením v rámci agroenvironmentálních programů) v rozsahu 300 tisíc hektarů. To by při plné realizaci znamenalo zvýšení rozlohy TTP na 110 % maxima známého z 30. let 20. stol. Hlavní motivací pro zatravnění je extenzifikace hospodaření, zachování zemědělského půdního fondu, ochrana půdy a vodohospodářské funkce TTP. Je tedy bezesporu žádoucí, aby se ekologie obnovy zabývala obnovou travních porostů na orné půdě (Prach et al. 2009).

3.1.1 Porostová skladba travních porostů

Vlastní porostová skladba travních porostů je představována z ekosystémového hlediska subsystémem producentů, který je vedle dalších subsystémů (konzumentů a dekompozitorů) součástí biotických prvků travních ekosystémů. Subsystém producentů travních porostů je v našich podmínkách tvořen autotrofními rostlinami, které dělíme na 3 floristické skupiny, označované též jako agrobotanické skupiny:

- trávy (druhy z čeledi lipnicovité – Poaceae)
- jeteloviny (druhy z čeledi bobovité – Fabaceae)
- ostatní byliny (druhy z ostatních čeledí)
- Někdy bývají zvláště vymezeny ještě dvě další skupiny:
- sítinovité a šáchorovité (tj. druhy z čeledí Juncaceae a Cyperaceae)
- mechy a lišejníky (Klimeš 1997)

Louky a pastviny zahrnují vegetaci s dominantními trávami a bylinami. Převaha jednotlivých druhů závisí na četnosti sečí, obsahu živin v půdě, půdní vlhkosti a nadmořské výšce. Mechové patro má obvykle malou pokryvnost, může však i chybět, nebo naopak být výrazně vyvinuto. Louky na středně mezických půdách se dělí na Mezofilní ovsíkové louky (T1.1), vyskytují se od nížin do podhorských oblastí, a Horské trojštětové louky (T1.2), které jsou analogií

ovsíkových luk v horách. Pokud jsou trávníky pravidelně paseny, vyvíjejí se na nich poháňkové pastviny (Kučera et Šumberová 2010). Aluviální psárkové louky (T1.4) se vyskytují v zaplavovaných částech říčních a potočních náplavů, stejně jako Vlhké pcháčové louky (T1.5) podél vodních toků (Chytrý 2010).

3.1.2 Obhospodařování travních porostů

Travní porosty je možno udržovat třemi základními způsoby, a to pastvou, sečením a mulčováním. Pastva je nejstarší způsob obhospodařování travních porostů. Sečení patří mezi tradiční způsoby jejich využívání. Jedná se o oddělení části nadzemní rostlinné biomasy od strniště ve výšce 3 – 10 cm nad povrchem země. Sečení se provádí 1-3x ročně, což je většinou dostatečné pro zajištění optimálního poměru výnosu píče a její kvality. První seč je většinou prováděna koncem května a v červnu, další seč následuje po 6 až 8 týdnech. Ve vyšších nadmořských výškách bývá počet sklizní redukován na jedno posečení v červenci (Hejduk et Gaisler 2006). Podle Blažkové (1989) kosení lučních porostů lze ekologickou terminologií nazvat disturbancí nadzemních částí biomasy. Při neúměrně časté nebo dlouhotrvající disturbanci nebo na druhé straně při její absenci se určité typy lučních ekosystémů hroutí. Při absenci kosení, kdy na neobhospodařovaných pozemcích vznikají luční úhory (luční lada) se druhové složení porostů mění ve prospěch statných bylin. Drobné přízemní druhy, které by díky kosení měly šanci vegetovat, jsou potlačeny.

Sečení více než jedenkrát do roka se téměř vždy negativně projevuje celkovým poklesem rozmanitosti bezobratlých. Lokálně vzácnější druhy v prostředí opakovaně narušovaném častou sečí nakonec nepřežijí. Jejich návrat do lokality může být ovlivněn migrační schopností. Proto je důležité ponechat v rámci pastvin a luk alespoň malé, dočasně neobhospodařované plochy jako útočiště hmyzu. Tato místa by se však měla po nějakém čase střídát, aby nedocházelo k jejich degradaci (Malenovský et al. 2006).

3.1.3 Metody měření výšky porostu

Množství nadzemní biomasy je možno určit mnoha různými způsoby. Destruktivní zjišťování je spojeno s odebráním rostlin a poškozováním porostu. Protože však destruktivní váhová metoda dovoluje poznat podobnou strukturu nejen porostu, ale i jednotlivých populací rostlin s minimálním technickým vybavením,

stala se nejrozšířenější a nejpoužívanější metodou pro produkční ekology (Rychnovská et al. 1987). Podle Jakrlové (1999), se rostlinnou biomasou rozumí hmota jedinců, populací, případně ostatních částí biocenózy rostlinné říše v plošném, případně prostorovém měřítku. Výška travního porostu se mění v průběhu sezóny.

Poměrně jednoduše lze horizontální strukturu vystihnout pomocí měření výšky porostu kalibrovanou tyčí s talířem o určité hmotnosti, tzv. talířové měřidlo – rising plate-meter (Pavlů et al. 2006). Rising-plate meter (RPM) je jednoduchý nástroj používaný k měření stlačené výšky porostu a odhadu výnosu z travních porostů (Castle 1976). V současnosti se často používá u travních porostů ke stanovení podrobné struktury porostu na pastvinách (Correll et al. 2003) a sečných loukách (Honsová et al. 2007). Měří výšku porostu po stlačení „talířem“ s kalibrovanou plochou a hmotností (0,071 m², 250 g) a zohledňuje hustotu porostu (Pavlů et al. 2006). Jako alternativu k RPM je možné použít standardní délkové měřidlo s výškovou stupnicí, kdy je měřena pouze výška porostu a není zohledněna jeho hustota (Bircham et al. 1983).

Nejmodernější, nejpřesnější měření výšky porostu a následně výnosu je metoda měření výšky ultrazvukovým senzorem. Jedná se o mobilní měření, kdy je sensor připevněn na vozidlo, které je vybaveno přesným GPS systémem. Sensor snímá výšku porostu a následně je vypočítán předpokládaný výnos dané plochy. Tuto metodu je však možné použít v případě ploch, kde se pěstují krmné směsi a není zde velká přítomnost plevelů, tzv. čisté plochy. Plevelé zvyšují výšku porostu a tím dochází při statistickém vyhodnocení k chybě. Je tedy ještě třeba tuto techniku dále vylepšovat (Fricke et al. 2011).

3.1.4 Vyhodnocení tří rychlých metod měření

Na základě experimentu, který popisuje ve své práci Stewart et al. (2001), se došlo k následujícím závěrům. Vyhodnocení metod měření bylo provedeno z hlediska praktičnosti a přesnosti při použití délkového měřidla s výškovou stupnicí, talířového měřidla a přímých metod měření. Každá z metod se ukázala jako vhodná pro měření porostu, který má širokou škálu výšky. Výšky šly jednoduše změřit a výsledné rozdíly v hodnotách byly zanedbatelné. Každá z metod má však své silné a slabé stránky. Délkové měřidlo poskytlo nejvíce proměnlivé výsledky, a tudíž bylo vyhodnoceno jako nejlepší metoda k získání údajů o stavbě porostu a jeho různých

výškách, včetně prázdných plošek. Metoda se však ukázala jako nevhodná pro měření krátkého porostu. Použití talířového měřidla se ukázalo jako nejhorší způsob při měření proměnlivosti výšky porostu a jako naprosto nevhodný pro měření výšek velmi nízkého porostu. Naopak u středně vysokých porostů byl tento způsob měření považován za nejlepší, tudíž je hojně využíván pro rozsáhlý monitoring půdy v rámci ochrany přírody a agroenvironmentálních programů. Přímá metoda – měření a destruktivní odběr, však poskytuje stále nejstálejší a nejpřesnější výsledky. Ukázala se jako jediná metoda, vhodná pro měření variací v porostu.

Vážný problém nastává ve chvíli, kdy výsledky výzkumu, doporučení a testy zahrnují více než jednu z metod. Délkové měřidlo udává konstantně vyšší absolutní hodnoty než některá z ostatních metod. Talířové měřidlo zase udává hodnoty výrazně nižší při měření výšky u nízkých porostů, než jaké udává délkové měřidlo a přímé metody. To vše může vést k závažným nepřesným interpretacím ekologických výsledků, potažmo doporučení v rámci ochrany přírody a agroenvironmentálních projektů (Stewart et al.).

3.2 Suché trávníky

3.2.1 Stručná charakteristika suchých travních porostů

Suché trávníky patří mezi botanicky nejbohatší a ekologicky nejvzácnější biotopy naší krajiny (Chytrý et al. 2007). Ve střední Evropě mají dva původy. Za prvé, suché trávníky mohou být pozůstatkem stepní vegetace, která byla rozšířena v pozdním pleistocénu (Bredenkamp et al. 2002; Böhmer 2003). Tyto pozůstatky vegetace přežily na mělkých půdách, skalních podložích nebo na jižních svazích. Za druhé, suché trávníky mohou být zbytkem pastvin, které vznikaly od neolitu (Ellenberg 1996).

Bez ohledu však na jejich původ, suché trávníky jsou chudé v obsahu dusíku. Mohou však vytvářet druhově bohatá společenstva, zejména na vápenitých půdách (Klotz et Kühn 2002; Van Swaay 2002; Wallis De Vries et al. 2002). Kromě toho, suché louky jsou útočištěm četných endemických druhů (Korneck et al. 1996; Medail et al. 1997).

3.2.2 Rostlinné složení a biotopy

Z fytoecenologického pohledu velká většina suchých trávníků ve střední Evropě patří do třídy Festuco-Brometea, někdy označovaných jako xerothermní trávníky a stepi (Wolkinger et al. 1981).

Suché trávníky jsou biotopy stepního charakteru se zastoupením suchomilných a teplomilných druhů rostlin. Dominantními jsou nejčastěji trávy, z nichž se na nejsušších místech vyskytují převážně trsnaté druhy z úzce svinutými listy, především kostřavy a kavyly (*Festuca spp.* a *Stipa spp.*). Na méně suchých půdách převládají výběžkaté širokolisté druhy, nejčastěji válečka prapořitá (*Brachypodium pinnatum*). Biotopy suchých trávníků se člení zejména podle hloubky půdy a s tím související vlhkosti. Na velmi mělkých a suchých půdách na skalnatých svazích se vyskytuje Skalní vegetace s kostřavou sivou (*Festuca pallens*; T3.1), na vlhčích, zejména severně orientovaných skalnatých svazích ji nahrazují Trávníky s pěchavou vápnomilnou (*Sesleria caerulea*; T3.2), na středně hlubokých a přitom suchých půdách se vyvíjejí Úzkolisté suché trávníky (T3.3) a na hlubokých a vlhkostně příznivějších půdách se vyskytují Širokolisté suché trávníky (T3.4). Posledním biotopem jsou Acidofilní suché trávníky (T3.5), které se vyvíjí na mělkých až středně hlubokých půdách na horninách s kyselou reakcí (Chytrý 2010).

3.2.3 Obnova suchých luk

Suché louky patří zároveň i mezi nejvíce ohrožená rostlinná společenstva ve střední Evropě. Mnoho luk bylo v minulosti rozoráno a tím došlo k jejich úbytku. Po roce 1990 dochází k jejich opětovné obnově, avšak regenerační schopnost na narušených plochách, vzniklých rozoráním, je poměrně dlouhá. Bylo zjištěno, že ani po deseti letech sukcese nevznikla na plochách druhová skladba rostlin, která by odpovídala složení původní komunity. Z této analýzy vyplývá, může trvat dvacet nebo více let, než se podaří obnovit původní společenstvo suchých luk na zrušených polích. To podtrhuje význam ochrany původních společenstev (Stadler et al. 2007). Jongepierová et al. (1994) popisují zkušenosti s čištěním takových ploch např. v Bílých Karpatech, kde již byly obnoveny seče na více než 200 ha ladem ležících luk. Rychlost obnovy je podle podmínek a lokality v lučních porostech svazu Bromion 5-15 let.

Obnovu luk významně podporuje zakládání biokoridorů jako metoda řízení sukcese v rámci realizace ÚSES, je však velmi dlouhodobou a postupnou záležitostí (Zimová et al. 1997).

4 Metodika

4.1 Popis studované lokality

Praktická část bakalářské práce Význam výšky porostu pro odhad výnosu na suchých loukách byla prováděna v terénu na třech suchých loukách. Louky se nacházejí jihozápadním směrem od Prahy k Berounu, v okrese Beroun, v katastrálním území Loděnice. Suchá louka „Nad Vápenkou“ leží v CHKO Český kras, suchá louka „U závory“ a louka „Za zatáčkou“ na jeho těsné hranici. Louky se nacházejí v nadmořské výšce mezi 310 m n. m. až 430 m n. m. (CUZK 2015).

Na základě bonitované půdně ekologické jednotky BPEJ byla provedena charakteristika odběrných lokalit (obr. č. 3, tab. č. 1). Bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ) je pětimístný číselný kód charakterizující zemědělské pozemky. Jednotlivé číselné hodnoty vyjadřují hlavní půdní a klimatické podmínky, které mají vliv na produkční schopnost zemědělské půdy a její ekonomické ohodnocení. Na obr. č. 1 jsou údaje, které jsou pro všechny tři pozemky shodné, leží ve stejném klimatickém regionu. Pozemky se však liší svažitostí terénu, půdní expozicí a půdním typem.

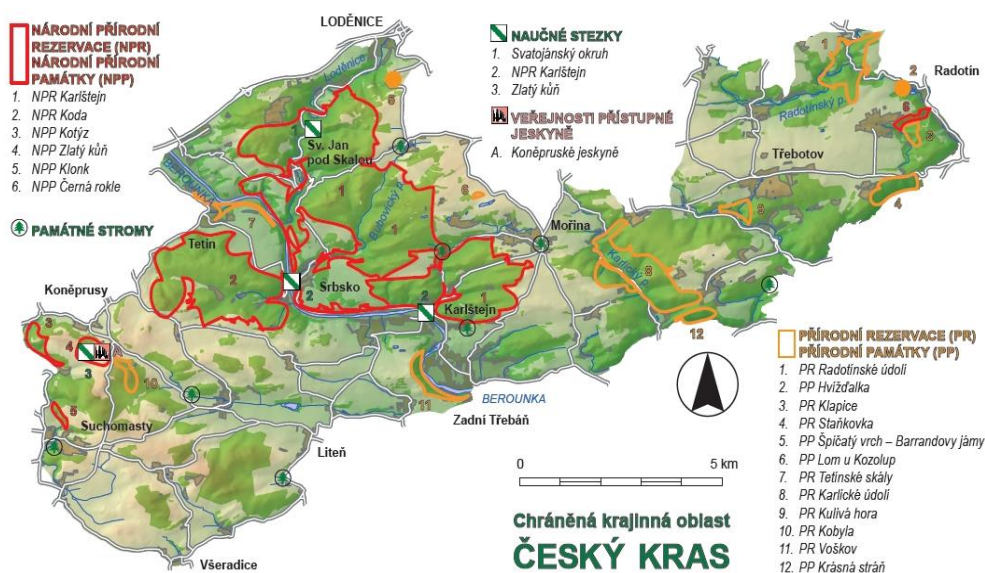
Základní charakteristiky klimatických regionů							
Kód KR	Symbol KR	Charakteristika regionu	Suma teplot nad 10 °C	Průměrná roční teplota °C	Průměrný úhrn srážek (mm)	Pravděpodobnost suchých vegetačních období v %	Vláhová jistota ve vegetačním období
4	MT 1	mírně teplý, suchý	2400-2600	7-8,5	450-550	30-40	0-4

Obr. č. 1: Klima CHKO Český kras (VÚMOP 2015)

Tvar a konfigurace terénu ovlivňuje, nebo přímo podmiňuje mnoho významných činitelů. Zahrnuje nejnižší a nejvyšší polohy, u kterých rozlišujeme tzv. výškové stupně tj. nížiny až hornatiny. Svažitost ovlivňuje i stupeň vláh v půdě a erozi půdy. Se svažitostí vzrůstá odtok a zmenšuje se ovlhčení půdy. Důležitým faktorem je i orientace ke světovým stranám. Jinak se chová půda na severním svahu, který je chladnější oproti stejnému svahu, ale s teplou jižní expozicí (VÚMOP 2015)

Jádro Českého krasu i jeho západní část patří do oblasti mírně teplé, mírně suché s mírnou zimou. Průměrná roční teplota činí 8 – 9°C, průměrný roční úhrn

srážek dosahuje 530 mm. Srážkové maximum připadá na červenec. V zimních měsících jsou srážky minimální, sněhová pokrývka je nízká a vytrvává jen krátce. Díky pestrosti terénu a charakteru rostlinného pokryvu se zde výrazně uplatňují mikroklimatické vlivy (AOPK ČR 2015).



Obr. č. 2: CHKO Český kras (AOPK ČR 2015)



Obr. č. 3: Místa odběru biomasy (CUZK 2015) – autorská úprava (2015)

4.1.1 Louka nad Vápenkou

Suchá louka nad Vápenkou u Loděnice je v současné době součástí 2. zóny odstupňované ochrany přírody CHKO Český kras. Leží na parcele č. 1593/6 dle stávajícího katastru nemovitostí. Zeměpisné souřadnice jsou 49° 59' s. š. a 14° 9' v. d. Parcelu v současné době obhospodařuje paní Ivana Marhoulová, majitelka nedalekého jezdeckého Ranče U kotvy, sečením. Louka je jednosečná (Marhoulová 2014, in verb.). Druh pozemku je evidován jako trvalý travní porost (CUZK 2015). Tato bonitovaná půdně ekologická jednotka spadá do čtvrtého klimatického regionu, který charakterizuje převážně sušší a teplejší klima.

Reliéf pozemku je silně svažité, kategorie jeho sklonitosti je 5, 6, což je příkrý sklon až sráz, svažitost terénu se pohybuje v rozmezí od 17° do 25°, v některých místech je sklon terénu i větší než 25°. Expozice pozemku je sever (severozápad až severovýchod) (tab. č. 1).

Tvar a konfigurace terénu ovlivňuje, nebo přímo podmiňuje mnoho významných činitelů. Zahrnuje nejnižší a nejvyšší polohy, u kterých rozlišujeme tzv. výškové stupně tj. nížiny až hornatiny. Svažitost ovlivňuje i stupeň vláh v půdě a erozi půdy. Se svažitostí vzrůstá odtok a zmenšuje se ovlhčení půdy. Důležitým faktorem je i orientace ke světovým stranám. Jinak se chová půda na severním svahu, který je chladnější oproti stejnému svahu, ale s teplou jižní expozicí. Louka Nad Vápenkou kombinací všech těchto faktorů je typickým zástupcem suché louky. Podložími horninami jsou vulkanit, bazalt a diabas, které pokrývá vrstva pararendziny arenické (tab. č. 1).

4.1.2 Louka Za zatáčkou

Louka Za zatáčkou se nachází v blízkosti hranice CHKO Český kras. Leží na parcele č. 1171/2 dle stávajícího katastru nemovitostí, její zeměpisné souřadnice jsou 49° 58' s. š. a 14° 9' v. d. (CUZK 2015). Parcela je obhospodařována ZD Mořina sečením jednou za rok (Herout 2014, in verb.) a je evidována podle katastru nemovitostí jako trvalý travní porost. Spadá do čtvrtého klimatického regionu, který je charakteristický teplejším a sušším klimatem (obr. č. 1).

Pozemek svou svažitostí spadá do kategorie sklonitosti 4, což jsou pozemky s výrazným sklonem mezi 12° – 17°. Jeho orientace je na sever (severozápad až severovýchod). Podložními horninami jsou zde vápenec, břidlice jílovitá, silicit a tufit. Horní vrstvu zeminy tvoří hnědozem modální (tab. č. 1).

4.1.3 Louka U závory

Studovaná louka U závory leží v ochranném pásmu CHKO Český kras, jihozápadní část pozemku kopíruje silnici, která tvoří hranici chráněné oblasti. Parcelní číslo je 1280/6 dle stávajícího katastru nemovitostí, zeměpisné souřadnice jsou 49° 58' s. š. a 14° 9' v. d. Louka je obhospodařována ZD Mořina sečením a na podzim mulčováním (Herout 2014, in verb.). V katastru nemovitostí je evidována jako trvalý travní porost. Spadá do čtvrtého klimatického regionu (obr. č. 1).

Svojí svažitostí patří pozemek do kategorie sklonitosti 4 – pozemek s výrazným sklonem 12° – 14°. Expozice části pozemku, kde byl prováděn průzkum, je jihozápad. Podložními horninami je zde vápenec, břidlice, silicit, tufit. Půdu tvoří hnědozem modální (tab. č. 1).

Základní charakteristika lokalit

Lokalita	Svažitost terénu	Expozice pozemku	Půdní typ	Dominanty	Subdominanty
Nad Vápenkou 49°59'13"N 14°09'31"E	17° - 25°, > 25°	sever	pararendzina arenická	<i>Festuca rupicola</i> <i>Avenula pubescens</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i> <i>Knautia arvensis</i> <i>Fragaria viridis</i> <i>Sanguisorba minor</i> <i>Galium album</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Astragalus glycyphyllos</i> <i>Trisetum flavescens</i>
Za Zatačkou 49°59'07"N 14°10'27"E	12° - 17°	sever	hnědozem modální	<i>Bromus erectus</i> <i>Briza media</i> <i>Salvia pratensis</i> <i>Festuca pratensis</i> <i>Dactylis glomerata</i>	<i>Carex sp.</i> <i>Fragaria viridis</i> <i>Plantago media</i> <i>Onobrychis viciifolia</i> <i>Vicia cracca</i>
U Závory 49°58'53"N 14°09'39"E	12° - 14°	jihozápad	hnědozem modální	<i>Festuca rupicola</i> <i>Brachypodium pinnatum</i> <i>Achillea millefolium</i> <i>Salvia pratensis</i>	<i>Onobrychis viciifolia</i> <i>Carex sp.</i> <i>Sanguisorba minor</i> <i>Centaurea triumphetti</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Leontodon hispidus</i>

Tab. č. 1: Charakteristika lokalit odběru biomasy a pokryvnost dominantami (>20%) a subdominantami (>5%)

4.2 Odběr nadzemní biomasy

4.2.1 Technické vybavení

Dřevěný rám ve tvaru čtverce o rozměrech 1 x 1 m k vymezení odběrové plochy, přístroj GPS, zahradnické nůžky Gardena, talířové měřidlo s kalibrovaným talířem 0,071 m², 250 g (tzv. rising plate-meter), igelitové pytle, papírové sáčky, elektrická sušička, kalibrované laboratorní váhy, protokoly, lihová fixa na popisování, tužka, atlas květin.

4.2.2 Provedení odběru

Odběry byly prováděny nejprve 21. 5. a 26. 5. 2014. Tyto odběry proběhly na základě informací ZD Mořina o termínu první seče. Seč však v plánovaném termínu neproběhla a posunula se o měsíc. Biomasa na loukách za období jednoho měsíce narostla, proto byly odběry a měření výšek travního porostu provedeny znovu v druhé polovině června 2014. V té době již výška travních porostů dosáhla svého maxima před první sečí.

Další odběr a měření výšky biomasy se uskutečnil v říjnu 2014 před druhou sečí. Na každé louce se v každém termínu odebírala biomasa z pěti odběrových čtverců. Výběr odběrových ploch na každé louce byl vždy prováděn formou náhodného výběru, aby byl charakterizován typický porost a zároveň vynechána netypická místa. Netypickým místem je např. místo mechanicky poškozené, různé prolákliny nebo místa s náletovými dřevinami.

Na vybrané místo byl k zemi položen dřevěný rám. Přístrojem GPS byly změřeny zeměpisné souřadnice místa odběru. Pro co nejpřesnější hodnocení na základě odběrů je třeba trávu kolem rámu urovnat tak, aby v něm zůstaly jen ty rostliny, které v něm koření. Rostliny, které do něj u krajů zasahovaly, bylo třeba pod rámem provléknout ven. Od dalšího kroku bylo již nutné všechny údaje zaznamenávat.



Obr. č. 4: Dřevěný rám 1 x 1 m ohraničuje zkoumanou a odběrovou plochu (foto: Šebestová 2014)

Byla pohledem shora odhadnuta celková pokrývnost plochy rostlinami. Dále bylo odhadem stanoveno, kolik procent pokrývnosti plochy zaujímají trávy, a kolik byliny. Pomocí talířového měřidla byla změřena výška a stlačená výška travního porostu v rozích čtverce a v jeho středu. Jako následující krok bylo třeba stanovit odhadem procentuální zastoupení jednotlivých druhů rostlin, které se ve čtvercové ploše nacházely. Pokud jsem si nebyla jista některým druhem rostliny, použila jsem klíč k určování rostlin a rostliny určila podle Kubáta et al. (2002). Údaje byly zaznamenány.

Samotný odběr nadzemní biomasy byl proveden z půlky plochy čtverce, která byla vytyčena přehrazením rámu tyčí z talířového měřidla. Travní porost byl odstřižen zahradnickými nůžkami téměř u povrchu půdy, vložen do pytlů a označen. Po odběrech byla biomasa transportována do laboratoře ČZU, kde byla následně rozebrána.



Obr. č. 5: Měření výšky porostu talířovým měřidlem (foto: Cudlín 2014)

4.2.3 Zpracování odebrané biomasy

V laboratoři byly vzorky biomasy v čerstvém stavu rozebrány. Při této činnosti je třeba dbát na to, aby se vzorky z jednotlivých lokalit a odběrových ploch nepomíchaly. Některý den byly totiž odebrány vzorky ze dvou různých lokalit. Obsah každého pytle z dané odběrové plochy se třídil ručně. Byl rozebírán na tři skupiny: trávy dohromady (*Poaceae*, *Juncaceae* a *Cyperaceae*), byliny (rostliny bylinného typu) a bobovité (*Fabaceae*). Tato činnost byla nejnáročnější částí celého experimentu, jelikož byla časově velmi náročná. Bylo třeba z biomasy také vytřídit různý odpad jako suché listy, drobné větvičky, hmyz. Vytříděné skupiny byly vloženy do papírových sáčků a v čerstvém stavu zváženy na laboratorních vahách. Sáčky byly popsány. Biomasa byla v papírových sáčcích sušena v elektrické sušičce v laboratoři Fakulty životního prostředí na ČZU při teplotě 80° C po dobu 12 hodin. Po vysušení byla biomasa opět zvážena na laboratorních vahách a výsledek zaznamenán.

Na základě naměřených údajů byly výsledky statisticky zpracovány a vyhodnoceny.

4.3 Výsledky a statistické zpracování

Naměřená data byla zpracována v matematickém software R, který je specializovaný na statistiku. Grafy byly vypracovány v programu Microsoft Excel 2013.

Naměřené hodnoty výšek porostu v jednotlivých obdobích a váha usušené biomasy jsou dvě kvantitativní proměnné, z nichž jedna je závislá a druhá nezávislá. Závislá proměnná vždy závisí na nezávislé proměnné, nikoli naopak! V tomto případě se tedy jedná o analýzu jednoduché lineární regrese. Použití této analýzy v podobném experimentu popisují Scrivner et al. (1986), kde jsou porovnávány hodnoty výnosu před a po zavedení rotační pastvy.

Byly provedeny dva výpočty. První s hodnotami stlačené výšky porostu, druhý s hodnotami maximální výšky porostu pro zhodnocení, která výška je jako nezávislá proměnná vhodnější pro přesnější výsledek prokázání závislosti.

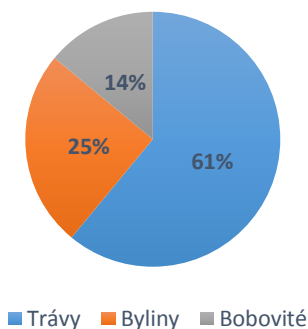
4.3.1 Louka nad Vápenkou

Odebírání vzorků proběhlo dne 17. 6. 2014, což bylo tři dny před první sečí. V tuto dobu se pokryvnost odběrových ploch pohybovala v rozmezí od 70 do 85%. Převahu v pokryvnosti zaujímaly trávy s dominantou kostřavy žlábkaté (*Festuca rupicola*) a ovsíře pýřitého (*Avenula pubescens*). Z bylin, které zde rostly, bych zmínila jahodník trávnic (*Fragaria viridis*), krvavec menší (*Sanguisorba minor*), svízel bílý (*Galium album*), tolice dětelová (*Medicago lupulina*) nebo úročník bolhoj (*Anthyllis vulneraria*). Průměrná výška rostlin na ploše byla 86,72 cm, stlačená výška 28,12 cm.

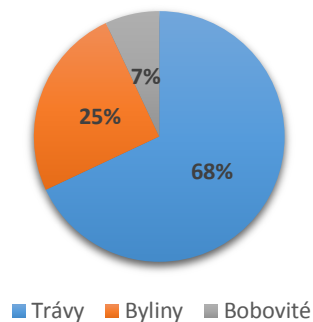
Na podzim odběry vzorků proběhly dne 5. 10. 2014. Pokryvnost ploch byla stejná jako v letním období, a to 75 – 85%. Opět v pokryvnosti dominovaly trávy, a to především ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), kostřava žlábkatá (*Festuca rupicola*) a srha říznačka (*Dactylis glomerata*). Z bylin svízel bílý (*Galium album*), jahodník trávnic (*Fragaria viridis*), řebříček obecný (*Achillea millefolium*) a kozinec sladkolistý (*Astragalus glycyphyllos*). Průměrná maximální výška travní biomasy dosahovala 53,36 cm, stlačená výška již byla oproti létu výrazně nižší, a to pouhých 13,52 cm. Nižší stlačenou výšku přikládám přítomnosti trav s vyššími

stébly, která se při stlačení talířovým měřidlem (RPM) tzv. rozjedou do stran a talíř se zastaví na bylinách, které měly zhuštěnou pokrývnost v nižších patrech.

Podíl skupin na výnosu - letní seč



Podíl skupin na výnosu - podzim



Obr. č. 8: Podíl agrobotanických skupin na výnosu - letní seč

Obr. č. 9: Podíl agrobotanických skupin na výnosu – podzim

4.3.2 Louka Za zatáčkou

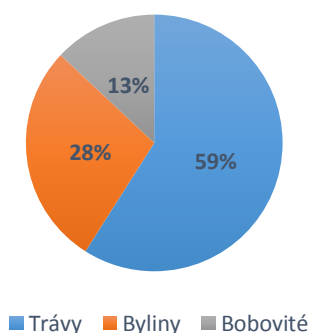
Odebírání letních vzorků se uskutečnilo dne 20. 6. 2014. Tato louka se vyznačovala vysokou pokrývností druhů (80 – 85%) a na první pohled upoutala nafialovělým odstínem své plochy. Zabarvení louky vytvořila třeslice prostřední (*Briza media*). Její klásky mají nafialovělou barvu a jsou široce srdčité (obr. č. 10). Z bylin dominovala šalvěj luční (*Salvia pratensis*) a jitrocel prostřední (*Plantago media*). Průměrná maximální výška rostlin dosahovala 87,8 cm, stlačená 23,6cm.

Druhé odběry biomasy proběhly dne 25. 10. 2014. Pokrývnost byla velmi vysoká, dosahovala 90 – 95%. Dominantní byla *D. glomerata*, *F. rupicola* a *S. pratensis* společně s chrpou chlumní (*Centaurea triumfettii*). Stlačená výška dosahovala průměrně pouhých 10,76 cm, důvodem bylo velké množství přizemních listů bylin, trávy se v podstatě nestlačovaly, stébly se opět rozjela do stran podél talíře.

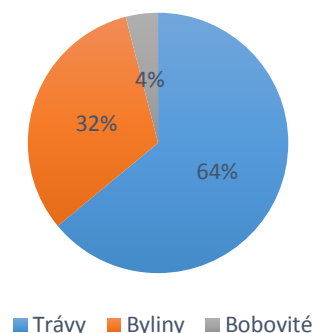


Obr. č. 10: Klásek třeslice prostřední (*Briza media*) je srdčitý a má nařialovělé zabarvení (foto: Wikimedia Commons 2015)

Podíl skupin na výnosu - letní seč



Podíl skupin na výnosu - podzim



Obr. č. 11: Podíl agrobotanických skupin na výnosu - letní seč

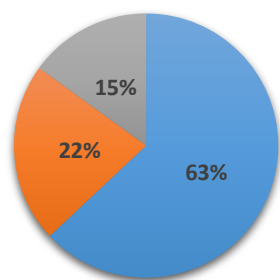
Obr. č. 12: Podíl agrobotanických skupin na výnosu – podzim

4.3.3 Louka U závory

Louka U závory se díky své expozici k jihozápadu vyznačovala v létě i na podzim 95% pokryvností. První odběr vzorků proběhl dne 26. 6. 2014. V létě zde dominovaly tyto druhy trav: *F. rupicola*, *A. elatius*, *P. pratensis*. Z bylin *S. pratensis*, vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia*), *F. viridis*. Maximální průměrná výška dosahovala 88,2 cm a stlačená 22,64 cm.

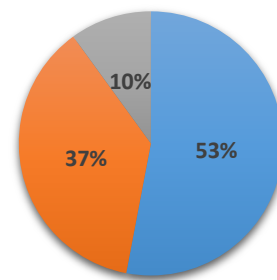
Při druhém odběru na podzim 25. 10. 2014 dominovala *F. rupicola*, *D. glomerata* a trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*). Z bylin, které byly hojně zastoupeny, dominovala *C. triumfettii* spolu s řebříčkem obecným (*Achillea millefolium*). Louka vykazuje vysoký podíl bylin na výnosu (obr. č. 14).

Podíl skupin na výnosu - letní seč



■ Trávy ■ Byliny ■ Bobovité

Podíl skupin na výnosu - podzim



■ Trávy ■ Byliny ■ Bobovité

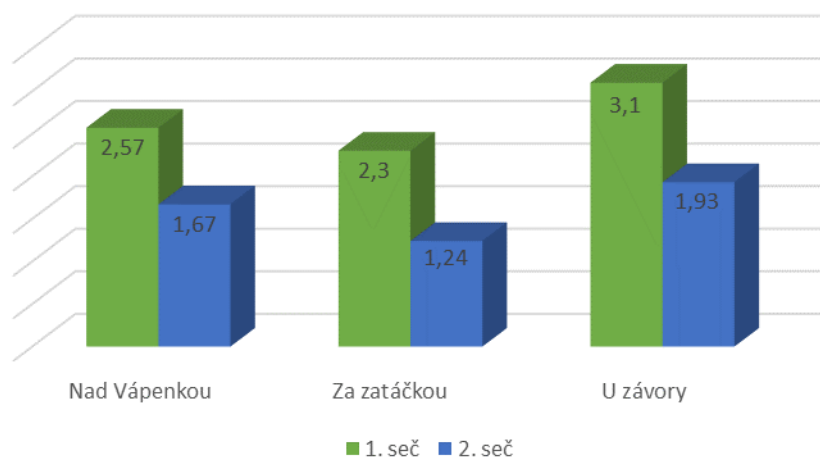
Obr. č. 13: Podíl agrobotanických skupin na výnosu - letní seč

Obr. č. 14: Podíl agrobotanických skupin na výnosu – podzim

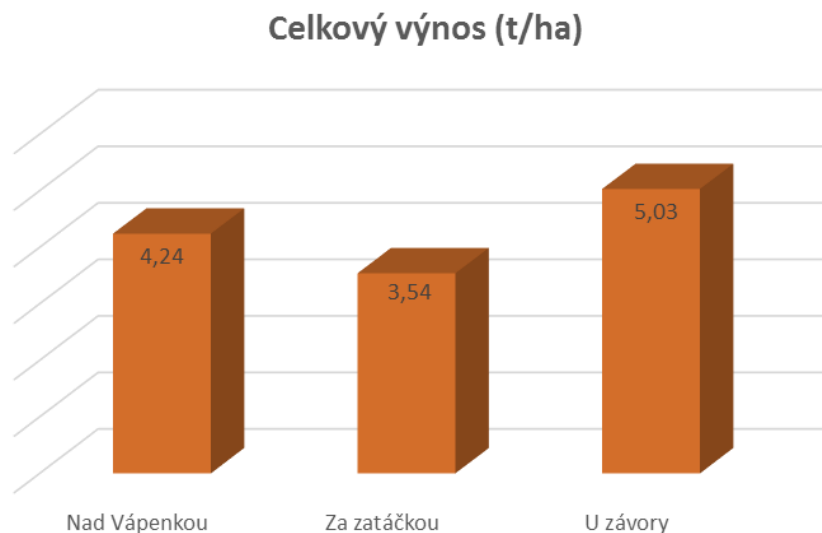
4.3.4 Porovnání celkového výnosu

Naměřená data byla přepočítána na celkovou hmotnost suché biomasy na hektar plochy. Nejvyšší výnos biomasy byl zjištěn u louky U závory, naopak nejnižší biomasu měla louka Za zatačkou (obr. č. 15, 16).

Celkový výnos dle období (t/ha)



Obr. č. 15: Porovnání předpokládaných výnosů suché biomasy z první a druhé seče



Obr. č. 16: Celkový předpokládaný výnos suché biomasy za celé období – porovnání lokalit

4.3.5 Hmotnost biomasy vs. stlačená výška

Jako nezávislá proměnná X_i byla brána průměrná hodnota změřené stlačené výšky každého stanoviště. Korelační přímka je tedy sestavena ze 45 hodnot průměrných stlačených výšek stanovišť (obr. č. 6).

X_i ... nezávislá proměnná – výška

Y_i ... závislá proměnná – hmotnost biomasy

Závislá proměnná se vynáší na svislou osu Y, nezávislá proměnná na vodorovnou osu X.

Model (obecná přímka)

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + e_i$$

α, β ... neznámé parametry

X_i ... i-tá hodnota nezávislé proměnné

Y_i ... i-tá hodnota závislé proměnné

e_i ... náhodná chyba

Koeficienty

$\beta = 4,327$... sklon přímky

$\alpha = 25,870$... průsečík přímky s Y

Závislost biomasy na výšce lze popsat rovnicí:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i$$

$$\text{Biomasa} = 25,870 + 4,327 \cdot 0,748$$

Test hypotéz

$$H_0: \beta = 0$$

- výnos biomasy nezávisí na výšce porostu

$$H_1: \beta \neq 0$$

- výnos biomasy závisí na výšce porostu

H_0 se zamítá, p-hodnota: $9,59 \cdot 10^{-7}$

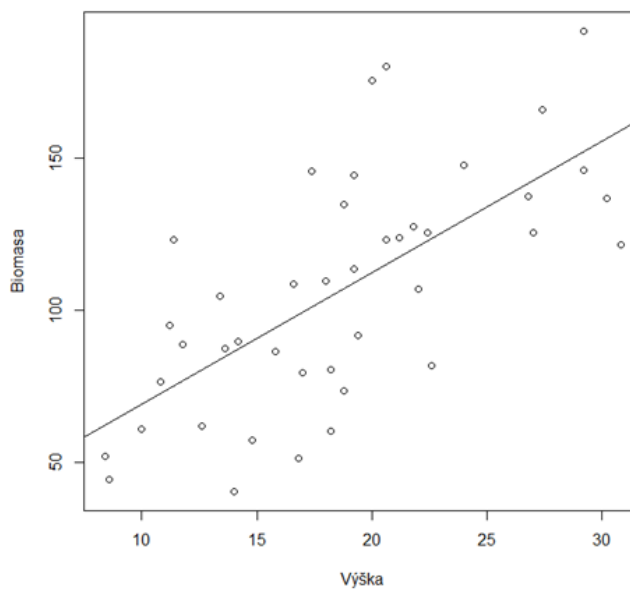
Koeficient determinace $R = 0,4552$

Náš model vysvětluje 46 % rozptylu dat Y_1, \dots, Y_i .

Výška porostu vysvětluje 46 % rozptylu výnosu biomasy

Korelační koeficient $R = 0,4416$

Celý model vysvětluje 44 % variability.



Obr. č. 6: Graf lineární regrese s hodnotami stlačené výšky

Interpretace výsledků

Podle hodnoty korelačního koeficientu se jedná o kladnou závislost, tzn. čím vyšší je stlačená výška porostu, tím je vyšší výnos biomasy. Podle koeficientu determinace daný regresní model vysvětluje 46 % rozptylu závislé proměnné (výnos). Model jako celek je statisticky významný, protože p-hodnota $9,59 \cdot 10^{-7}$ je menší než hladina významnosti $\alpha = 0,05$.

4.3.6 Hmotnost biomasy vs. maximální výška

Jako nezávislá proměnná X_i byla brána průměrná hodnota změřené maximální výšky každého stanoviště. Korelační přímka je sestavena ze 45 hodnot průměrných maximálních výšek stanovišť (obr. č. 7).

X_i ... nezávislá proměnná – výška

Y_i ... závislá proměnná – hmotnost biomasy

Závislá proměnná se vynáší na svislou osu Y, nezávislá proměnná na vodorovnou osu X.

Model (obecná přímka)

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + e_i$$

α, β ... neznámé parametry

X_i ... i-tá hodnota nezávislé proměnné

Y_i ... i-tá hodnota závislé proměnné

e_i ... náhodná chyba

Koeficienty

$\beta = 2,098$... sklon přímky

$\alpha = 74,384$... průsečík přímky s Y

Závislost biomasy na výšce lze popsat rovnicí:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i$$

$$\text{Biomasa} = 74,384 + 2,098 \cdot 0,441$$

Test hypotéz

$$H_0: \beta = 0$$

- výnos biomasy nezávisí na výšce porostu

$$H_1: \beta \neq 0$$

- výnos biomasy závisí na výšce porostu

H_0 se zamítá, p-hodnota: $2,43 \cdot 10^{-5}$

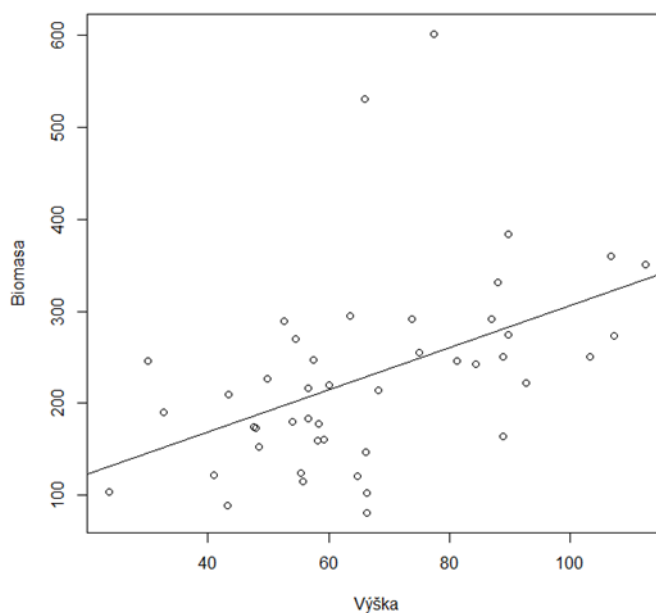
Koeficient determinace $R^2 = 0,3558$

Náš model vysvětluje 36 % rozptylu dat Y_1, \dots, Y_i .

Výška porostu vysvětluje 36 % rozptylu výnosu biomasy

Korelační koeficient $R = 0,34$

Celý model vysvětluje 34 % variability.



Obr. č. 7: Graf lineární regrese s hodnotami maximální výšky

Interpretace výsledků

Podle hodnoty korelačního koeficientu se jedná o kladnou závislost, tzn. čím vyšší je maximální výška porostu, tím je vyšší výnos biomasy. Podle koeficientu determinace daný regresní model vysvětluje 36 % rozptylu závislé proměnné

(výnos). Model jako celek je statisticky významný, protože p-hodnota $2,43 \cdot 10^{-5}$ je menší než hladina významnosti $\alpha = 0,05$.

5 Diskuse

Měřené hodnoty a jejich následné vyhodnocení prokázaly vliv výšky porostu na výnos sušené biomasy. Na základě výsledků regresní analýzy byl však koeficient determinace s hodnotou 0,46 u stlačené výšky poměrně nízký. Bylo by proto vhodné do dalšího testování zařadit další proměnné, např. velikost listové plochy. Například Pokluda et Kuben (2002) uvádějí vyšší hmotnost biomasy v závislosti na výšce rostliny, počet listů a jejich šířce. Coruh et Tan (2008) upozorňují na vyšší výnosy biomasy ze sklizeného pole s vojtěškou setou (*Medicago sativa*), které bylo z 50,1 % zapleveleno širokolistými bylinami.

Listová plocha nebyla v tomto experimentu sledována. Byla však vypořovávána větší hmotnost sušené biomasy u stanovišť s větším zastoupením širokolistých bylin, např. *Salvia pratensis*. Všeobecně v místech, kde se vyskytovaly byliny s hojným počtem listů u půdního povrchu, nebyla naměřena vysoká výška. Hmotnost biomasy však byla značná. Pokud se na ploše nacházely vyšší trávy, které ale na suchých loukách netvoří hlavní strukturu porostu, byly v menšině, a tudíž neměly hlavní podíl na biomase. Z tohoto důvodu vyšly i lépe výsledky regrese se stlačenou výškou. Hodnoty maximální výšky porostu se u suchých luk s druhovou rozmanitostí ukázaly jako zavádějící. Porost není homogenní a vysoké trávy mají menší zastoupení, tudíž netvoří hlavní složku biomasy. Hakl et al. (2008) uvádějí měření porostu vojtěšky seté (*Medicago sativa*), kdy hodnoty stlačené výšky vykazovaly podobný odhad výnosu jako hodnoty reálné výšky. Porost byl však homogenní. Hlavním faktorem snižující přesnost odhadu u stlačené výšky byla slehlá místa. V experimentu druhově rozmanitých suchých luk mohou být těmito místy, která snižují přesnost odhadu, místa s výskytem *Arrhenatherum elatius*. Tuto domněnku potvrzují Moffet et al. (2012) na základě měření stlačených výšek mladé pšenice a žita. U porostu vysvětloval korelační koeficient R 73 % variability, bylo však zapotřebí minimálně 30 měření. Pokud však porost nevykazoval výškové odchylky, výška porostu vysvětlovala 95 % rozptylu výnosu biomasy. Dojde se tedy k velmi přesnému výsledku odhadu budoucího výnosu. Čím vyšší je však druhová diverzita porostu, a tudíž i jeho různá patrovitost, tím více měření je nutné provést k dosažení co nejpřesnějšího výsledku.

Louka Nad Vápenkou a Za zatáčkou jsou jednosečné louky. Louka U závory je kosena dvakrát a v druhé seči mulčována. Vykazuje také nejvyšší výnos, na kterém se až 38 % podílejí byliny, zejména *Salvia pratensis*. Mládek et Hejzman (2006) doporučují u širokolistých suchých trávníků buď pouze jednorázovou jarní pastvu při nejvyšší kvalitě píče, nebo podzimní přepasení otav.

6 Závěr

Druhově rozmanité suché louky, pokud jsou správně obhospodařovány, vykazují poměrně dobrý výnos. Jsou typické převahou trav, hojně jsou zastoupeny i byliny.

Nejmenší podíl v druhové skladbě zaujímal na všech třech loukách skupina bobovitých. Pokryvnost luk byla vysoká, na podzim převažovala pokryvnost bylinami, především širokolistými jako *Salvia pratensis*, *Plantago lanceolata* či *Centaurea triumfettii*. Byla prokázána i určitá závislost výnosu na výšce porostu. U suchých luk bohatých na přizemní byliny je však nutné brát v potaz množství biomasy vzniklé právě vysušením těchto bylin. Vysoké druhy trav, které v tomto biotopu nepřevažují, není možné posuzovat jako reprezentanty výšky porostu. Je tedy lepší pro přesnější prokázání závislosti množství biomasy na výšce počítat vždy se stlačenou výškou.

Výška porostu pro odhad výnosu suchých luk se ukázala pouze jako jeden z parametrů ovlivňující výsledek odhadu. Zajímavé by bylo vzít v úvahu i vliv jednotlivých rostlinných druhů na množství vyprodukované biomasy, význam jednotlivých bylin či velikost jejich listové plochy. Nejvyšší výnos vykazovala louka U závory, která měla nejvyšší procentuální zastoupení podílu bylin. Pokud by větší množství bylin zvýšilo celkový výnos, bylo by dobré upravit management tak, aby vedl k jejich vyšší diverzitě, a tím zároveň i k vyšší produkci biomasy. Velké množství vyprodukované a dále využitelné biomasy by mohlo fungovat jako motivace k efektivnímu obhospodařování porostu. Ráda bych v řešení těchto otázek pokračovala ve své diplomové práci a došla k ještě přesnějším výsledkům. Zajímavé by bylo porovnat výsledky v rámci různých typů luk, které se od suchých liší druhovou skladbou.

Každopádně je nutné pravidelné obhospodařování porostů. Na živinami chudých stanovištích se při ponechání porostů ladem vyvíjí středně vysoké, řídké společenstvo trsnatých, často plevelných trav a porostová skladba porostu se postupně zhoršuje a později klesá i biodiverzita. Konkurenční schopnost porostu je malá a brzy nastává nálet dřevin.

7 Přehled literatury a použitých zdrojů

AOPK ČR, 2015: CHKO Český kras.

<http://ceskykras.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/>, cit. 15. 3. 2015.

BIRCHAM J. S. et HODGSON J., 1983: The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. *Grass and forage science* 38(4): 323 – 331.

BLAŽKOVÁ D., 1989: Louky, jejich ohrožení a problémy ochrany. Památky a příroda, Praha.

BÖHMER H. J., 2003: Die Halbtrockenrasen der Fränkischen Alb-Strukturen, Prozesse, Erhaltung. *Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft* 41(1): 323 – 344.

BREDENKAMP G. J., SPADA F. et KAZMIERCZAK E., 2002: On the origin of northern and southern hemisphere grasslands. *Plant Ecology* 163(2): 209 – 229.

BUČEK A., 2000: Krajina České republiky a pastva. *Veronica* 14: 1 – 7.

CASTLE M. E., 1976: A simple disc instrument for estimating herbage yield. *Grass and Forage Science* 31(1): 37 – 40.

CORRELL O., ISSELSTEIN J. et PAVLU V., 2003: Studying spatial and temporal dynamics of sward structure at low stocking densities: the use of an extended rising-plate-meter method. *Grass and Forage Science* 58(4): 450 – 454.

CORUH I. et TAN M., 2008: Lucerne persistence, yield and quality as influenced by stand aging. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 51(1): 39 – 43.

ČÚZK, 2015: Místa odběru biomasy. <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>, cit. 15. 2. 2015.

ELLENBERG H., 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

FRICKE T., RICHTER F. et WACHENDORF M., 2011: Assessment of forage mass from grassland swards by height measurement using an ultrasonic sensor. *Computers and Electronics in Agriculture* 79(2): 142 – 152.

HAKL J., ŠANTRŮČEK J., HEJCMAN M. et FUKSA P., 2008: The relation of compressed height to alfalfa (*Medicago sativa* L.) dry matter yield. *Scientia Agriculturae Bohemica* 39 (1): 12 – 15.

HEJDUK S. et GAISLER J., 2006: Obhospodařování travních porostů. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M. et GAISLER J. [eds]: Pastva jako prostředek údržby trvalých porostů v chráněných územích, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.

HONSOVÁ D., HEJCMAN M., KLAUDISOVÁ M., PAVLŮ V., KOCOURKOVÁ D. et HAKL J., 2007: Species composition of an alluvial meadow after 40 years of applying nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. *Preslia* 79: 245 – 258.

CHYTRÝ M., HOFFMANN A. et NOVÁK J., 2007: Suché trávníky. In: CHYTRÝ M., KOČÍ M., ŠUMBEROVÁ K., SÁDLO J., KRAHULEC F., HÁJKOVÁ P., HÁJEK M., HOFFMANN A., BLAŽKOVÁ D., KUČERA T., NOVÁK J., ŘEZNÍČKOVÁ M., ČERNÝ T., HÄRTEL H. et SIMONOVÁ D. : Vegetace České republiky: 1. Travná a keříčková vegetace. Ed. 1, Academia, Praha.

CHYTRÝ M., 2010: T3 Suché trávníky. In: CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V. et LUSTYK P. [eds], Katalog biotopů České republiky. Ed. 2, AOPK ČR, Praha.

JAKRLOVÁ J., 1999: Ekologický slovník. Fortuna, Praha.

JONGEPIEROVÁ I., JONGEPIER J. W. et KLIMEŠ L., 1994: Obnova druhově bohatých luk v Bílých Karpatech (Restoration of species-rich meadows in the Bílé Karpaty Mountains). *Příroda* 1: 185 – 189.

KLIMEŠ F., 1997: Luknářství a pastvinářství. Ekologie travních porostů. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

KLOTZ S. et KÜHN I., 2002: Soziologische Bindung der Arten. In: KLOTZ S., KÜHN I. et DURKA W. [eds]: BIOFLOR – eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. Bundesamt für Naturschutz, Bonn. Schriftenreihe für Vegetationskunde 38.

KORNECK D., SCHNITTLER M. et VOLLMER I., 1996: Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (*Pteridophyta* et *Spermatophyta*) Deutschlands. In: Bundesamt für Naturschutz [eds], Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. Bonn. Schriftenreihe für Vegetationskunde 28: 21 – 182.

KUČERA T. et ŠUMBEROVÁ K., 2010: Louky a pastviny. In: CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V. et LUSTYK P. [eds], Katalog biotopů České republiky. Ed. 2, AOPK ČR, Praha.

KVÍTEK T., GRULICH V., HRABĚ F., JONGEPIEROVÁ I., KLIMEŠ F., KRAHULEC F., KLÍMOVÁ P., MRKVIČKA J., ŘEPKA R., SVOBODOVÁ M., ŠANTRŮČEK J., ŠEVČÍKOVÁ M., ŠRÁMEK F. et VESELÁ M., 1997: Udržení, zlepšení a zakládání druhově bohatých luk. Metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J. jun., KAPLAN Z., KIRSCHNER J. et ŠTĚPÁNEK J. [eds], 2002: Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha.

MALENOVSKÝ I., KMENT P., CHOBOT K., PŘIDAL A. et RESL K., 2006: Nadzemní fauna bezobratlých. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M. et GAISLER J. [eds]: Pastva jako prostředek údržby trvalých porostů v chráněných územích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.

MEDAIL F. et VERLAQUE R., 1997: Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica: Implications for biodiversity conservation. *Biological Conservation* 80: 269 – 281.

MLÁDEK J. et HEJCMAN M., 2006: Typy pastevně využívaných TTP dle Katalogu biotope ČR. In: In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M. et GAISLER J. [eds]: Pastva jako prostředek údržby trvalých porostů v chráněných územích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.

MOFFET C., REUTER R., ROGERS J. et BLANTON J., 2012: Using a Plate Meter to Measure Forage Productivity. *Ag News and Views*. <http://www.noble.org/ag/pasture/plate-meter/>, cit. 29. 3. 2015.

PAVLŮ V., GAISLER J., MLÁDEK J. et PAVELČÍK P., 2006: Charakteristika pastevního porostu. In: MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M. et GAISLER J. [eds]: Pastva jako prostředek údržby trvalých porostů v chráněných územích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.

PRACH K., JONGEPIEROVÁ I., JÍROVÁ A. et LENCOVÁ K., 2009: Ekologie obnovy narušených míst IV. Obnova travinných ekosystémů. (Restoration Ecology of Disturbed Localities IV. Revitalization of Grass Ecosystems). *Živa* 4/2009: 165 – 167.

POKLUDA R. et KUBEN J., 2002: Comparison of selected Swiss chard (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* L.) varieties. *Hortic Science* 29: 114 – 118.

RYCHNOVSKÁ M., BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ E., BĀR I., FIALA K., GLOSER J., JAKRLOVÁ J., MAKUŠOVÁ Z., TESAŘOVÁ M., ÚLEHLOVÁ B. et ZELENÁ V., 1987: Metody studia travinných ekosystémů. Academia, Praha.

SCRIVNER H. J., CENTER M. D. et JONES B. M., 1986: A rising plate meter for estimating production and utilization. *Journal of range management* 39(5): 475 – 477.

STADLER J., TREFFLICH A., BRANDL R. et KLOTZ S., 2007: Spontaneous regeneration of dry grasslands on set-aside fields. *Biodiversity and Conservation* 16(3): 621 – 630.

STEWART K. E. J., BOURN N. A. D. et THOMAS J. A., 2001: An evaluation of three quick methods commonly used to assess sward height in ecology. *Journal of Applied Ecology* 38(5): 1148 – 1154.

VAN SWAAY C. A. M., 2002: The importance of calcareous grasslands for butterflies in Europe. *Biological Conservation* 104(3): 315 – 318.

VÚMOP, v.v.i., 2015: Základní charakteristika klimatických regionů. <http://bpej.vumop.cz/44199>, cit. 15. 3. 2015.

WALLIS DE VRIES M. F., POSCHLOD P. et WILLEMS J. H., 2002: Challenges for the conservation of calcareous grasslands in northwestern Europe: integrating the requirements of flora and fauna. *Biological Conservation* 104(3): 265 – 273.

WIKIMEDIA COMMONS, 2015: Klásek *Briza media*. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Briza_media_spikelet.jpg, cit. 13. 3. 2015.

WOLKINGER F. et PLANK S., 1981: Dry grasslands of Europe. Council of Europe, Strasbourg.

ZIMOVÁ E., ŠTĚPNIČKOVÁ I. et MARTĚNEK J., 1997: Obnova druhově bohatých luk v rámci navrhování a realizace ÚSES. Referáty ze semináře Obnova druhově bohatých luk: 14 – 19.

8 Přílohy

Příloha 1

Maximální výška vs. biomasa – analýza rozptylu (lineární regrese)

v programu R

```
> data=read.table(file.choose(),header=T)
> fix(data)
> attach(data)
> summary(data)
      Výška      Biomasa
Min.   : 23.6   Min.   : 80.7
1st Qu.: 53.3   1st Qu.:160.1
Median : 60.0   Median :217.0
Mean   : 66.3   Mean   :213.5
3rd Qu.: 85.7   3rd Qu.:262.3
Max.   :112.4   Max.   :383.7
> names(data)
[1] "Výška"  "Biomasa"
> mdl=lm(Biomasa~Výška)
> mdl

Call:
lm(formula = Biomasa ~ Výška)

Coefficients:
(Intercept)      Výška
      74.384         2.098

> summary(mdl)

Call:
lm(formula = Biomasa ~ Výška)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-132.991  -37.984   -3.808   45.592  120.875

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  74.3844    30.7137   2.422  0.0199 *
Výška        2.0980     0.4409   4.758 2.43e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 61.8 on 41 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3558,    Adjusted R-squared:  0.34
F-statistic: 22.64 on 1 and 41 DF,  p-value: 2.433e-05

> plot(Biomasa~Výška)
> abline(mdl)
```

Obr. č. P 1: Analýza rozptylu lineární regrese v programu R u maximální výšky

Příloha 2

Stlačená výška vs. biomasa – analýza rozptylu (lineární regrese)

v programu R

```
> data=read.table(file.choose(),header=T)
> fix(data)
> attach(data)
> summary(data)
      Výška      Biomasa
Min.   : 8.40   Min.    : 40.35
1st Qu.:14.05   1st Qu.: 79.83
Median :18.50   Median :107.66
Mean   :18.67   Mean    :106.64
3rd Qu.:21.95   3rd Qu.:133.03
Max.   :30.80   Max.    :191.83
> names(data)
[1] "Výška"  "Biomasa"
> mdl=lm(Biomasa~Výška)
> mdl

Call:
lm(formula = Biomasa ~ Výška)

Coefficients:
(Intercept)      Výška
      25.870         4.327

> summary(mdl)

Call:
lm(formula = Biomasa ~ Výška)

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-47.189 -18.662   2.578  16.292  65.149

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  25.8698    14.6576   1.765   0.0852 .
Výška         4.3267     0.7484   5.782 9.58e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 28.76 on 40 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4552,    Adjusted R-squared:  0.4416
F-statistic: 33.43 on 1 and 40 DF,  p-value: 9.585e-07

> plot(Biomasa~Výška)
> abline(mdl)
```

Obr. č. P 2: Analýza rozptylu lineární regrese v programu R u stlačené výšky