

*Universita Palackého v Olomouci*

*Přírodovědecká fakulta*

*Katedra botaniky*



*Bakalářská práce*

***Přesličky podrodu Hippochaete (rod Equisetum, Equisetaceae) a jejich  
proměnlivost v lomu Kotouč u Štramberka***

*The horsetails of subgenus Hippochaete (Equisetum genus, Equisetaceae) and  
their variability in Kotouč quarry near the town of Štramberk*

***Ondřej Pospíšil***

*Studijní obor: Biologie a ekologie*

*Forma studia: Prezenční*

*Vedoucí práce: RNDr. Zbyněk Hradílek, Ph.D.*

*Konzultanti práce: Mgr. Michala Jandová*

*Olomouc 2015*

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Zbyňka Hradílka, Ph.D. a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

V Olomouci, dne: .....

.....

Ondřej Pospíšil

## **Poděkování**

Můj dík náleží největším dílem mému školiteli Zbyňkovi Hradílkovi, kterému děkuji za poskytnutí materiálů všeho druhu a za jeho dlouholeté pedagogické i vědecké zkušenosti a lidský přístup, který mi často byl oporou proti studentským zmatkům a trpělivě usměřoval ručičku kompasu mého úsilí ke zdárnému cíli. Dále bych rád poděkoval Míše Jandové za obětavou pomoc a vedení laboratorních prací, bez čehož by této práci chyběly základní informace. V poslední řadě děkuji za nepřímý vliv Martina Duchoslava a Františka Krahulce na mou práci.

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Ondřej Pospíšil

Název práce: Přesličky podrodu *Hippochaete* (rod *Equisetum*, Equisetaceae) a jejich proměnlivost v lomu Kotouč u Štramberka

Typ práce: bakalářská

Pracoviště: Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palckého v Olomouci

Vedoucí práce: RNDr. Zbyněk Hradílek, Ph.D.

Rok obhajoby: 2015

Abstrakt:

V lomu Kotouč u Štramberka byla zkoumána populace přesliček podrodu *Hippochaete* (Equisetaceae) tvořená druhy *Equisetum ramosissimum*, *E. variagatum* a hybridem *E. ×meridionale*. Metodou průtokové cytometrie byla potvrzena přítomnost pouze diploidních jedinců a pro *Equisetum ramosissimum* byla zjištěna vyšší hodnota velikosti genomu než je uváděna v literatuře. Analýza anatomicko-morfologických znaků ukázala na vhodné determinační znaky, které by mohli přispět k přesnějšímu určení taxonů podrodu *Hippochaete*. Jejich použitelnost je však nutné otestovat na dalších populacích rostlin. Touto metodou byla také zjištěna značná variabilita *E. ramosissimum*. Analýzou dat velikosti spor nebyla zjištěna výrazná rozdílná velikost spor mezi zkoumanými taxony. Mezi spory *E. ×meridionale* nebyly nalezeny žádné životaschopné spory.

Klíčová slova: *Hippochaete*, Kotouč, Štramberk, průtoková cytometrie, velikosti genomu, morfologie, anatomie

Počet stran: 57

Počet příloh: 17

Jazyk: český

## Bibliographical identification

Name of autor: Ondřej Pospíšil

Title: The horsetails of subgenus *Hippochaete* (Equisetum genus, Equisetaceae) and their variability in fracture Kotouč near Štramberka

Type of thesis: bakalářská

Department: Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palckého v Olomouci

Supervisor: RNDr. Zbyněk Hradílek, Ph.D.

The year of presentation: 2015

## Abstract:

A population of horsetails from location quarry Korouč near Štramberk was investigated. This population consisted of subgenus *Hippochaete* (*Equisetaceae*), species *Equisetum ramosissimum*, *E. variagatum* and their hybrid *E. × meridionale*. The literature reports lower C value of *Equisetum ramosissimum* than discovered here. Analysis of anatomical and morphological characteristics shows appropriate determination characteristics which could contribute to better and more accurate detection of the species of the subgenus *Hippochaete*. However, further testing of other populations is required to confirm the usefulness of these characteristics. This method also found considerable variability within *E. ramosissimum*. Data analysis of spore size detected difference among the studied taxas. There were not also certain differences within cones of this species. No viable spores were detected among the spores of *E. × meridionale*.

Keywords: *Hippochaete*, Kotouč, Štramberk, flow cytometry, genome size, morphology, anatomy

Number of pages: 57

Number of appendices: 17

Language: Czech

## Obsah:

### 1. Úvod

### 2. Cíle práce

### 3. Rod *Equisetum*

#### 3.1. Anatomický a morfologický popis

#### 3.2. Ontogenetický vývoj

#### 3.3. Karyologie a evoluce

#### 3.4. Areál

#### 3.5. Ekologie

#### 3.6. Obsahové látky a využití

#### 3.7. Členění rodu *Equisetum*

#### 3.8. Rod *Equisetum* na území České republiky

#### 3.9. Podrod *Hippochaete*

#### 3.10. Hybridizace podrodu *Hippochaete*

### 4. Materiál a metodika

#### 4.1. Popis lokality

##### 4.1.2. Geologie, paleontologie a archeologie

##### 4.1.3. Historie lomu

##### 4.1.4. Fytogeografie a květena

##### 4.1.5. Klimatologie

##### 4.1.6. Popis studovaných taxonů

##### 4.1.7. Sběr rostlinného materiálu

#### 4.2. Hodnocení morfologických a anatomických znaků

#### 4.3. Měření velikosti a životaschopnosti spor

#### 4.4. Stanovení velikosti genomu

##### 4.4.1. Průtoková cytometrie

4.4.2. Vlastní postup stanovení velikosti genomu

4.5. Statistické zpracování dat

5. Výsledky a diskuse

5.1. Anatomie a morfologie

5.2. Výtrusy

5.3. Porovnání velikosti výtrusů ve třech zónách strobilu

5.4. Stanovení ploidie a velikosti genomu

6. Závěr

7. Literatura

9. Přílohy

## 1. Úvod

Přesličky jsou jednou z nejstarších skupin cévnatých rostlin (Novák 1971, Holub 1972, Bennert & al. 2005). V současnosti je na celém světě respektováno asi 15 druhů přesliček ve 2 podrodech (Holub 1972, Bennert & al. 2005). Z těchto 15 druhů je v květeně České republiky zastoupeno 9 druhů a 3 mezidruhová kříženci. Zatím co téměř všechny pravé přesličky (subgenus *Equisetum*) jsou relativně hojnými druhy v květeně České republiky (výjimkou je vzácná přeslička luční), cídivky (podrod *Hippochaete*) jsou výrazně vzácnější. Vyskytují se ojediněle a většinou jde o výskyty jednoho druhu. Jen vzácně jde o společné výskyty cídivek na jedné lokalitě. V těch případech je možné očekávat i přítomnost hybridů a tím pádem i možnost bližšího zkoumání variability rodičů a jejich hybridních rostlin. Tuto vzácnou příležitost v minulosti využili Hrouda & Krahulec (1982), když v roce 1976 našel druhý z autorů unikátní lokalitu u Slovenské Lupče, kde rostly 2 druhy cídivek (*Equisetum ramosissimum* a *E. variegatum*) a 2 kříženci (*E. ×moorei* a *E. ×meridionale*). V České republice je současný výskyt dvou cídivek (*E. variegatum* a *E. ramosissimum*) známý jen na unikátní lokalitě v lomu Kotouč u Štramberka. Tam v roce 2012 našel Z. Hradílek také jejich křížence *E. ×meridionale*. Hybridní rostliny a také jeden z rodičovských druhů (*E. ramosissimum*) vykazovaly nápadnou morfologickou proměnlivost. Ojedinělý výskyt hybrida (byl několik desítek let v ČR nezvěstný) poskytl příležitost ke studiu jeho variability.

Přes relativně velký zájem o přesličky v minulosti a malý počet druhů dodnes trvají problémy s jejich determinací a také s determinací jejich hybridů. Rozhodl jsem se přispět k poznání proměnlivosti cídivek v lomu na Kotouči, jimž hrozí v blízké budoucnosti zánik pokračující těžbou vápence.

## 2. Cíle práce

Tato práce si klade za úkol zhodnotit variabilitu rostlin *Equisetum ramosissimum*, *E. variegatum* a kříženec *E. × meridionale* v lomu Kotouč nedaleko Štramberka. Řešeny byly následující otázky:

1. Jaká je variabilita anatomických a morfologických znaků studovaných rostlin?
2. Liší se tyto druhy velikostí genomu?
3. Mají také kříženci zelené výtrusy?



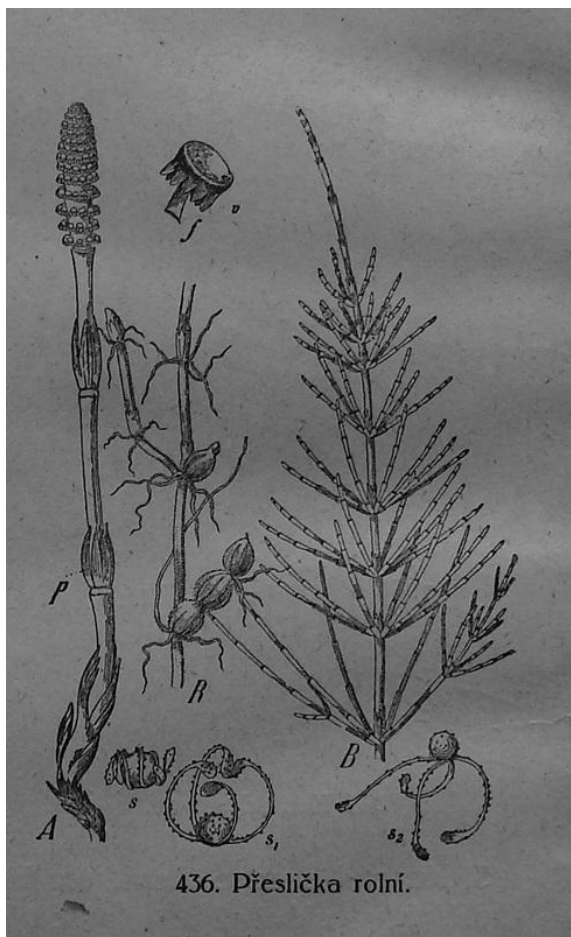
### 3. Rod *Equisetum* (L.)

#### 3.1.1. Anatomický a morfologický popis

Skupina vytrvalých rostlin, jejichž sporofyty mají velmi větvené v půdě horizontálně uložené oddenky tmavé barvy (obr. 1.), lysé i s jednotlivými trichomy. Pomocí oddenků se rostliny intenzivně rozrůstají (Novák 1971, Hrouda 1988), mohou být až 15 metrů dlouhé a prorůstají do hloubek i přes 150 centimetrů. Z uzlin (nodů) vyrůstají adventivní kořeny s vlášením a srostlé šupinovité listy tvořící pochvu. Články mohou být ztlustlé a tvořit útvary podobné hlízám (obr. 1.), kde se hromadí zásobní látky, slouží k přezimování i k intenzivnímu vegetativnímu množení, stejně tak i oddenky (Novák 1971). Zajímavý způsob vegetativního rozmnožování bývá popisován u severoamerických okruhů druhu *E. hyemale* (L.) rostoucích podél vodních toků, kde jsou intenzivně okusovány ondatrami, vzniklé fragmenty jsou schopné zakořenit a dát tak základ nové populaci. Vegetativní rozmnožování má význam především pro zachování hybridních taxonů (Holub 1972) a často může převládat nad pohlavním rozmnožováním, např.: *E. arvense*. Není tomu tak například u *E. telmateia* (Brune & al. 2008). Monopodiální (Peciar & al. 1984) nadzemní lodyha je velikostně rozmanitá, od několika centimetrů výšky a několika milimetrové šířky u druhu *E. scirpoides* (Michx.), až po 5-12 metrů vysoké lodyhy se šířkou do 2,5 cm u jihoamerické *Equisetum giganteum* (L.), která je výškou největším druhem s liánovitým vzrůstem, popírá se o větve stromů tropických lesů. Nejširší, až 10 cm silné lodyhy, má *E. schaffneri* (Milde) (Novák 1971, Peciar & al. 1984). Lodyhy je dále možné dělit podle funkce. Některé přesličky, jako například *Equisetum arvense* a *E. telmateia* je mají dvojího typu, takzvaně heterofyadicko-ametabolní. U nich z jara vyrůstají nejprve plodné, „jarní“ lodyhy (obr. 1.), které nesou výtrusný klas, jsou nevětvené s velkými suchomázdřítými pochvami a bez chlorofylu. Po vyprášení výtrusů zanikají. Zanedlouho vyrážejí i neplodné, „letní“ lodyhy (obr. 1.) obsahující chlorofyl, ty se u většiny druhů větví. Dalším typem jsou rostliny podobné podrodu *Hippochaete* a rostliny onoho podrodu, jejichž lodyhy jsou morfologicky stejné a vyrůstají z jara, během léta a podzimu se na vrcholech některých z nich vytvářejí výtrusné šištice. Tyto rostliny nazýváme jako homofyadické a patří sem například *E. palustre* (L.) a *E. fluviatile*. Poslední možností je situace, kdy z jara vyrůstají nezelené plodné lodyhy, které se po odpození větví, tvoří chlorofyl, zaniká výtrusný klas a stává se z ní lodyha „letní“, tento proces je možno sledovat u *E. sylvaticum* a *E. pretense*. Druhy spadající do této skupiny označujeme jako heterofyadicko-

metabolní (Polívka 1927, Novák 1971, Peciar & al. 1984, Hrouda 2002). Dále je možné přesličky dělit na monomorfní, ty vypouštějí výtrusy v letním období (5. - 9. měsíc) a dimorfní, jejichž strobily jsou zakládány v pozdním létě, kdy probíhá i meióza a spory jsou uvolněny na jaře následujícího roku (Holub 1972). Povrch lodyhy je pokryt pokožkovými buňkami, které jsou silně inkrustované oxidem křemičitým a kutikulou obsahující velmi často křemité hrbolky a další útvary z tohoto materiálu (Novák 1971, Hrouda 1988). Pokožka je vždy bez chlupů a chloroplastů (Novák 1971). Lodyhy sestávají z článků (internodií) s dutinami a růstovým meristémem na jeho bázi a uzlin (nodů) bez dutin. Některé druhy jsou zcela nebo zpravidla nevětvené, avšak u většiny druhů ze spodní části nodů vyrůstají článkované větve povrchového původu (Novák 1971, Hrouda 1988), u druhu *E. sylvaticum* jsou větve dokonce dále větveny do 2. až 3. stupně. Větve mají podobnou strukturu jako stonky, mají však jen centrální dutinu, která není přítomna ve větvích všech druhů. Z horních částí článku, těsně pod nodem vyrůstají v přeslenu nezelené suchomázdřité listy mikrofylního typu, které tvoří větve podpírající pochvu se zuby (Novák 1971), ta kryje dělivé pletivo na bázi článku (Peciar & al. 1984). Jejich počet odpovídá počtu žeber a slouží především jako mechanická ochrana vzrostného vrcholu. U vlhkomilných druhů se nacházejí na vnitřní (adaxiální) straně listů hydatody. Na povrchu internodií se nacházejí žebra (carinae), ta však mohou být v některých případech jen slabě znatelná, viz. *E. fluviatile*. Mezi žebry se nacházejí rýhy (valleculae), v nichž jsou většinou soustředěna veškerá stomata. Některé druhy mají rýhy i na žebrech a označujeme je jako rýhy karinální. Počet žeber odpovídá počtu cévních svazků. Uvnitř lodyhy se v jejím středu nachází centrální dutina lyzogenního původu, která je z pravidla největší a je obklopena chlorenchymem a pod žebry nahloučeným sklerenchymem. V prostoru, mezi centrální dutinou a rýhami se nacházejí valekulární dutiny vznikající rychlým růstem článků a mezi centrální dutinou a žebry je pak dutiny karinální. Cévní svazek je uložen ve středním válci mezi valekulárními dutinami, tedy pod každým žebrem. Xylém je protoxylemárního typu obsahující pouze tracheidy, recentní přesličky tedy nemají deuteroxylém a druhotně netloustnou (Novák 1971), pouze jihoamerická *E. xylochaetum* má zdřevnatělé stonky (Peciar & al. 1984). Cévní svazek se v místě přisedání listu dělí na tři větve, kdy prostřední vchází do listu, zatímco se boční větve vzájemně rozcházejí a spojují s větvemi svazků sousedních, splynulé tak vcházejí do následujícího článku (Novák 1971). Na vrcholu plodné lodyhy se nachází výtrusný klas (strobilus), který se skládá ze stopkovitých šestibokých, v přeslenech umístěných štítků zvaných sporangiofory (obr. 1.). Na jejich spodní straně se nacházejí 5-6 (10) eusporangiální výtrusnice (brašničky, sporangia), tvořena dvou až několika vrstevnými stěnami (Polívka 1927, Novák 1971, Sharma

& al. 2009). Na spodní straně výtrusnice se nachází jednovrstevné tapetum, obalující sporogenní pletivo. V době zrání výtrusnic se stopečky i včetně klásku prodlužují a zvětšuje se vzdálenost mezi štítky, vznikají tak štěrbiny, kterými se uvolňují spory. Strobilus je stonkového původu (Novák 1970). U podrodu *Hippochaete* je zpravidla zakončen hrotem (Novák 1971, Bennert & al. 2005). Výtrusy (obr. 1.) všech druhů přesliček se podle Nováka (1971) v podstatě neliší, jsou kulatého tvaru o velikosti 35 – 40  $\mu\text{m}$ . Bývají označovány jako izospory – tedy morfologicky stejné výtrusy (např. Novák 1971), Simpson (2010) je označuje jako „homosporous“ tedy v podstatě shodně a někdy jsou považovány za homioispority (Peciar & al. 1984) aby se zdůraznily pohlavně rozlišené prokly, které z příslušné tetrády výtrusů vyklíčí. Vnější blána výtrusů, kterou Novák nazývá perispór, se u zralých výtrusů dělí ve 2 ramena (mrštíky, haptery) spojená ve středu s výtrusem, takže tvoří celkem 4 pentlice (obr. 1.) (Polívka 1927, Novák 1971). Haptery jsou vláhojevné a na koncích ramen lopatkovitě rozšířené. Výtrusy jsou již před vyklíčením zelené, jelikož obsahují četné chloroplasty (Velenovský 1905). Dalším biologicky významným rysem výtrusů přesliček je jejich krátkodobá klíčivost (Duckett 1970, Novák 1971, Hrouda & Krahulec 1982). Velikost výtrusů je velmi proměnlivá a přibližně ve stejném rozpětí hodnot u všech druhů podrodu *Hippochaete* (Duckett 1970, Hrouda & Krahulec 1982). Hrouda (1988) udává rozpětí hodnot pro všechny u nás rostoucí cídivky 55 – 60  $\mu\text{m}$ , pro zástupce podrodu *Equisetum* pak 45 – 55  $\mu\text{m}$ . Naproti tomu Holub (1972) uvádí, že jsou jen 10  $\mu\text{m}$  velké u podrodu *Hippochaete* a v případě druhého podrodu dokonce menší. Pro křížence jsou typické výtrusy vesměs bezbarvé nebo hnědě zbarvené (málokdy však zelené) a bývají velikostně velmi odlišné. Duckett (1970) pozoroval u *E. ×moorei* dva typy výtrusů – malé nepravidelné a velké kulovité výtrusy s hapterami. Hrouda & Krahulec (1982) rozlišili u dalšího křížence – *E. ×meridionale* až tři různé typy výtrusů: 1) malé (12,6 – 37,8  $\mu\text{m}$ ), bezbarvé, nepravidelné výtrusy bez hapter, 2) středně velké (33,6 – 46,2  $\mu\text{m}$ ), různobarvé, kulovité bez hapter nebo jen s nedokonalě vyvinutými hapterami a 3) velké (50,5 – 75,6  $\mu\text{m}$ ), zeleně zbarvené, kulovité výtrusy s dokonalými hapterami. Tyto poslední velké a zelené výtrusy jsou vlastně normálními a patrně také klíčovými výtrusy, které oba autoři našli ve výtrusnicích hybridu zřejmě vůbec poprvé. Bylo jich okolo 10%. Později experimentálně potvrdili také schopnost malé části výtrusů dvou hybridů – *E. ×moorei* a *E. ×meridionale* – vyklíčit a vytvořit gametofyty (Krahulec & al. 1995).



Obr. 1 - Přehled základních struktur přesliček, převzato z Rostlinopisu pro nižší třídy škol středních (Polívka 1927), - vlevo jarní plodná lodyha, uprostřed podzemní oddenky se zásobními hlízkami, vpravo letní sterilní lodyha, sporangium s výtrusnicemi nahoře, dole výtrusy s různě rozvinutými hapterami.

### 3.1.2. Ontogenetický vývoj

Výtrus se nejprve dělí na větší buňku, ze které se vyvíjí parenchym gametofytu a buňku menší, z níž vzniká rhizoid (Novák 1971). Takto vzniklé prothalamium (prokel či gametofyt) je zelený, lupenitý, různorodě laločnatého tvaru s vertikálními větvemi. Z pravidla bývají dvoudomé (výjimečně jednodomé – některé tropické druhy), distribuce pohlaví se patrně mění i vlivem výživy, (Novák 1971, Peciar & al. 1984, Sharma & al. 2009), což dokazuje experiment přidaného cukru do média, zvyšující počet jedinců s antheridii (Guillon & Raquin 2002). Obecně bývají prokly tvořící antheridia mnohem vzácnější a často krátkověké (Duckett 1972). Antheridia vyrůstají na vertikálních větvích, vytvářejí velké množství do šroubovice stočených spermatozoidů, pohybujících se pomocí pásu tvořeného mnoha brvami, v jejichž blízkosti jsou nahloučeny mitochondrie (Novák 1971, Renzaglia & al. 2002, Sharma & al. 2009). Samičí prothalamium bývá větší. Na jeho povrchu vznikají archegonia s vrcholovým hrdlem, tvořeným 4 buňkami, kterým dovnitř pronikají spermatozoidy, avšak jen jeden splývá s oosférou za vzniku zygoty, vyvíjející se v zárodek sporofytu. Tento zárodek se dělí za vzniku vrchní (epibazální) buňky tvoří vzrostný vrchol a

buňky spodní (hypobazální), dávající základ primárnímu kořenu, který proniká gametofytem do půdy, ale v průběhu vývoje je nahrazen adventivními kořeny (Novák 1971).

### 3.1.3. Karyologie a evoluce

Existuje předpoklad, že všechny dnešní přesličky jsou diploidní, u 14 z dnes uznávaných 15 to můžeme říci s jistotou, výjimkou je *E. bogotense* H.B.K.. U osmi druhů existují poznatky o velikosti genomu. Recentní přesličky tedy mají 216 párů chromozomů (Novák 1971, Bennert & al. 2005). Tak vysoký počet chromozomů je považován za vysoce odvozený znak a dokládá značné stáří této skupiny (Novák 1971). Výjimkou jsou někteří triploidní kříženci, například *E. ×alsaticum* H.P.Fuchs & Geissert (Bennert & al. 2005). Čeleď *Equisetaceae* L.C.Rich. je jedinou recentní skupinou, kdysi rozsáhlé třídy Equisetopsida s evolučním počátkem na konci siluru (Novák 1971) či svrchním devonu (Bennert & al. 2005, Husby 2013), kdy se tato čeleď v období mezi 64,8-12,7 miliony let zformovala do podoby dnešních přesliček (Channing & al. 2011). Přesličky jsou skupinou rostlin, která je od ostatních dnes žijících rostlin příbuzensky velmi vzdálená (Novák 1971). Její sesterskou skupinou byla dnes vymřelá třída *Calamitopsida* (Peciar & al. 1984). Moderní poznatky s využitím morfologických a DNA analýz naznačují, že přesličky spolu s kapradinami včetně *Psilotopsida* tvoří jeden ze tří základních kladů cévnatých rostlin (Pryer & al. 2001). Podle jeho názoru se cévnaté rostliny dělí na 2 odělení *Lycophyta* a *Euphyllophyta*, druhý taxon je tvořen klady *Spermatophyta* (rostliny semenné) a *Monillophyta*, což je skupina tvořena kapradinami. Nejprimitivnější skupinou kapradin je třída *Psilotopsida* zahrnující hadilky a prutovky, ty jsou sesterskou skupinou druhé větve štěpící se na třídy *Equisetales*, *Marattiales* a pokročilejší kapradiny třídy *Polypodiopsida*. Důvodem pro začlenění přesliček mezi kapradiny je mimo jiné velmi podobný typ a funkce spermatozidů (Renzaglia & al. 2002, Smith & al. 2006). Třída *Equisetales* se dělí na dvě evoluční linie. Je to podtřída *Sphenophyllidae* s plnými lodyhami, soustřednými cévními svazky a listy s vějířovitou, vidličnatě větvenou žilnatinou a podtřída *Equisetidae* lišící se lyzogenní dutinou či dření ve středu lodyhy a cévními svazky, které jsou blízké bočným. Podtřída *Sphenophyllidae* vymřela ve spodním triasu, zatímco její sesterská skupina se dodnes dochovala v řádu *Equisetales* Trevis., který prošel obdobím největšího rozmachu ve svrchním karbonu, kdy zástupci čeledi *Calamitaceae* (Novák 1971) a *Archeocalametaceae* dosahovali stromového vzrůstu až 18 metrů (Des Marais 2003, Bennert & al. 2005) díky druhotnému

tloušť (Novák 1971). Tyto skupiny spolu se stromovitými plavuněmi řádu *Lepidodendrales* dali základ dnešním ložiskům černého uhlí. V období středního permu (Bennert & al. 2005), případně koncem triasu však postihlo skupinu, podobně jako většinu tehdejších organismů, rozsáhlé vymírání. Po této události přežily přesličky jen ve formě bylin (Novák 1971, Sharma & al. 2009). Diverzifikace jediného dosud žijícího rodu *Equisetum* začala v období třetihor z již zmíněného řádu *Equisetales* (Des Marais & al. 2003). Podle studie jihopatagonských fosilií (Channing & al. 2011) vymřelého druhu *E. thermale*, měly již jurské rostliny totožné anatomické i morfologické znaky, jako recentní přesličky. "

#### 3.1.4. Areál

Rostliny rodu *Equisetum* mají rozsáhlý areál, zahrnující téměř celou suchozemskou část planety, vyjma Austrálie, Nového Zélandu, Tasmánie, nejjihnější části Jižní Ameriky (Novák 1971), jižní Afriky (Hrouda 1988) a Antarktidy (Bennert & al. 2005). V Chile zasahuje až ke 43. rovnoběžce. V pojetí Nováka (1971) se však v jižní Africe vyskytuje původně *E. ramosissimum* a zavlečená *E. arvense*. Za evolučně původnější považujeme druhy, jako jsou například *E. xylochaetum* Mett. či *giganteum* L., obývající oblasti Jižní až Střední Ameriky a Mexika. Za nejodvozenější naopak považujeme druhy arktických oblastí severní polokoule a *E. debile* Roxb. z Jihovýchodní Asie a Indonésie (Novák 1971, Des Marais 2003). Všechny evropské druhy mají rozsáhlý areál, zejména pak druhy podrodu *Equisetum*, z nichž se na největším území vyskytuje *E. arvense* (Holub 1972).

#### 3.1.5. Ekologie

Přesličky jsou pozoruhodné rostliny, které sice dokázaly přežít jen v malém počtu druhů, zato mají velkou celkovou abundanci a velmi širokou ekologickou valenci (Novák 1971, Husby 2013). Vyskytují se v nejrůznějších biotopech od tropických oblastí, až po arktické oblasti severní polokoule. Stejně tak se vyskytují i v širokém rozpětí výškového gradientu od nížin (např. *E. hyemale*, *E. ramosissimum* či *E. telmateia*) do hor (např. *E. variegatum*, *E. palustre*, *E. sylvaticum* či *E. arvense*). Obývají i stanoviště s nejrůznější škálou hydrických poměrů. Na mokřích a vlhkých stanovištích se vyskytuje například *E. variegatum*, *E. palustre* nebo *E. fluviatile*. Stejně tak některé druhy žijí na suchých stanovištích, kupříkladu suché písčiny, železniční záspy, ne však přímo na skalách (Novák

1971), Hrouda a Krahulec (1982) tomuto tvrzení oponují a tvrdí, že *E. ramosissimum* může růst i na skalách. Na takovýchto místech můžeme pozorovat druhy jako *E. arvense* nebo *E. ramosissimum*. Najdeme je běžně na zastíněných stanovištích, jako jsou okraje lesních cest či podmáčené olšiny. Vyskytují se však i na celé řadě plně osluněných stanovišť. Snášejí často i minerálně bohaté půdy, ale za halofyt můžeme označit pouze *E. fluviatile* (Novák 1971).

### 3.1.6. Obsahové látky a využití

Pletiva přesliček obsahují velké množství popelovin a výrazně zastoupenou složkou je oxid křemičitý, kupříkladu v sušině letních lodyh *E. arvense* je této sloučeniny 6-10%. Díky tomu přesličky nevyhledávají býložravci a jejich zvýšený výskyt v seně snižuje jeho kvalitu (Senft 1922, Novák 1971). Kvůli vysokému obsahu této látky se přesličky v minulosti sušily a používaly k leštění a drhnutí kovových předmětů (Kozlík & Michálek 1963). Přesliček bylo využíváno i k barvení vlny do šedožlutých odstínů (Bonacheva & Botirov 2014), v Británii v 19. století se používaly lodyhy *E. hyemale* k výrobě rohoží v nábytkářství (De Winter 2015). Přesličky z pravidla obsahují řadu alkaloidů (např. palustrin, palustridin, nikotin,...), díky nimž jsou více či méně jedovaté a byly zaznamenány i případy otrav koní, skotu, ovcí a hus po zkrmení většího množství rostlin. Účinné látky se sušením neničí. Za nejedovatější druhy jsou považovány *E. palustre* a *E. fluviatile*. *E. arvense* je však sbírána jako léčivá rostlina pro své diuretické, antioxidační a protizánětlivé účinky, pro podporu imunity a působí proti plicním chorobám. Je však nutné sbírat pouze tento druh (Senft 1922, Korbelář & Endris 1970). Účinné látky *E. arvense* jsou například kyselina křemičitá (přibližně 7%), saponin equisetonin, flavonové glykosidy a další. Kromě močopudných účinků, působí i dezinfekčně a staví krvácení. Užívá se vnitřně i vně (Korbelář & Endris 1970). Bonacheva & Botirov (2014) však uvádějí za léčivou *E. sylvaticum*. Výhodou přípravy léčiv z přesliček je podle těchto autorů nízká toxicita vyrobených léčiv. Přesličky na svém povrchu vytvářejí voskovou vrstvu, která je složena především z alkanů, esterů a aldehydů. Podrod *Equisetum* vytváří z vosku nerovnoměrné struktury granul a hrbolků s malým zastoupením aldehydů, zatímco podrod *Hippochaete* vytváří celistvou hladkou vrstvu s vysokým obsahem alkanů a aldehydů, což má za následek lepší ochranu proti výparu vody a nabízí tak možnost přezimování lodyh (Brune & Haas 2011). Všechna *Monilophyta* dále obsahují v buněčných stěnách (1→3, 1→4)-b-D-glucan (MLG), zatímco ostatní suchozemské rostliny xyloglukan. Přesličky mají unikátní typ MLG, podle něhož je možné je rozlišit i na úroveň podrodů (Xue & Fry 2012). Některé druhy se vyznačují výskytem alkaloidů a absencí glykosidů, u jiných druhů je situace opačná.

Zajímavý je obsah dimetylsulfonu. Přesličky jsou schopny ve svých pletivech koncentrovat, oproti jiným rostlinným druhům, relativně velké množství těžkých kovů, mimo jiné i zlato (Novák 1971).

### 3.7. Členění rodu *Equisetum*

Rod *Equisetum* je proti ostatním výtrusným rostlinám poměrně uniformní skupinou, mezi jednotlivými druhy není příliš rozdílná stavba sporofytu, gametofytů ani gamet. V dnešním pojetí je 15 druhů rodu rozdělováno na dva podrody: *Hippochaete* se sedmi druhy a podrod *Equisetum* s druhy osmi. Podle studie Guillona (2004) obsahují oba rody po sedmi druzích a druh *E. bogotense* je druhem bazálním. Podrod *Hippochaete* se od podrodu *Equisetum* liší malou nebo žádnou tvorbou větví, strobilem zakončeným hrotem a mimo jiné z pravidla přezimujícími lodyhami (Novák 1971, Peciar & al. 1984, Des Marais & al. 2003, Guillon 2004). Podrod *Equisetum* se dříve nazýval také *Equisetum speiropora* a podrod *Hippochaete* jako *E. stichopora*, tato jména jsou však dvouslovná a dnešním kódem nepřijatelná. V jiném pojetí byla čeleď *Equisetaceae* dělena na rody *Equisetum* L. s podrody *Equisetum* a *Stichopotium* Börner, ampl. Holub, v nichž je rozlišeno 5 sekcí a rod *Hippochaete* Milde dělicí se také do dvou podrodů, jejichž hlubší členění je popsáno níže (Holub 1972, Krahulec 1996). Rozdělení skupiny ve 2 rody bylo postaveno především na základě odlišné struktury průduchů. U rodu *Equisetum* jsou průduchy roztroušené nebo uspořádané v širokých pruzích v rovině epidermálních buněk (tzv. faneropórní typ) a nemají dýchací dvůrek. Rod *Hippochaete* má naopak stomata typicky vnořená do epidermálního pletiva (tzv. kryptopórní typ) se zřetelným dýchacím dvůrkem a jsou z pravidla uspořádána v úzkých pruzích. Dále se oproti rodu *Equisetum* vyznačuje ztlustlou epidermis rhizomů a hrotitým zakončením strobilu. Výjimkou je druh *Hippochaete leavigata*, jehož strobilus je tupě zakončen, což je považováno za odvozený znak, nikoliv za znak přechodný, tudíž primitivní (Novák 1971, Holub 1972, Hrouda 1988). Rod *Hippochaete* se také liší velkou variabilitou, mezi jeho druhy často nejsou zcela jasné hranice, zatím co druhy rodu *Equisetum* jsou od sebe jasně odlišitelné s podporou mnoha rozlišovacích znaků. Dalším důvodem podporující pojetí rodů, je absence hybridů mezi těmito skupinami. Rody se liší i řadou dalších znaků, podobně, jako v pojetí podrodů (Holub 1972).

Variabilita přesliček je obecně dosti velká. Například u *E. telmateia* bylo popsáno více než 50 různých odrůd, forem a aberací. Ty však většinou nejsou taxonomicky nijak významné



(Novák 1971). Některé nižší taxony než druh jsou u přesliček přece jen uznávány, např. - *E. ramosissimum* se v Evropě vyskytuje v poddruhu *ramosissimum* a v Asii jako subsp. *debile* (Bennert & al. 2005). Vyšší rostliny tohoto druhu bývají označovány jako f. *altissimum* A.Br., obdobně forma *anceps* Milde u *E. variegatum* (Novák 1971). Veliká variabilita znaků jako jsou směr růstu lodyh, jejich výška, počet žeber, velikost internodií či počet větví výrazně omezuje jejich využití při determinaci a slouží spíše k popisu variability daného druhu (Novák 1971). Za stabilní a velmi použitelné znaky jsou považovány naopak znaky anatomické týkající se rozložení sklerenchymu a chlorenchymu či velikost a charakter dutin pozorovatelných na řezu stonku (Hrouda & Krahulec 1982).

### 3.8. Rod *Equisetum* na území České republiky

V rámci podrodu *Hippochaete* jsou na našem území rozlišovány 3 druhy: *Equisetum hyemale*, *E. ramosissimum* a *E. variegatum* a dále pak 2 kříženci: *E. ×meridionale* (*E. variegatum* × *E. ramosissimum*) a *E. ×moorei* Newman (*E. hyemale* × *E. ramosissimum*). Z podrodu *Equisetum* se na území České republiky vyskytuje 6 druhů: *Equisetum arvense*, *E. fluviatile*, *E. palustre*, *E. pratense*, *E. sylvaticum* a *E. telmateia*, avšak jen jediný kříženec, a to *E. ×litorale* Kühlew. ex Rupr. (*E. arvense* × *E. fluviatile*) (Novák 1971, Hrouda 2002)

### 3.9. Podrod *Hippochaete*

Jméno podrodu bylo vytvořeno jako femininum a je v této podobě uznáváno i dnes (Holub 1972), jako synonymum byl také užíván název *Sclerocaulon* (Hayek). Typovým druhem je *E. hyemale*. Rostliny této skupiny se vyznačují stejnou stavbou plodných i sterilních lodyh, jsou tuhé, drsné a často jsou schopny přezimovat. Lodyhy se nepříliš často větví. Jejich průduchy jsou vnořeny pod úroveň pokožkových buněk a stobilus je na vrcholu zakončen hrotem. Vůči sesterskému podrodu má relativně větší předpoklady k hybridizaci, což je podrobněji popsáno níže (např.: Novák 1971, Holub 1972, Krahulec 1996).

Tento podrod se ve střední Evropě vyskytuje jen v jediné a stejnojmenné sekci *Hippochaete*. Průduchy jejích zástupců se nacházejí v jedné, výjimečně několika řadách na okrajích rýhy tvořící tak podélný pruh (na každém okraji rýhy jeden). Dále je členěna na subsekcí *Homocormia* s typovým druhem *E. variegatum*, obsahující i *E. scirpoides*. Liší se dvěma jednoduchými řadami průduchů v lodyžní rýze (Novák 1971). Měřením genomu však

byly zjištěny natolik rozdílné 1C hodnoty, že není dále možné tento taxon akceptovat. U *E. scirpoides* byla stanovena velikost genomu v 1C na 21,4 pg, která je v rámci podrodu nejnižší, zatímco u *E. variegatum* je 1C s 31,6 pg naopak hodnotou nejvyšší (Bennert & al. 2005). Tento názor by mohl podpořit i fakt, že *E. scirpoides* netvoří hybridy s ostatními, jinak mezi sebou se běžně křížícími druhy podrodu (Holub 1972). Později bylo studií chloroplastové DNA dokázáno, že *E. scirpoides* tvoří v rámci *Hippochaete* samostatnou vývojovou dráhu (Des Marais 2003). Druhá subsekcce se nazývá *Hiemalis*, průduchy v této skupině bývají, podobně jako u předchozí skupiny ve dvou jednoduchých řadách v každé rýze, ale výjimečně jsou jednotlivé pruhy tvořeny 2 – 4 řadami. Jednotlivé cévní svazky v oddenku jsou obaleny vrstvou endodermis (astélie), v případě nadzemních lodyh dokonce dvojrstevnou (gamostélie). Typem této skupiny je *E. hyemale*. Dalším evropským druhem subsekcce je *E. ramosissimum* (Novák 1971).

V Holubově pojetí samostatných rodů je však rod *Hippochaete* dělen do podrodů *Incunabula* (Hauke) Holub a *Hippochaete*, který je dále členěn do 4 sekcí: *Ambigua* Farwell s druhem *H. ramosissima*, sekce *Hippochaete* s druhem *H. hyemalis*, dále sekce *Univaginata* ((Rfitzer) Rothm.) s druhem *H. variegata* a sekce *Scirpoidea* (Vict.) Holub s druhem *H. scirpoides* (Holub 1972).

Z výše uvedeného příkladu měření velikosti genomu je zřejmá velká variabilita velikostí genomů mezi druhy (Bennert & al. 2005).

### 3.10. Hybridizace podrodu *Hippochaete*

Jak již bylo výše zmíněno, je v podrodu *Hippochaete* hybridizace častější než mezi druhy podrodu *Equisetum* (na našem území se vyskytuje pouze *E. ×litorale*). Dnes známí kříženci podrodu *Equisetum* jsou pravděpodobně pouze *E. ×litorale* (*E. arvense* × *E. fluviatile*), *E. ×mildeanum* Rothm. (*E. pratense* × *E. sylvaticum*), dále z Norských Lofot popsaná *E. ×lofotense* (*E. arvense* × *E. sylvaticum*) a z ostrova Rujána popsaný hybrid *Equisetum x font-queri* Rothm.. (*E. palustre* × *E. telmateia*), zatímco ve druhé skupině např.: *E. ×meridionale*, *E. ×moorei*, atd. (Novák 1971, Holub 1972, Lubienski & al. 2004, Bennert & al. 2005, Lubienski 2010). Celkem je mezi druhy tohoto podrodu známo sedm hybridů, přičemž mezi 4 evropskými druhy jsou známa tři diploidní kříženci: *E. ×moorei*, *E. ×meridionale* a *E. ×trachyodon* A.Br. (Bennert & al. 2005, Brune & al. 2008). Navíc existují ještě triploidní kříženci, kteří mohou vznikat zpětnou hybridizací uvedených diploidních

kříženců s některým z jeho rodičů za vzniku 6 možných hybridních kombinací (HHR, HRR, RRV, RVV, HVV a HHV), případně může dojít k hybridizaci s třetím nerodičovským druhem za vzniku kombinace HRV. Demonstračním hybridem může být např. *E. ×alsaticum* (*E. hyemale* × *E. ×trachyodon* - HHV) (Bennert & al. 2005), *E. ×ascendens* (HHR) (De Winter & Lubienski 2012) či *E. ×geissertii* (HRV) (Lubienski & al. 2010). V rostlinné říši většinou triploidi vznikají křížením diploidního a tetraploidního (neboli allotetraploidního) stupně. Jelikož mezi přesličkami žádný teraploid není znám, je zřejmé, že v této skupině musí existovat jiný mechanismus. Pro ilustraci hybrid *E. ×alsaticum* vzniká zpětnou hybridizací *E. ×trachyodon* (HV) s *E. hyemale* (H), kdy *E. ×trachyodon* vytváří neredukované diplospory, které vyklíčí v diploidní gametofyty, jejichž gamety splývají s haploidními gametami jiného gametofytu za vzniku triploidního sporofytního jedince (HHV) (Bennert & al. 2005, Lubienski & Bennert 2006). Diplospory však mohou vytvořit i původní druhy, takže vznik *E. ×alsaticum* může proběhnout i z neredukované spory *E. hyemale* (HH) a spory redukované *E. variegatum* (V). Diplospory se od meiospor dají rozlišit především značnou velikostí. Velikost spor *E. ×moorei* se pohybuje v rozmezí 80 - 140 μm, zatímco spory *E. ramosissimum* jsou velké jen 40-60 μm (Bennert & al. 2005). Kříženci vytvářejí většinou abortované neplodné spory a v menší míře i plodné spory (u *E. ×meridionale* kolem 10 %) (Krahulec 1996, Bennert & al. 2005). Tento typ hybridizace je znám také u řady kapradin, např. *Asplenium*, *Dryopteris*, *Isoetes* či *Polystichum*. Triploidní taxony jsou z evolučního hlediska slepou vývojovou linií, která se může dále rozmnožovat pouze vegetativně, což u přesliček není větší problém. Další možností reprodukce je agamosporie, kdy je klasický sexuální životní cyklus upraven (Bennert & al. 2005). Dále existuje předpoklad zpětného křížení, bez vzniku triploidních hybridů, kteří se pravděpodobně mohou dále množit. Vznik těchto hybridů přesliček podporuje skutečnost, že jsou často nápadně variabilní (Hrouda & Krahulec 1982, Krahulec 1996). O tom, že hybridi nejsou zcela sterilní, vypovídá kromě předchozích důkazů fakt, že na lokalitách se společně s nimi vyskytuje často jen jeden nebo dokonce žádný z obou rodič (což může být dáno i vymřením rostlin). Krahulec uvádí ve svých výsledcích, že u hybridů *E. ×meridionale* a *E. ×moorei* na agarové kultuře klíčily spory zhruba s frekvencí o 2-3 řády nižší než spory *E. ramosissimum*. Zpětné křížení může způsobit větší ekologickou plasticitu a stírat rozdíly mezi oběma druhy (Krahulec 1996).

## 4. Materiál a metodika

### 4.1. Popis lokality

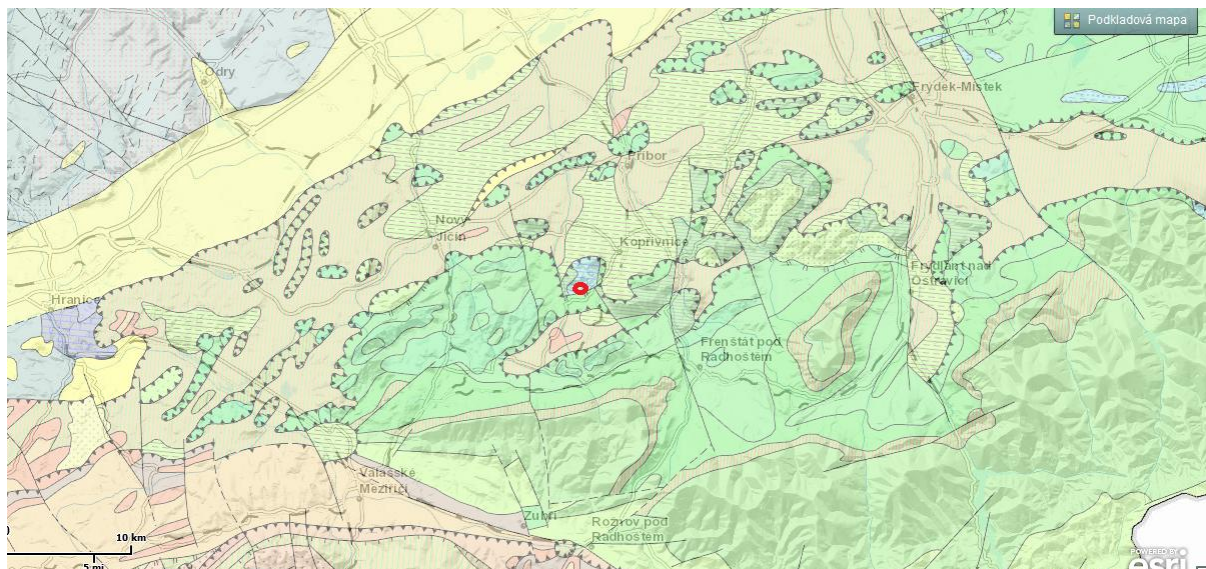
Lom Kotouč leží v blízkosti města Štramberka, nedaleko Kopřivnice v Moravskoslezském kraji, situovaná do oblasti Beskydského podhůří. Nachází se přibližně jeden kilometr jižně od centra Štramberka, na místě kdysi stejnojmenného vrcholu Kotouč (Štelcl & al. 2006), který sahal do výšky 539 m n. m. (obr. 1 – 3 Přílohy) (Otruba 1930).

#### 4.1.2. Geologie, paleontologie a archeologie

Štramberská hornatina je tvořena převážně stejnojmennými vápenci, které stratigraficky náleží slezské jednotce Vnějších Karpat (obr. 2). Horniny štramberského tělesa pocházejí z nejsvrchnější jury (tithónské období), kdy se postupně usazovaly na dnech tehdejších mělkých teplých moří (o průměrné teplotě 25 – 27 °C), kde se v tomto období rozkládal korálový komplex. Tyto organogenní až organodetrítické vápence jsou jemnozrné, světlé až šedé barvy, často jsou prostoupeny řadou rozsedlin, jež jsou vyplněny jílovci a červenými či zelenými slinitými vápenci, které pocházejí z období nejsvrchnější jury a spodní křídly (berrias, valangin). V oblasti jsou i podzemní systémy, jako například nejznámější zdejší jeskyně Šipka. Se štramberskými vápenci se můžeme setkat především v lomu Kotouč (Zimák & al. 1995). Vápencový masiv leží na mladších křídových pískovcích (tvořících z větší části nedalekou Bílou horu), což je zdůvodněno jeho posunem ze vzdálenějšího místa při horotvorných procesech, jež vyzdvihly Karpaty. Z třetihorního období se dochovaly na úpatí Kotouče jílovce, které dokládají jen částečné zaplavení mořem v terciéru. Kopec byl v tomto období pravděpodobně pokryt vegetací, což poukazuje na reliktní původ některých rostlinných druhů. Zásah severního ledovce až do blízkosti Kotouče a Bílé hory ve čtvrtohorách je dokládán nálezy bludných balvanů v okolí Příbora a Nového Jičína a také zkamenělinou houby *Astylospongia* známé z oblastí bludných balvanů v severním Německu. Ledovec patně tyto vrcholy přímo nezasáhl (Otruba 1930).

Oba typy hornin obsahují zkamenělé pozůstatky tehdejší makrofauny (Zimák & al. 1995). Je to jedno z nejbohatších paleontologických hotspot v Evropě s mimořádným významem pro studium fylogeneze (Schneider & al. 2013). Ve štramberských vápencích bylo popsáno více než 650 druhů organismů (Zimák & al. 1995). Archeologicky významnou lokalitou je národní přírodní památka Šipka, kde byly ve stejnojmenné jeskyni nalezeny

kosterní ostatky pravděpodobně neandertálského člověka a řada pozůstatků mladopleistocénní fauny (Mackovčín & Sedláček 2004).



Obr. 2 - Geologická mapa s vyznačením lokality dle mapového serveru České Geologické Služby, [www.geologicke-mapy.cz](http://www.geologicke-mapy.cz)

#### 4.1.3. Historie lomu

Vápenec se v okolí Štramberka těžil již ve středověku, kdy vznikl jeden z prvních zdejších lomů zvaný Kamenárka. Zde se vápenec namísto páčil na vápno. Lom byl těžen přibližně do roku 1880, následně se těžba přesunula. Dnes jej známe jako stejnojmennou přírodní památku (Mackovčín & Sedláček 2004). V roce 1881 vídeňská společnost bratří Guttmannů odkoupila jižní polovinu vrchu Kotouč, kde následně otevřeli mohutný lom pro těžbu velmi kvalitního vápence (obr. 4 Přílohy). Následně byla k lomu přivedena železnice, vystavěny kruhové pece a roku 1912 i cementárny. V 50. a 60. letech 20. století proběhla modernizace zavedením mechanizované těžby a stavbou šachtových pecí. Po válce těžba neustále pokračovala až dodnes, za vystřídaní několika vlastníků (Kotouč Štramberk spol. s r.o.).

#### 4.1.4. Fytogeografie a květena

Studované území spadá do fytogeografického podokresu 76a. Moravská brána vlastní, fytogeografického obvodu Karpatské mezofytikum, převažuje zde mezofytní flóra nad

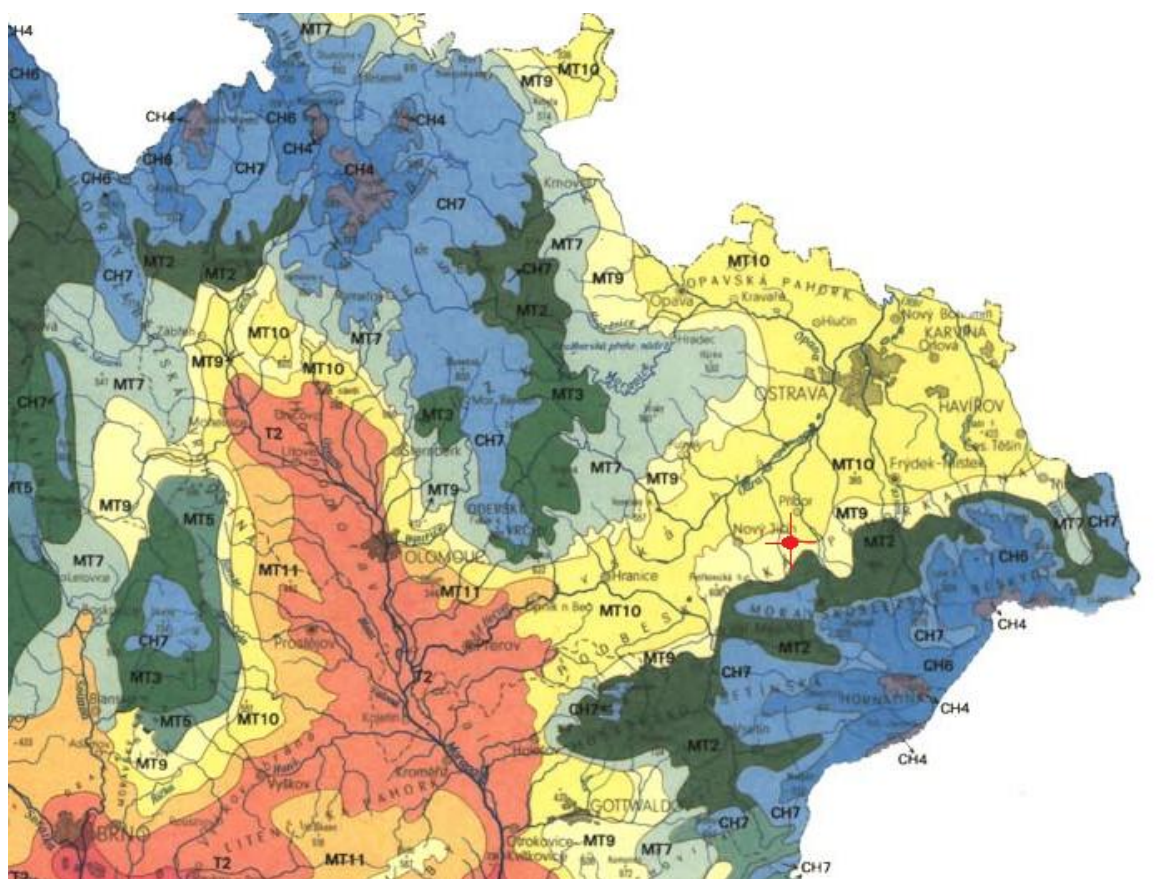
termofytní. Klima je kontinentální, srážkově nedostatkové. Krajina je spíše plochá než svažité s více méně živným minerálním podkladem a polní kultury jsou více zastoupeny než lesní porosty (Skalický 1988).

Štrambersko je sice rozlohou oblast nevelká, avšak květenou nynější i tou z nedávné historie je to území zcela výjimečné díky nevídané kombinaci přírodních i antropických faktorů. Někdy je dokonce přezdívána botanickou zahradou. Díky výše zmíněným vlivům se zde utvořila velmi bohatá paleta biotopů, od polí, přes lesy různých typů a křoviny, až po holé skalní stěny. Na bývalém území Kotouče a v jeho blízkém okolí (Skalky, Zámecká a Bílá hora,...) se dle publikace Josefa Otruby (1930) rozkládaly lesní porosty tvořené především bučinami s příměsí klenu, habru a lípy, ale i smíšené porosty se zastoupením jehličnanů (smrk ztepilý, borovice lesní a černá, jedle bělokorá, modřín opadavý), až zcela jehličnaté lesy. Tato společenstva skýtala útočiště mnoha druhům lesních rostlin, z významnějších jmenuji *Corydalis solida*, *C. cava*, *Isopyrum thalictroides*, *Cephalanthera damasonium*, *Orchis mascula*, *Epipactis atrorubens*, *Mercurialis perennis*, *Lilium martagon*, *Anemone nemorosa* a *A. ranunculoides*. Zdejší porosty tvořili i křoviny růží, řešetláku, lísky či babyky. Mezi nejvýznamnější společenstva patřily skalní stěny, sutě, skalní křoviny, římsy s vegetací a ne příliš rozsáhlé luky v okolí skalních výstupů. Kotouč byl v nedávné minulosti primárním bezlesím. Vyskytovaly se zde druhy jako *Thalictrum minus*, *Orobanche caryophyllacea*, *Saxifraga paniculata* a *S. tridactylites*, *Sedum album* a *S. acre*, *Cardaminopsis arenosa*, *Polygonatum odoratum*, *Vincetoxicum hirsutinaria*, *Anthericum ramosum*, *Libanotis pyrenaica*, *Peucedanum cervaria*, *Stachys germanica*, *Melica ciliata*, *Dianthus carthusianorum*, *Helianthemum rupifragum*, *Botrychium lunaria* a další. Zajímavý je i výskyt *Cotoneaster integerrimus* a jediná známá lokalita *Geranium lucidum* za území české republiky (Otruba 1930), tato rostlina však v důsledku těžby vyhynula, její poslední sběr pochází z roku 1936 (Slavík 2010). V Červeném seznamu 2012 je v dnešní době uveden v kategorii A1, jako druh vyhynulý (Danihelka 2012). Dále se v oblasti vyskytuje pravděpodobně endemická rostlina *Scabiosa lucida* subsp. *calcicola* (Štěpánek 2002). Při návštěvě lomu a blízkého okolí jsem měl možnost pozorovat i *Epipactis palustris*, *Myricaria germanica*, *Neottia nidus-avis* a *Dactylorhiza fuchsii* o těchto dnes vzácných druzích se však Otruba nezmiňuje. Nepíše dokonce ani o cílových druzích pro tuto práci: *Equisetum ramosissimum* a *E. variegatum*. V průběhu 20. století byl charakter krajiny výrazně narušen změnou hospodaření, rekreací a těžbou na řadě míst, především pak vznikem lomu Kotouč, kdy byly postupně odtěženy téměř dvě třetiny původní dominanty Kotouče (Otruba 1930, Mackovčín & Sedláček 2004). Z toho důvodu řada druhů vyhynula. Dle Otruby například

*Botrychium lunaria*, *Gentianella amarella*, *Orobanche caryophyllacea*, *Peucedanum cervaria*, *Stachys germanica* a *Thalictrum minus* (Otruba 1930).

#### 4.1.5. Klimatologie

Oblast je charakterizována mírně teplou oblastí na rozmezí rajónů MT9 a MT10 (obr. 3). Rajón MT9 je typický dlouhým, teplým, suchým až mírně suchým létem, dále krátkým přechodným obdobím mírného až mírně teplého jara a mírně teplým podzimem, po kterém následuje krátká, mírná suchá zima, s krátkou dobou sněhové pokrývky. Zatímco MT10 se liší spíše jen mírně suchým létem a mírně teplým jarem. Zima je též krátká, ale mírně teplá a velmi suchá. Ostatní parametry jsou shodné (Quitt 1971).



Obr. 3 - Mapa klimatických oblastí (Quitt 1971) [www.janpivec.wz.cz](http://www.janpivec.wz.cz)

#### 4.1.6. Popis studovaných taxonů

##### ***Equisetum variegatum* Schleich. – přeslička různobarvá**

Synonyma: *Hippochaete variegata* Schleich. - cídivka různobarvá

Typová položka byla sebrána ve Švýcarsku a následně uložena v Lausanne (Novák 1971).

Popis: Oddenek s úzkou centrální dutinou (Øllgaard 2000) se rozrůstá plazivě a bohatě se větví. Z pravidla je lysý a lesklý s černým až černohnědým zbarvením (Novák 1971, Øllgaard 2000), jen při povrchu půdy jsou často rezavě hnědé. Lodyhy jsou vystoupavé a zpravidla přezimující, dosahují výšky (3)15-25(90) cm o šířce až 3 mm. Lodyhy jsou z pravidla nevětvené, jen výjimečně s 1 či 2 větvemi ve spodní části (Novák 1971) vznikající zřejmě jen po poškození lodyhy (Øllgaard 2000). Jsou hluboce rýhované a žebra vytvářena v počtu (2)7-9(12) jsou typická výraznou karinální rýhou a dvěma řadami nízkých křemitých hrbolek na jejich okraji (Novák 1971, Hrouda & Krahulec 1982, Hrouda 1988). Centrální dutina zabírá 1/4-1/3 průměru lodyhy (Novák 1971) a v nejtenčích stoncích může dokonce chybět (Øllgaard 2000) Valekulární dutina je přibližně stejně velká jako centrální. Karinální dutiny jsou velmi malé (Novák 1971). Sklerenchym je souvislý, zhruba stejně silný po celém obvodu a dosahuje až k valekulární dutině, zatím co chlarenchym je nahloučen jen pod žebra. Pochvy mají zvonkovitý či nálevkovitý tvar se širokým blanitým lemem o délce 1-5 mm a šířce 1-4 mm, v dolní části jsou obvykle černě zbarvené (Novák 1971, Hrouda & Krahulec 1982, Øllgaard 2000). Střední a horní část pochvy je zbarvena zeleně s příčným černým pruhem pod zuby, který může být celistvý či přerušovaný (Novák 1971, Hrouda 2002). Na pochvě jsou zřetelné komisurální rýhy oddělující žebra (Novák 1971, Krahulec 1996). Mívá 5-10 vytrvalých bílých a suchomázdřitých ve špičku náhle zúžených zubů s výraznou karinální rýhou a ve středu úzký černý trojúhelníkovitý útvar až úzký pruh na jejich bázi (Novák 1971, Hrouda & Krahulec 1982, Krahulec 1996). Obvykle jsou zašpičatělé, zřídka tupé a jejich délka zabírá 1/2-1/3 celé pochvy. Výtrusné klasy mají vejčitý až eliptický tvar o velikosti 5-7(10) mm na vrcholu zakončeny dlouhým hrotem, plodící během května až srpna (Novák 1971, Hrouda 1988, Hrouda 2002). Rostliny tohoto druhu jsou velmi variabilní a to i v rámci jednotlivých lokalit, avšak tato variabilita není většinou taxonomicky hodnotitelná (Novák 1971, Holub 1972). Na našem a slovenském území je rozlišováno několik forem, např. f. *caespitosum* Döll, která se vyznačuje hustými trsy s přízemními vystoupavými lodyhami se 6-7 žebry, dosahující výšky do 25 cm. Dále f. *anceps* Milde rostoucí ve vyšších polohách (např.



Tatry), je charakteristická zakrslým vzrůstem a absencí střední dutiny. Tato forma se podobá severské *E. scirpoides* (Novák 1971). Další rasa je uváděna z přímořských oblastí Severní Ameriky (Holub 1972). Øllgaard (2000) z této oblasti hovoří o subsp. *alaskanum*. Velikost genomu je 63,3 pg (Bennert & al. 2005).

Přeslička různobarvá je v Červeném seznamu (České republiky) 2012 hodnocena v kategorii C1b – kriticky ohrožený druh z důvodu kombinace malého počtu lokalit a trendu jejich ubývání a oslabování populací (Danihelka 2012), do stejné kategorie je zařazena i v seznamu zvláště chráněných druhů (vyhláška 395/1992 Sb.).

Ekologie: Přeslička různobarvá je hemikryptofyt podmáčených stanovišť (Hrouda & Krahulec 1982, Øllgaard 2000), jejíž porosty jsou často velmi pokryvné, což dokazuje i studie Hroudy a Krahulce (1982), kteří zjistili výskyt ve společenstvech mezofilních až hygrofilních rostlin. Obývají často místa s tekoucí povrchovou či podzemní vodou (Øllgaard 2000). Je to však druh s malou konkurenční schopností, který se vyskytuje jen v několika málo typech společenstev s vysokou hladinou spodní vody. Preferuje většinou alkalickou až neutrální půdu (Novák 1971, Holub 1972, Hrouda & Krahulec 1982), směrem k severní hranici areálu se jeví spíše jako druh indiferentní (Øllgaard 2000). Vhodné podmínky nachází například na slatinách v okolí řek a potoků, na mechovitých minerálních prameništích na travertinu a dolomitových drolin, na pískem zaplavovaných loukách, ve vlhkých příkopech cest a železničních náspů. Zřídka se s ní můžeme setkat i v řídkých mechovitých smrčínách (např. Karpaty) (Novák 1971), na severu ve vlhkých vřesovištích, morénách, suťových svazích či březích jezer (Øllgaard 2000). Je to druh v našich podmínkách vázaný na velmi úzký výběr stanovišť, jako je například svaz *Caricion davallianae* (Hrouda & Krahulec 1982). V dnešní době se její výskyt u nás často přesouvá do opuštěných pískoven, kde platí za pionýrskou bylinu (Hrouda 2002). V České a Slovenské republice bylo zjištěno její výškové minimum u Michal'an v nadmořské výšce 120 metrů a maximum v Tristarské dolině v Belanských Tatrách okolo 1700 m n. m. Na území naší republiky se zachovala jako relikvium poslední doby ledové, zatímco v severských oblastech je pionýrskou rostlinou, osidlující plochy po ústupu ledovců (Novák 1971).

Rozšíření: *E. variegatum* je boreálně obtočnový alpínsko-arktický prvek, původem z třetihor, který má z našich druhů areál zasahující nejdále na sever (Novák 1971, Holub 1972). Je rozšířena od nížin až do vysokých hor. Její areál je členěn v několik menších arel. Jedna se rozkládá na většině Pyrenejského poloostrova, další jsou na poloostrově Apeninském, Balkánském a Malé Asie. Dále se část areálu rozprostírá od jižního evropského Ruska, přes

Maďarsko, Rakousko po dolní Podunají a Malou uherskou nížinu. Vystupuje i do Karpat, Alpy (max. 2480 m n. m.) a roztroušeně ji najdeme i v dalších pohořích Francie. Její evropské jižní minimum dosahuje ke 43. rovnoběžce na ostrovech Hyeres. Na severu sahá do oblasti Novaja Zemlja, Island, Špicberky a Grónsko (max. 1250 m n. m.), kde její areál dosahuje na 83°6' severního maxima. Dále na východ se nacházejí izolované populace v Předkavkazí a Zakavkazí, kde v Abcházii vystupuje do alpínských pásem kolem 2500 m n. m. Je možné se s ní setkat i na Altaji, v severním Mongolsku, Jihovýchodní Číně (S'čchuan) a její nejhojnější naleziště se nachází na Dálném Východě, například v Ussurijských, Sachalinských a Amurských oblastech až po Kamčatský a Čukotský poloostrov. Na západ je rozšířena od arktických oblastí Severní Ameriky až do Colorada v pohoří Sierra Nevada, kde dosahuje ke 40. rovnoběžce (Novák 1971).

### ***Equisetum ramosissimum* Desf. – přeslička větevnatá**

Synonyma: *Equisetu arenarium* Kit. ex Kanitz, *E. campanulatum* Poir., *E. elongatum* Willd., *E. pannonicum* Waldst. et Kit. ex Willd., *E. procerum* Pollini, *E. ramosum* DC., *Hippochaete ramosissima* (Desf.) Bömer - cídivka větevnatá

Druh je popsán z Tunisu v Africe a typová položka je uložena ve Florencii (Novák 1971).

Popis: Oddenky jsou černé, mírně drsné a lesklé. Často bohatě trsnaté rostliny vytvářejí stejné plodné i sterilní lodyhy a vyrůstající zároveň. Jsou tuhé, šedozelené, drsné a v našich podmínkách většinou nepřezimující. Bývají vzpřímené i poléhavé, směrem k vrcholu se často ztenčují a větve jsou v nepravidelných přeslenech, ale mohou i chybět (Novák 1971, Hrouda 2002). V našich podmínkách se jejich výška pohybuje v rozmezí 10-200 cm a jsou 1-9 mm široké (Novák 1971), Hrouda (2002) však uvádí nanejvýš 150 cm výšky a 1-6 (8) mm šířky. Internodia jsou 3-10 cm dlouhá s oblými konvexními žebry, zcela bez karinální rýhy (tím se liší od *E. ×meridionale*). Vyrůstají v počtu (4)8-15(26) s nepravidelnými prohnutími příčných křemítych valů, což jsou srostlé křemíty hrbolky (Novák 1971, Hrouda & Krahulec 1982, Krahulec 1996). Rýhy jsou hladké, na jejich bocích jsou do pokožkových buněk vnořena stomata, většinou na každé straně rýhy jedna řada. Centrální dutina tvoří nejčastěji polovinu šířky stonku, někdy i více (2/3), dle Hroudy (2002) dokonce 4/5 průměru. Valekulární dutiny jsou menší okrouhlého až eliptického průřezu, zatímco dutiny karinální jsou velmi malé, ale přece zřetelné. Hypodermální sklerenchym se nachází pod povrchem po celém obvodu

lodyhy, avšak pod rýhami je velmi slabý, pod žebry je jeho vrstva 2-3x mocnější a nezasahuje až k centrálnímu svazku. Chlorenchym je souvislý, nepřerušný sklerenchymem (Novák 1971). Pochvy lodyh jsou úzce nálevkovité, asi 2x delší než široké bez středové rýhy a suchomázdřitého lemu nebo jen s úzkým lemem (Hrouda 1988, Hrouda 2002). Jejich délka se pohybuje v rozmezí 3-15(22) mm o šířce 1,5-8 mm, nejčastěji jsou šedozelelé, méně často rezavé, třepící se v nevýrazné neopadavé zuby s opadavou špičkou a černou skvrnou, ty jsou trojúhelníkovitého tvaru asi 3x delší než široké a 3x kratší než pochva (Novák 1971, Hrouda 2002, Krahulec 1996). Větve, jsou-li přítomny, bývají větveny do prvního stupně, výjimečně až do druhého. Z pravidla bývají v přeslenu v počtu 1-8, dlouhé do 25 cm s přitisklými pochvami 3x delšími než širokými, se zuby v dolní části zelenými s tmavou skvrnou, jež vybíhají v tenký hrot. Střední dutina větví zabírá 1/2 šířky. Strobilus je ve zralosti obalen v dolní polovině pochvou, je dlouhý 6-12(22) mm. Štítky jsou z vrchu většinou tmavé barvy, se žlutavým okrajem, klas je zakončen hrotem (Novák 1971). Výtrusy dozrávají od května do července, někdy i během srpna (Hrouda 1988, Hrouda 2002). Tento druh je také velmi variabilní, a to jak v rámci lokalit, tak dokonce na jediném jedinci. V drtivé většině případů jsou to však odchylky bez taxonomické ceny (Novák 1971). Nejvariabilnější populace jsou popisovány z jižní Afriky, kde je tedy usuzován vznik tohoto druhu (Holub 1972). Bylo však popsáno několik forem, občas hodnocenými jako variety. Například forma s tenkými nevětvenými lodyhami f. *pannonicum* Kit., f. *simplex* Milde s lodyhami vyššími než 80 cm, vyšší větvené rostliny jsou označovány jako f. *procerus* Pollini, dále f. *altissimum* A.Br., jejíž lodyhy jsou až 2 metry vysoké o síle 6-8 mm (Novák 1971) či f. *campanulatum* (Aeschimann & al. 2004). Pro tento druh je uváděno i několik poddruhů, například evropské poddruhy subsp. *paleaceum* (Aeschimann & al. 2004) a subsp. *ramosissimum*, v Asii pak subsp. *debile* (Bennert 2005), jejichž taxonomické postavení nebylo dlouhou dobu zcela jasné a byla dokonce uváděna jako odlišný druh (Holub 1972). Velikost genomu je 56,3 pg (Bennert & al. 2005).

Druh je v Červeném seznamu 2012 hodnocen v kategorii C1b – kriticky ohrožený druh z důvodu kombinace malého počtu lokalit a trendu jejich ubývání a oslabování populací (Danihelka 2012), v seznamu zvláště chráněných druhů je však uveden v kategorii C3 – ohrožený druh (vyhláška 395/1992 Sb.).

Ekologie: *E. ramosissimum* bývá označována jako geofyt a obligátní psamofyt, vyhledává z pravidla sušší stanoviště, méně často mírně vlhká s neutrální až bazickou půdou. Příhodná stanoviště nachází především na říčních náplavech, vátých písčích, suťových osypech až

skalách, vyskytuje se v borech, ale může být i polním plevelem (Novák 1971, Holub 1972, Hrouda & Krahulec 1982). Často se s ní můžeme setkat v podobě synantropního druhu měst, nežádka se rozšiřující podél komunikací (Holub 1972). Dokáže obývat i stinná stanoviště se zapojenou vegetací, což vypovídá o značné schopnosti odolávat konkurenci. Své optimum nachází především na biotopech svazu *Bromion*, ale i na ruderalních stanovištích svazů *Convolvulo – Agropyron* či *Dauco – Melilotion* (Hrouda & Krahulec 1982). Je to rostlina výrazně teplomilná, v České a Slovenské republice se vyskytuje od nížin do pahorkatin (Novák 1971), jako jižní prvek (Holub 1972). Její výškové minimum ve jmenovaných státech bylo zjištěno u Čenkova na jižním Slovensku v nadmořské výšce 100 metrů, v Beskydech pravděpodobně stoupá do výšek okolo 500 m n. m. (Novák 1971) a její nejvyšší výskyt byl zaznamenán ve Spišské kotlině v 570 m n. m. (Holub 1972).

**Rozšíření:** Její rozšíření je mezi přesličkami nejrozsáhlejší. Je to amfiboreální komponent s výrazným rozšířením na jižní polokouli v rozpětí od 62. rovnoběžce na Faerských ostrovech až po 33. rovnoběžku v Jižní Americe. Můžeme se s ní setkat v Evropě především ve střední a jižní části, chybí na Islandu, v Irsku, Skandinávii, Dánsku, Belgii (Novák 1971). V severním Rusku, její areál končí v oblasti Uralu a Altaje. V nedávné době byl její výskyt zjištěn v Nizozemí (De Winter & Lubienski 2012). Ve Velké Británii je známa pouze z jedné lokality v Bostonu (Novák 1971), na tomto území je však považována za zavlečený druh (Rumsey & Spencer 2012). Od mediteránních oblastí jižní Evropy se její areál rozprostírá přes Malou Asii, Sinajský poloostrov, Arábii na Kavkaz, Zakavkazí, Irán, Přední Indii, odkud dále sahá do Číny, Mongolska, Koreje až po Japonsko. Směrem do Afriky je možné se s ní setkat roztroušeně od Alžírsko přes Tunis, centrální Saharu, Etiopii, Angolu až po Kapsko. Vyskytuje se také na Afrických ostrovech, jako jsou Azory, Kanárské a Kapverdské ostrovy a Madagaskar. V Americe ji můžeme sledovat od 49. rovnoběžky v Britské Kolumbii až po 33. rovnoběžku v Chile (Novák 1971).

### ***Equisetum ×meridionale* (Milde) Chiov. – přeslička jižní**

**Synonyma:** *Equisetum variegatum* var. *meridionale* Milde, *E. × naegelianum* W. Koch, *Hippochaete. × naegelianum* (W. Koch) Rothm. (Novák 1971)

Taxon byl popsán z okolí Merana, kde je uložena typová položka není jasné.

Popis: Z téměř černého oddenku vyrůstají vzpřímené, bledě zelené, nepřezimující lodyhy, které jsou (20)40-45(50) cm vysoké, často s větvemi, jejichž první článek bývá kratší než pochva, pod níž vyrůstá. Žebra v počtu 6-10 jsou většinou tupá, drsná s příčnými křemitými valy (Novák 1971, Hrouda 1988), u typů blíže *E. variegatum* se však na téže stonku vyskytují žebra s mělkou karinální rýhou a řadami křemitých hrbolků na okrajích nebo je žebro ploché (Novák 1971, Hrouda & Krahulec 1982). V rýhách se vyskytují křemité růžice. Centrální dutina o velikosti 1/3-1/4 průměru lodyhy je výrazně větší než valekulární dutiny. Hypodermální sklerenchym je celistvý, mohutnější pod žebry, zatímco chlorchym se nachází pouze pod žebry (Novák 1971). Hrouda a Krahulec (1982) však opravují tvrzení Nováka (1971), kdy říkají, že chlorchym není celistvý, což autor mylně vyjádřil, avšak odkazuje na správné protichůdné vyobrazení. Zajímavým znakem, jímž se hybrid liší od *E. variegatum* je červené zbarvení vnějších stěn buněk endodermis (Hrouda & Krahulec 1982). Úzce nálevkovité pochvy vzhledem bližší *E. variegatum*, jsou až 6 mm dlouhé o šířce 4 mm (Novák 1971, Hrouda & Krahulec 1982). Pochvy ve spodní části lodyhy jsou červenohnědé, v horní části celé šedozelené nebo zelené s příčnou černou páskou pod zuby. Zuby mají zřetelné karinální a komisurální rýhy přecházející na pochvu, jsou trvalé, úzce trojúhelníkovité až vejčité kopinaté s kroucenou dlouhou špičkou, bíle suchomázdřité s tmavou skvrnou na bázi (Novák 1971). Strobilus je vytvářen vzácně, nejčastěji zakrnělý o velikosti 4-8 mm s degenerovanými výtrusy (Novák 1971, Hrouda 1988). Hybridi stojí svými znaky přibližně mezi rodičovskými taxony a jsou stejně jako oni dosti variabilní (Novák 1971, Krahulec 1996). Dle Holuba (1972) se od *E. ×trachyodon* liší hypodermálním sklerenchymem stejně silným pod žebry i rýhami alespoň ve vrcholové části lodyhy, ač Novák (1971) uvádí jinak (viz výše) a nepřezimující lodyhou (Holub 1972). Determinace těchto dvou problematických hybridů dle křemitých valů na žebrech se zdá být zcela scestná a ideálním poznávacím znakem, jak ukázala britská studie, je velikost genomu (Jepson & al. 2013). *E. ×meridionale* může připomínat některé rostliny *E. ×moorei*, které se však výrazně liší anatomií stonku, barvou pochev a charakterem jejich zubů, které směřují k rodičovské *E. hyemale* (Holub 1972). Velikost genomu je 60,9 pg (Bennert & al. 2005).

Tento taxon není v Červeném seznamu 2012 hodnocen, z důvodu údajné neschopnosti generativní reprodukce (Daníhelka 2012), v seznamu zvláště chráněných druhů není vůbec uveden (vyhláška 395/1992 Sb.).

Ekologie: Novák (1971) uvádí, že v době jeho výzkumu byly nároky tohoto taxonu jen málo probádány, avšak jeho nálezy pocházely většinou ze slatinných biotopů a častěji z příkopů

podél tratí (Novák 1971). Hrouda a Krahulec (1982) ve své práci došli k závěrům, že tento kříženec se vyskytuje nejčastěji mezi druhy xerofytními a má své optimum spíše v sušších biotopech, obývá dokonce osypy skal až skály, ač dokáže růst ve vlhku, což hybrid patrně převzal od obou rodičů. Další charakteristikou je jeho růst spíše v nezapojených porostech, tato neschopnost snášet konkurenci pravděpodobně pochází ze strany *E. variegatum*. Autoři zjistili jeho optimální výskyt ve společenstvech svazů *Stipion calamagrostis* a *Pulsatilla slavicae* – *Pinion*, avšak na níže uvedené lokalitě z Podbeskydí rostliny obývaly rozhraní svazů *Arrhenatherion* a *Galio – Urticetea*. Po vzoru obou rodičů roste nejčastěji na plochách s vysokým podílem uhličitanu vápenatého v půdě (Hrouda & Krahulec 1982).

Rozšíření: Je to vzácný hybrid známý dosud jen ze střední Evropy, což je patrně dáno stykem areálů rodičovských druhů a přiblížením jejich stanovištních nároků v této oblasti (Hrouda & Krahulec 1982). Dle Nováka se hybrid vyskytoval v tyrolských Alpách nedaleko Meranu. Dále jej udává ze Švýcarska z břehů Rýna, z Maďarska a 4 lokality ze středních Čech (Novák 1971). Zmíněné české lokality dnes patrně neexistují. Nová lokalita z našeho území byla nalezena u Tošanovic v Podbeskydí, v tu dobu jediná na území ČR (Hrouda & Krahulec 1982). Rozšíření není dosud zcela známo, avšak v dnešní době jsou další lokality známé ze Záhorí, od Stankovan, z Pienin (Hrouda 1982) a okolí Báňské Bystrice u obce Slovenská Lupča na Slovensku (Krahulec 1996). Další informace jsou z německého Altpoderschau, Algund v Itálii (Bennert & al. 2005) či britského Anglesey (Rumsey & Spencer 2012).

#### **4.1.7. Sběr rostlinného materiálu**

Terénní průzkum proběhl v červenci roku 2013, kdy jsem s vedoucím práce navštívil jinak nepřístupný a činný lom Kotouč nedaleko Štramberka. Přesličky zde rostli na místech vzniklých těžbou na 7. Etáži hlavního lomu a v takzvaném „břidlovém“ lomu (obr. 4).

Rostliny byly odebrány z několika populací, vyrytím části trsu a místo odběru bylo zaměřeno pomocí GPS navigace. Lokality pak byly vyneseny do satelitního snímku (obr. 5. a 6.). Každé rostlině bylo přiděleno číselné označení. Celkem byl proveden sběr 18 trsů rostlin, z 15 dílčích populací. U tří z těchto populací byly tedy odebrány 2 rostliny, v takovém případě byly rostliny označeny stejným číslem a přídomkem A a B. Rostliny byly ještě ten den převezeny do kultury na zahradu v Martinicích u Proseče, na severním okraji Žďárských vrchů v nadmořské výšce cca 620 m n. m. Zde probíhá kultivace rostlin vsazením jednotlivě do sadbovačů s popisnými štítky. Substrát pro rostliny byl připraven smísením přibližně 3 dílů

jílu a 1 dílu vápencové drti, což zhruba odpovídá složení půdy na původní lokalitě. Takto zajištěné rostliny byly vloženy do plastové přepravy bez otvorů s téměř stálou hladinou vody cirká do poloviny sadbovačů (obr. 14 Přílohy). Rostliny byly již dříve herbarizovány Z. Hradílkem v Olomouci po jiných návštěvách lomu. Ty následně sloužily k měření jejich spor. Později byly Z. Hradílkem odebrány pro srovnání 2 rostliny z Ostravy, 2 z lokality nedaleko Mohelnice a 1 mnou odebraná rostlina ve Ferdinandově u Dvora Králové.



Obr. 4 - Lom Kotouč, vyznačené plochy sběru rostlinného materiálu „břidlový“ lom a 7. etáž dle mapového serveru [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)



obr. 5 - Lom Kotouč – 7. etáž, číselné označení míst sběru rostlinného materiálu mapový server [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Vysvětlivky: první číslo s tečkou značí místo sběru, druhé pak označení rostliny - 1. 548, 2. 549A a 549B, 3. 550, 4. 551A a B, 5. 552, 6. 553, 7. 554, 8. 555, 9. 556, 10. 557



obr. 6 - Lom Kotouč – „břidlový“ lom, číselné označení míst sběru rostlinného materiálu mapový server [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Vysvětlivky: první číslo s tečkou značí místo sběru, druhé pak označení rostliny - 1. 543, 2. 544, 3. 545A a 545B, 4. 546, 5. 547



## 4.2. Hodnocení morfologických a anatomických znaků

Morfometricky byly hodnoceny následující znaky:

Znak	Jednotka	Zkratka	Počet měření znaku
Šířka lodyhy	μm	Sl	1
Velikost centrální dutiny	μm	Scd	1
Tlouška sklerenchymu	μm	Tskl	3
Hloubka uložení valekulární dutiny	μm	Vval	3
Poměr uložení val. dutiny / síly skler.	μm	Vval/Tskl	-
Výška žebra	μm	Vz	3
Šířka pochvy	mm	Sp	1
Výška pochvy	mm	Vp	1
Poměr výška / šířka lodyžní pochvy	mm	Vp/Sp	-
Výška pochvy včetně zubu	mm	Vzp	1

Znaky Sl, Scd, Tskl, Vval, Vz byly měřeny na zhotovených preparátech v mikroskopu za pomoci počítačového programu AxioVision LE64 verze 4.9.1. SP1 (viz obr. 15 Přílohy). Vp, Sp a Vzp byly měřeny Brinellovou měřicí lupou s přesností na desetiny milimetru. Získaná data byla zpracována do tabulek v programu Microsoft Excel.

## 4.3. Měření velikosti výtrusů

Výtrusy byly měřeny na herbářovém materiálu. Vzorek byl připraven z jednoho sporangioforu ve střední části strobilu pomocí ostré pinzety, ten byl vložen do předem připravené kapky vody na podložním sklíčku, kde byl preparační jehlou rozdrčen a výtrusy rovnoměrně rozmíchány a překryty krycím sklíčkem, tak aby preparát byl vzduchu prostý. K měření spor byl použit kalibrovaný měřicí okulár se šroubem. V každém strobilu bylo tímto způsobem změřeno 30 spor. Každý vzorek byl důkladně prohledán a u rodičovských druhů byl zhruba spočítán počet abortovaných výtrusů, zatímco u hybrida počet výtrusů vyvinutých a zelených. Kromě spor sporangioforů středové části klasu byly pro hledání abortovaných, případně životaschopných spor připraveny preparáty spor ze sporangioforů spodní a vrcholové části daného sporangioforu. Dále byly u rodičovských taxonů měřeny spory ve třech zónách strobylu (vrcholová, střední a bazální) pro porovnání velikosti spor v rámci klasu.

#### 4.4. Stanovení velikosti genomu

O průtokové cytometrii se hovoří jako o levné a rychlé metodě, jejíž pomocí je možné snadno analyzovat genomy organismů, za minimální spotřeby studovaného materiálu. Je možné takto získat informace například o výši ploidní úrovně, celkovém obsahu jaderné DNA či reprodukčním modu. (Doležel & al. 1997, Matzk & al. 2000). Běžně používané průtokové cytometry však neumožňují stanovit přesný počet chromozomů v jádře a proto je třeba doplnit získané výsledky o údaje z klasických cytogenetických metod (Suda & al. 2006)

##### 4.4.1. Průtoková cytometrie

První cytometry byly vyvinuty v průběhu druhé světové války pro účely armády, jejichž pomocí byly detekovány bakterie aerosolů používaných při biologických útocích. Unášecím médiem tehdejších přístrojů byl vzduch, který později nahradily tekutiny a zkoumané částice se začaly označovat specificky vázanými barvivy. To přispělo k dalšímu vývoji průtokové cytometrie. Se zdokonalováním této technologie bylo možné sledovat stále menší částice a širší spektrum jejich kvantitativní i kvalitativních parametrů, což umožnilo rychlé rozšíření cytometrie v dalších oborech, jako je například medicína, imunologie či biologie (Shapiro 2007).

Průtoková cytometrie je založena na principu měření optických vlastností sledovaných objektů, např. absorpci a emisi různých vlnových délek světla použitého fluorochromu. Stěžejními komponenty přístroje jsou: zdroj světla (většinou laser), průtoková komůrka, fluidický systém (hydrodynamická fokusace), optický systém (čočky, zrcadla, filtry), zařízení pro zpracování signálu (fotodetektory, konvertory) a počítač pro zpracování dat. (Suda 2004).

Suspenze fluorescenčně značených částic, v našem případě buněčných jader, je nasávána do průtokové komůrky s unášecí tekutinou (např. neionizovaná voda, pufry). Na základě principu hydrodynamické fokusace je unášecí tekutina nasávána pod větším tlakem než suspenze vzorku a jádra jsou tak soustředěna jen v centrální části proudu. Mohou tak jednotlivě procházet ohniskem excitačního světla. Paprsek světla je absorbován fluorescenčním barvivem, čímž dochází k jeho excitaci a následné emisi přebytečné energie. Tato emitovaná fluorescence je snímána objektivem a prochází přes systémem fotonásobičů, díky nimž dochází k zesílení signálu. Zesílený signál je veden do počítače, kde je zpracován a předveden do histogramu distribuce intenzity fluorescence (viz obr. 6). Ten může být tvořen píkem standardu se známou velikostí genomu a píkem sledovaného vzorku (Doležel & al. 1997). Hodnocení ploidie je založeno na předpokladu, že poloha vrcholu piku je úměrná

obsahu jaderné DNA (velikosti genomu) a jeho plocha je odrazem počtu jader daného obsahu DNA. Z poměru vzdálenosti polohy píku vzorku, ku poloze píku standardu na ose x je možné usuzovat na výši ploidního stupně i obsahu jaderné DNA. Důležitým parametrem hodnocení kvality měření je variační koeficient (CV). Jako kvalitní jsou považována měření s hodnotou CV do 3%, kdy je možné rozlišit i malé rozdíly v obsahu jaderné DNA. Měření s CV nad 10% bývají považována za zcela nepřesná a nepoužitelná, to je však závislé na kvalitě zkoumaného materiálu a jeho přípravě (Doležel & al. 1997, Suda 2004).

#### 4.4.2. Vlastní postup stanovení velikosti genomu

Rostlinný materiál byl odebrán, podobně jako v předchozím případě z kultivovaných rostlin v zahradě na Martinicích u Proseče, do označených igelitových sáčků, které byly uloženo v lednici a následující den převezeny do laboratoře průtokové cytometrie Katedry botaniky PřF UP, kde byly postupně zpracovány metodou průtokové cytometrie.

Měření velikosti genomu proběhlo na přístroji BD Accury C6 (New Jersey, USA, modrý laser 488 nm) za použití metody vnitřního standardu, kterým byla ve skleníku předpěstovaná mladá pšenice *Triticum aestivum* (L.) se známou velikostí genomu  $2C=33,72$  pg - kalibrováno s *Hordeum vulgare*  $2C = 10,43$  pg (Doležel & al. 1989). Mladá pletiva standardu a sledovaného vzorku (cca 0,5 cm) byla společně s 0,5 ml - lyzačního pufru (LB01 o pH 7,8; Doležel & al. 1994) homogenizována ostrou žiletkou v Petriho misce. Homogenát byl přefiltrován přes nylonový filtr do značené mikrozkušavky. Do připravené suspenze jader bylo přidáno 20  $\mu$ l fluorescenčního barviva propidium jodid (PI), vážící se interkalárně na molekuly DNA. Vzorek byl barven cca 1 minutu ve tmě a poté byl analyzován průtokovým cytometrem. Z lineární stupnice grafického výstupu byl obsah jaderné DNA stanoven na základě poměru polohy G1 píku standardu a G1 píku studovaného vzorku. Takto spočítaná hodnota se označuje jako index a jeho vynásobením obsahu jaderné DNA standardu byl získán obsah jaderné DNA vzorku  $[(G1 \text{ vzorku} / G1 \text{ standardu}) \times 2C \text{ DNA standardu v pg}]$ .

Měření proběhlo pro každý rostlinný vzorek minimálně 3 $\times$ . Další měření vzorku proběhlo pouze v případě, že se spočítané obsahy jaderné DNA od sebe lišily o více než 1,5 pg. Pro každé měření bylo analyzováno nejméně 5000 jader s CV o rozsahu do 5%. Pro každý vzorek byla ze získaných výsledků spočítána velikost genomu. Výsledky byly zpracovány do tabulky v programu Microsoft Excel a statisticky vyhodnoceny v programu NCSS (Hintze 2007).

## 4.5. Statistické zpracování dat

Naměřené hodnoty byly zpracovány v programu NCSS (Hintze 2007). Pro kvantitativní hodnoty byla spočítána popisná statistika. Významnost rozdílů byla testována pomocí jednocestné analýzy variance (ANOVA) na pěti procentní hladině významnosti a následným vícenásobným porovnáním Tukey-Kramerovým testem. Úspěšnost výběru znaků byla hodnocena metodou diskriminační analýzy. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže (Tab. 1).

**Tab. 1-** Průměrné velikosti genomů v pikogramech pro jednotlivé vzorky a jednotlivé taxony (ve sloupcích 2C a 1C: průměrná hodnota  $\pm$  střední chyba průměru- *s.e.*).

Taxon	Označení	Původ	2C (pg)	1C (pg)
<i>E. ramosissimum</i>	549A	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	58.2 $\pm$ 0.30	29.1 $\pm$ 0.15
<i>E. ramosissimum</i>	549B	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	58.7 $\pm$ 0.25	29.4 $\pm$ 0.13
<i>E. ramosissimum</i>		Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	58.3 $\pm$ 0.32	29.2 $\pm$ 0.16
Průměr			58.4 $\pm$ 0.29	29.2 $\pm$ 0.15
<i>E. variegatum</i>	543	Lom Kotouč, Štramberk, „břidlový“ lom	62.6 $\pm$ 0.06	31.3 $\pm$ 0.03
<i>E. variegatum</i>	545A	Lom Kotouč, Štramberk, „břidlový“ lom	63.4 $\pm$ 0.17	31.7 $\pm$ 0.09
<i>E. variegatum</i>	545B	Lom Kotouč, Štramberk, „břidlový“ lom	64.4 $\pm$ 0.18	32.2 $\pm$ 0.09
<i>E. variegatum</i>	550	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	62.8 $\pm$ 0.41	31.2 $\pm$ 0.21
<i>E. variegatum</i>	556	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	63.4 $\pm$ 0.37	31.7 $\pm$ 0.19
Průměr			63.3 $\pm$ 0.24	31.7 $\pm$ 0.12
<i>E. <math>\times</math>meridionale</i>	546	Lom Kotouč, Štramberk, „břidlový“ lom	60.2 $\pm$ 0.42	30.1 $\pm$ 0.21
<i>E. <math>\times</math>meridionale</i>	547	Lom Kotouč, Štramberk, „břidlový“ lom	60.1 $\pm$ 0.34	30.1 $\pm$ 0.17
<i>E. <math>\times</math>meridionale</i>	551A	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	61.6 $\pm$ 0.34	30.8 $\pm$ 0.17
<i>E. <math>\times</math>meridionale</i>	553	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	59.3 $\pm$ 0.50	29.7 $\pm$ 0.25
Průměr			60.3 $\pm$ 0.40	30.2 $\pm$ 0.20
<i>E. variegatum</i>		Mohelnice	62.1 $\pm$ 0.24	31.1 $\pm$ 0.12
<i>E. ramosissimum</i>		Ostrava	59.1 $\pm$ 0.65	29.6 $\pm$ 0.33
<i>E. <math>\times</math>meridionale</i>		Mohelnice	60.0 $\pm$ 0.16	30.0 $\pm$ 0.08
<i>E. <math>\times</math>moorei</i>		Ostrava	55.4 $\pm$ 0.20	27.7 $\pm$ 0.10

## 5. Výsledky a diskuse

### 5.1. Anatomie a morfologie

Anatomické znaky jsou často jedině možné pro přesnější rozlišení druhů a kříženců přesliček. Celkem bylo anatomicky a morfologicky prostudováno 28 rostlin (11 vzorků *E. variegatum*, 7 vzorků *E. ramosissimum* a 10 vzorků *E.  $\times$ meridionale*). V tabulce 2 jsou shrnuty výsledky hodnot pro jednotlivé měřené znaky, které jsou dále uvedeny podrobněji.

**Tab. 2 -** Výsledky hodnot měřených anatomických a morfologických znaků.

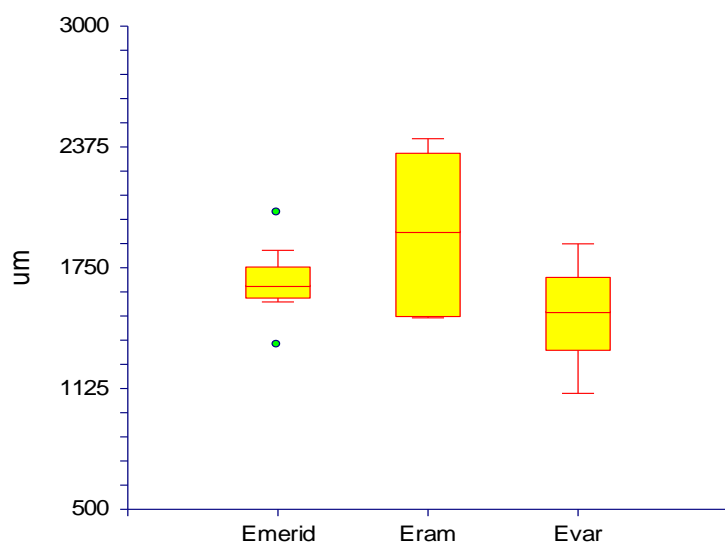
Znak	Taxon	Průměr ± směr. odchylka	Minimum – Maximum	Rozpětí
Šířka lodyhy (SI) [μm]	<i>E. ramosissimum</i>	1537 ± 238	1100 – 1874	774
	<i>E. variegatum</i>	2443 ± 1397	1491 – 5500	4009
	<i>E. ×meridionale</i>	1676 ± 177	1348 – 2032	684
Šířky cent. dutiny (Scd) [μm]	<i>E. ramosissimum</i>	1111 ± 381	420 - 1555	1135
	<i>E. variegatum</i>	476 ± 205	216 - 877	661
	<i>E. ×meridionale</i>	660 ± 252	421 - 1242	821
Poměr val. dutiny ku sklerenchymu (Vval/Tskl) [μm]	<i>E. ramosissimum</i>	2,69 ± 0,41	2 – 3,16	1,16
	<i>E. variegatum</i>	1,67 ± 0,35	1,12 – 2,17	1,05
	<i>E. ×meridionale</i>	2,03 ± 0,49	1,36 – 2,77	1,41
Poměr výšky pochvy ku šířce (Vp/Sp) [mm]	<i>E. ramosissimum</i>	1,728 ± 1,109	0,96 – 4,1	3,14
	<i>E. variegatum</i>	1,277 ± 0,137	1 – 1,46	0,46
	<i>E. ×meridionale</i>	1,654 ± 0,628	0,96 – 2,97	2,01

### Šířka lodyhy (SI)

Šířka lodyhy byla měřena uprostřed lodyhy, uprostřed lodyžního článku.

**Tab. 3 -** Tabulka výsledků měření šířky lodyh (SI).

Taxon	Počet	Průměr ± směr. odchylka [μm]	Minimum - Maximum (μm)	Rozpětí (μm)
<i>E. ramosissimum</i>	11	1537 ± 238	1100 – 1874	774
<i>E. variegatum</i>	7	2443 ± 1397	1491 – 5500	4009
<i>E. ×meridionale</i>	10	1676 ± 177	1348 – 2032	684



**Graf 1-** Krabičkový diagram pro šířku lodyhy (SI)

V šířce lodyhy se průkazně liší pouze původní rodičovské druhy *E. variegatum* a *E. ramosissimum* ( $F = 4, 43, P = 0,0230$ ). Naměřené hodnoty křížence leží přibližně uprostřed

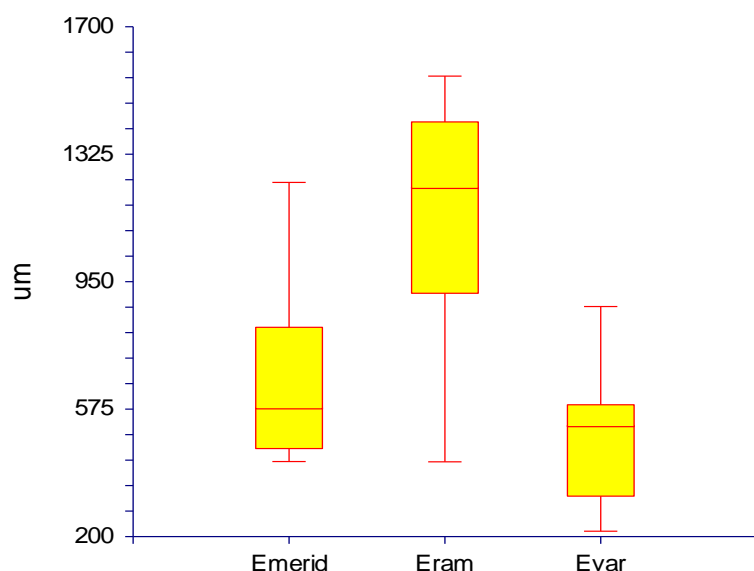
mezi rodičovskými druhy. *E. ramosissimum* vykazuje značnou variabilitu v tomto znaku. Tento druh je totiž hodně polymorfní co do vzrůstu i větvení. Existují přinejmenším 2 morfologické typy: 1) statné rostliny s bohatě větvenými lodyhami, 2) rostliny s útlejšími a jen sporadicky větvenými lodyhami. Měřeny byly v rámci jednoho taxonu, a proto je rozptyl hodnot tak veliký.

### Šířka centrální dutiny (Scd)

Tento znak nebývá v literatuře používán a nebyl kvantifikován. Zjištěné výsledky naznačují případnou možnost jeho využití v budoucnu (po analýze většího množství rostlin z různých populací) k rozlišování nejen obou rodičů, nýbrž snad i jejich křížence od *E. ramosissimum*.

Tab. 4 - Tabulka výsledků měření šířky centrální dutiny (Scd).

Taxon	Počet	Průměr ± směr. odchylka [μm]	Minimum - Maximum (μm)	Rozpětí (μm)
<i>E. ramosissimum</i>	11	1111 ± 381	420 - 1555	1135
<i>E. variegatum</i>	7	476 ± 205	216 - 877	661
<i>E. ×meridionale</i>	10	660 ± 252	421 - 1242	821



Graf 2 - Krabičkový diagram pro šířku centrální dutiny.

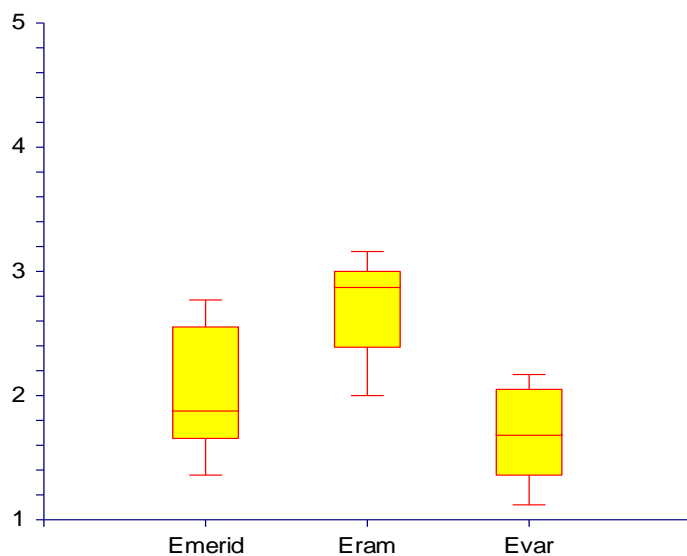
Šířkou centrální dutiny se výrazně liší jen *E. ramosissimum* ( $F = 11,7$   $P = 0,0003$ ), zbývající dva taxony od sebe není možné signifikantně odlišit (Graf 2). Tato skutečnost naznačuje přejímání charakteru tohoto znaku hybridem od rodiče *E. variegatum*.

### Poměr vzdálenosti valemkulární dutiny ku tloušťce sklerenchymu (Vval/Tskl)

Tento znak se v dostupné literatuře také dosud neobjevil, jeho pomocí by mohl být snadněji odlišen druh *E. ramosissimum* od hybridu bližšího *E. variegatum*.

**Tabulka 5.** Souhrnná tabulka výsledků poměru vzdálenosti valemkulární dutiny ku tloušťce sklerenchymu.

Taxon	Počet	Průměr ± směř. odchylka [μm]	Minimum - Maximum (μm)	Rozpětí
<i>E. ramosissimum</i>	11	2,69 ± 0,41	2 – 3,16	1,16
<i>E. variegatum</i>	7	1,67 ± 0,35	1,12 – 2,17	1,05
<i>E. ×meridionale</i>	10	2,03 ± 0,49	1,36 – 2,77	1,41



**Graf 3 -** Krabíčkový diagram pro poměru vzdálenosti valemkulární dutiny ku tloušťce sklerenchymu

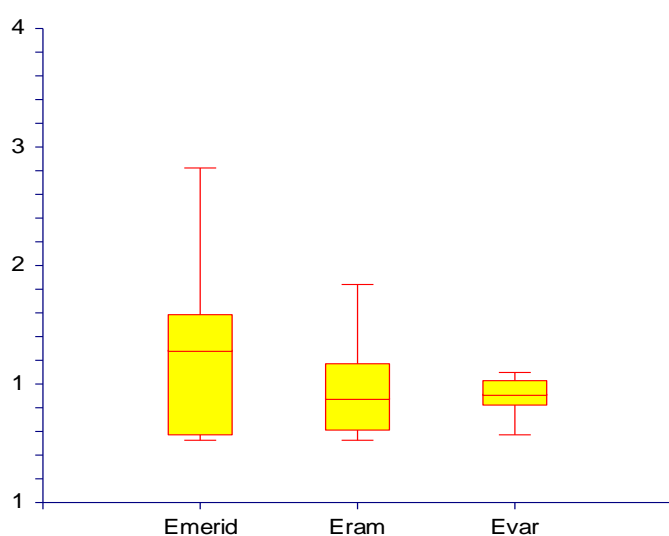
Tímto znakem se opět výrazněji liší pouze *E. ramosissimum* ( $F = 12,61$ ,  $P = 0,0002$ ) a získané hodnoty křížence jsou i v tomto případě blízké hodnotám rodiče *E. variegatum*, patrně jsou tedy i tyto znaky křížence blízké tomuto rodiči.

## Poměr výšky pochvy ku šířce (Vp/Sp)

Přesné informace o tomto znaku v literatuře nejsou též dostupné, avšak jeho použitelnost je sporná.

Tabulka 6 - Souhrnná tabulka výsledků měření poměru výšky pochvy ku šířce.

Taxon	Počet	Průměr ± směr. odchylka [mm]	Minimum - Maximum (mm)	Rozpětí (mm)
<i>E. ramosissimum</i>	11	1,728 ± 1,109	0,96 – 4,1	3,14
<i>E. variegatum</i>	7	1,277 ± 0,137	1 – 1,46	0,46
<i>E. ×meridionale</i>	10	1,654 ± 0,628	0,96 – 2,97	2,01



Graf 4 - Kráčkový diagram pro poměru výšky pochvy ku šířce.

Poměrem hodnot těchto znaků se studované taxony lišily jen nedostatečně ( $F = 2,14$ ,  $P = 0,1397$ ). Pro rozhodnutí, zda je tato kombinace znaků pro determinaci taxonů užitečná by bylo zapotřebí použití většího množství vzorků.

Z množství hodnocených anatomicko-morfologických znaků se ukázaly být užitečné pouze tři: Sl, Scd a Vval/TSkI.

## Diskriminační analýza

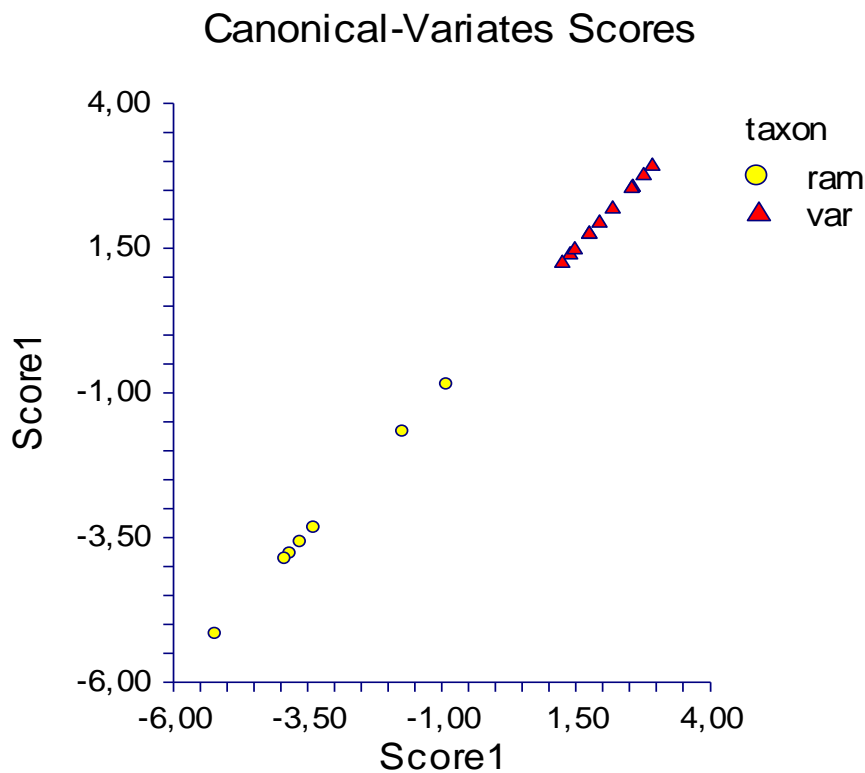
Diskriminační analýza souboru dat identifikovala 2 nejdůležitější znaky použitelné pro rozlišení *E. ramosissimum* a *E. variegatum*. Jsou to šířka centrální dutiny a poměr vzdálenosti valekulární dutiny od okraje rýhy ku tloušťce sklerenchymu v rýze (Tab. 2). Výsledná



úspěšnost modelu diskriminační analýzy byla 100 %. Výsledek testování významnosti daného modelu analýzy je velmi průkazný ( $F=17.6$ ,  $P<0.001$ ). Všechny položky byly jednoznačně identifikovány.

Tab. 7 – Hodnoty F-value diskriminační analýzy

Znak	F-value
Sl	4,58
Scd	<b>21,29</b>
Tskl	5,67
Vval	<b>28,45</b>
Vval/Tskl	<b>31,94</b>



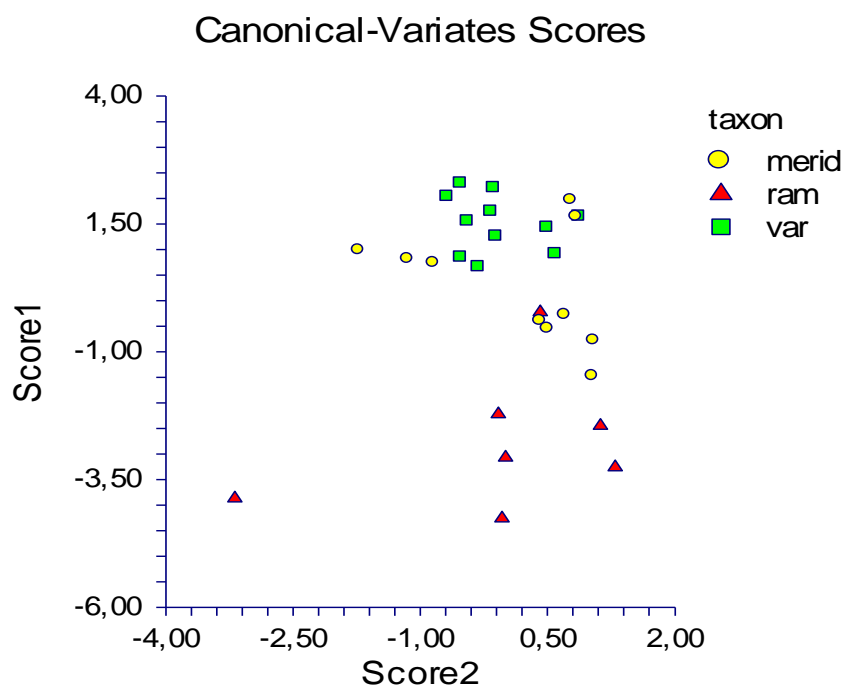
Graf 5 – Diskriminační analýza *E. ramosissimum* a *E. variegatum*.

Nejvýznamnějšími znaky pro rozlišení všech tří studovaných taxonů jsou šířka centrální dutiny a poměr vzdálenosti valemkulární dutiny od okraje rýhy ku tloušťce sklerenchymu v rýze (Tab. 2). Výsledná úspěšnost modelu diskriminační analýzy byla 51,8 %. Výsledek testování významnosti daného modelu analýzy je velmi průkazný ( $F= 4,5$ ,

P=0.0003). Většinu vzorků hybrida (5) analýza přiřadila k *E. variegatum*, 4 vzorky klasifikovala shodně a 1 vzorek přiřadila k *E. ramosissimum*.

Tab. 8 – Hodnoty F-value diskriminační analýzy

Znak	F-value
Sl	3,79
Scd	<b>11,7</b>
Tskl	1,64
Vval	7,27
Vval/Tskl	<b>12,61</b>



Graf 6 – Výsledek diskriminační analýzy pro všechny studované znaky a taxony.

Z grafu 6 je vidět, že zatímco rodičovské druhy jsou dobře diskriminovány, větší část položek hybrida analýza přiřadila k *E. variegatum*.

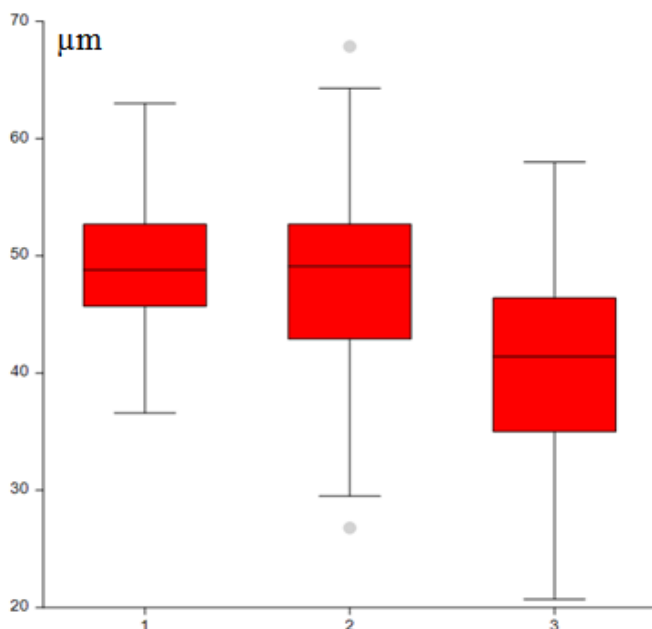
## 5.2. Výtrusy

Výtrusy byly hodnoceny odděleně od ostatních morfologických znaků, jelikož byly pořízeny na jiných souborech rostlin. Výše analyzované znaky byly měřeny na živých rostlinách, na kterých byla zároveň zjišťována také velikost genomu. Velikost výtrusů u studovaných druhů cídivek v lomu na Kotouči ukazuje tab. 9

U druhu *E. ramosissimum* bylo měřeno 150 výtrusů z 5 rostlin, u *E. variegatum* 120 výtrusů ze 4 rostlin a u *E. ×meridionale* také 120 výtrusů ze 4 rostlin. Rostliny každého taxonu pocházely alespoň ze 2 subpopulací lomu Kotouč.

**Tab. 9 – Průměrné velikosti výtrusů v mikrometrech pro jednotlivé taxony (ve sloupci Průměr spor: průměrná hodnota ± směrodatná odchylka-SD).**

Taxon	Označení	Původ: Lom Kotouč, Štramberk	Průměr ± SD (μm)	Minimum (μm)	Maximum (μm)
<i>E. ramosissimum</i>	Ram-01	7. etáž	49,3 ± 2,93	42,9	56,3
<i>E. ramosissimum</i>	Ram-02	7. etáž	44,4 ± 4,09	36,6	51,8
<i>E. ramosissimum</i>	Ram-03	7. etáž	50,5 ± 4,44	43,8	61,6
<i>E. ramosissimum</i>	Ram-450a	7. etáž	55,3 ± 3,90	48,3	63
<i>E. ramosissimum</i>	Ram-453	7. etáž	46,7 ± 2,47	42,3	52,3
Průměr			49,2 ± 3,57	42,8	57
<i>E. variegatum</i>	Var-435		53,0 ± 2,99	46,4	58,9
<i>E. variegatum</i>	Var-434	břidlový lom „u závory“	52,9 ± 4,94	45,5	67,9
<i>E. variegatum</i>	Var-03	břidlový lom „u závory“	47,2 ± 3,22	42,0	54,5
<i>E. variegatum</i>	Var-453	7. etáž	34,9 ± 4,99	26,8	50
Průměr			47,0 ± 4,04	40,2	57,8
<i>E. ×meridionale</i>	Mer-01	břidlový lom „u jezírka“	42,1 ± 7,36	26,8	56,3
<i>E. ×meridionale</i>	Mer-02	břidlový lom	41,5 ± 6,94	31,3	58,0
<i>E. ×meridionale</i>	Mer-03	7. etáž	44,0 ± 4,95	32,1	55,4
<i>E. ×meridionale</i>	Mer-445		34,5 ± 8,74	20,7	48,3
Průměr			40,5 ± 7,00	27,7	54,5



**Graf 7 - Krabičkový diagram velikosti spor jednotlivých taxonů. Na vodorovné ose taxony:**

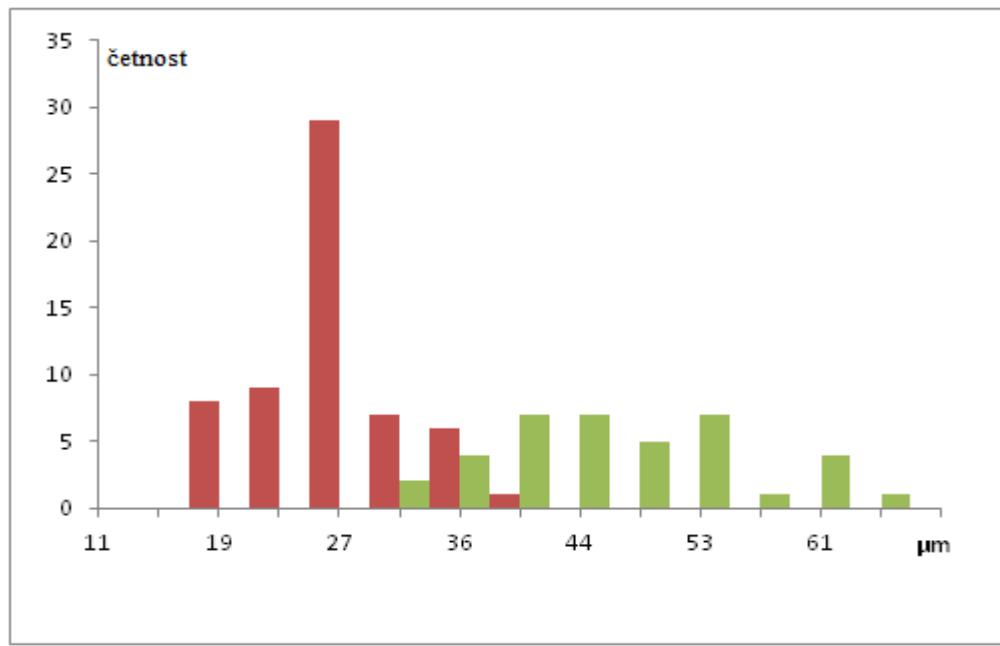
1 - *E. ramosissimum*, 2 - *E. variegatum* a 3 - *E. ×meridionale*

Výsledky potvrdily, že u studovaných cídivek v lomu na Kotouči jsou výtrusy přibližně stejně veliké a není mezi nimi výrazného rozdílu (Graf 7). Nicméně, průměrné hodnoty jsou poněkud nižší než pro zástupce podrodu *Hippochaete* uvádí Hrouda (1988). Také Ducketovy (1972) výsledky jsou výrazně vyšší, kromě téměř shodného výsledku *E. ×meridionale*. V této práci byly zjištěny hodnoty u *E. ramosissimum* 49,2 μm, *E. variegatum* 47 μm a *E. ×meridionale* 40,5 μm. Zatímco Ducket (1972) uvádí hodnoty u *E. ramosissimum* 58 μm, *E. variegatum* 61 μm a *E. ×meridionale* 40,6 μm. Na významně menší velikosti výtrusů u hybrida *E. ×meridionale* se podílejí četné abortované výtrusy. Pro porovnání s dosud publikovanými velikostmi a rozdíly jednotlivých typů výtrusů u stejného hybrida bylo provedeno měření stejným postupem. Výsledky ukazuje graf 8. Na rozdíl od výsledků, které zveřejnili Hrouda & Krahulec (1982), nebyly u hybridních rostlin na Štramberku nalezeny vůbec žádné zelené, veliké výtrusy. Zelené výtrusy ve výtrusnicích hybrida *E. ×meridionale*, popsané zmíněnými autory, byly ještě větší (o 17% resp. 21%) než normální zelené výtrusy obou rodičovských druhů v lomu Kotouč (*E. ramosissimum* a *E. variegatum*). Z hlediska frekvence tří typů výtrusů nalezených u *E. ×meridionale* (Hrouda & Krahulec 1982) byly nejpočetnější malé, nepravidelné a bezbarvé výtrusy. Výrazně méně bylo velikých zelených výtrusů a nejméně středních, různobarvých výtrusů.

U štramberských hybridních rostlin byly bezbarvé výtrusy bez hapter zhruba o polovinu menší, než spory s vyvinutými hapterami (Tab. 10). Celkové rozpětí hodnot malých spor bylo rovněž výrazně nižší, než u spor velkých (Graf 8). U hybridního taxonu se nepodařilo potvrdit přítomnost plně vyvinutých zelených výtrusů.

Tab. 10 - Průměrné a krajní hodnoty dvou typů spor *E. ×meridionale* z lomu Kotouč

	Průměr a SD spor (μm)	Minimum	Maximum
Malé spory bez hapter	20,5 ± 4,41	10,5	21,7
Velké spory s hapterami	42,1 ± 9,22	21	63

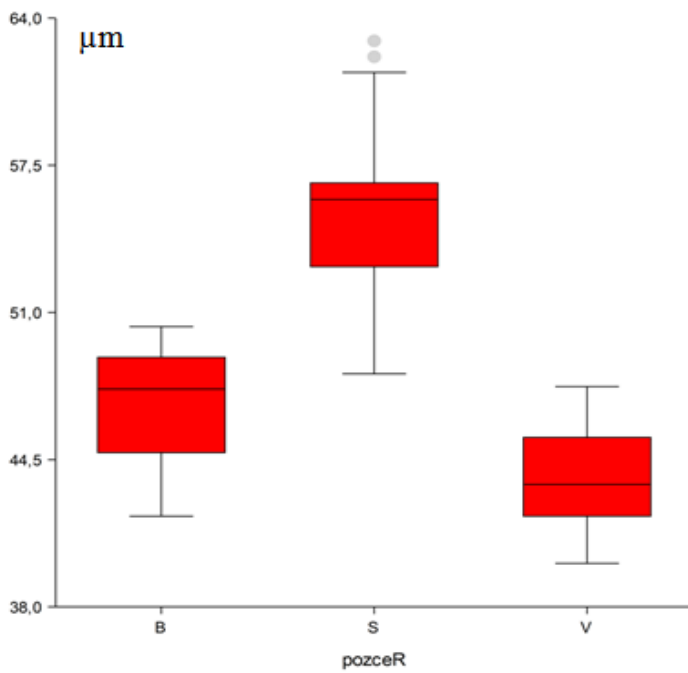


**Graf 8** - Histogram četností dvou typů spor *E. ×meridionale* z Lomu Kotouč, na vodorovné červené sloupce - malé bezbarvé spory bez hapter, zelené sloupce - velké spory s hapterami

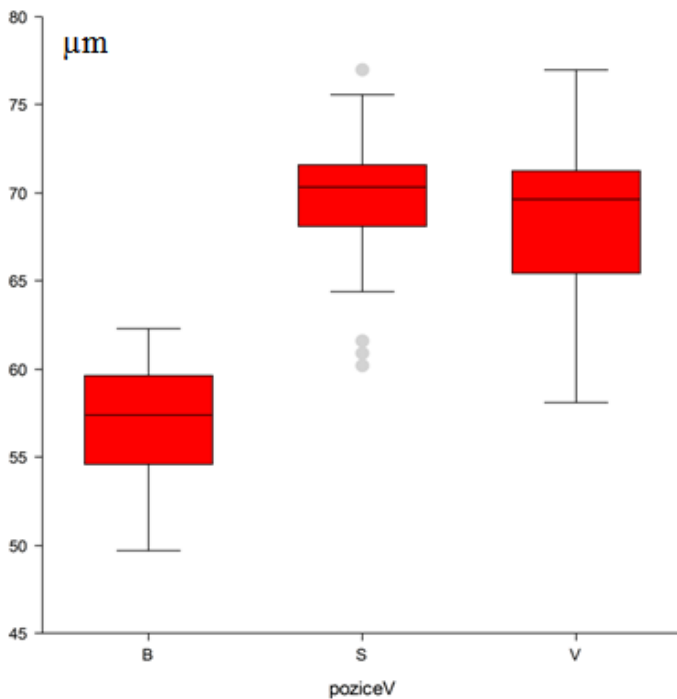
### 5.3. Porovnání velikosti výtrusů ve třech zónách strobilu

Byly zjištěny významné rozdíly ve velikosti výtrusů odebraných z různých částí výtrusné šišťice. Průměrná velikost výtrusů u *E. ramosissimum* ve vrcholové části byla 43,8 µm, v části střední 55,3 µm a v bazální části 46,8 µm (Graf 9). Toto tvrzení podporuje měření výtrusů ze 4 – 6 strobilů. Všechny rozdíly byly průkazné.

U *E. variegatum* byly statisticky významné rozdíly ve velikostech výtrusů ve spodní části výtrusného klásku (v průměru 57,1 µm) na jedné straně a velikostí výtrusů ve střední (69,6 µm) a horní části šišťice (68,8 µm) (Graf 10). Přes rozdílné naměřené hodnoty u štramberských rostlin a rostlin, které měřil Duckett (1970), je přece jen shoda v tom, že ve střední části výtrusného klásku jsou největší výtrusy.



Graf 9 - Krabičkový diagram srovnání velikosti výtrusů ve 3 zónách strobilu *E. ramosissimum*. Na vodorovné ose zóny: B – bazální, S – střední a V – vrcholová.



Graf 10 - Krabičkový diagram srovnání velikosti výtrusů ve 3 zónách strobilu *E. variegatum*. Na vodorovné ose zóny: B – bazální, S – střední a V – vrcholová.

## 5.4. Velikost genomu

Velikost genomu byla zjišťována celkem u 12 rostlin z lomu Kotouč – viz tab. 11. Orientační měření byla provedena pro další 4 rostliny z jiných lokalit. Výsledky podává tab. 11.

**Tab. 11 – Průměrné velikosti genomů v pikogramech (pg) pro jednotlivé taxony (ve sloupcích 2C a 1C: průměrná hodnota ± střední chyba průměru - s.e.).**

Taxon	Označení	Původ	2C (pg)	1C (pg)
<i>E. ramosissimum</i>	549A	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	58.2 ± 0.30	29.1 ± 0.15
<i>E. ramosissimum</i>	549B	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	58.7 ± 0.25	29.4 ± 0.13
<i>E. ramosissimum</i>		Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	58.3 ± 0.32	29.2 ± 0.16
Průměr			58.4 ± 0.29	29.2 ± 0.15
<i>E. variegatum</i>	543	Lom Kotouč, Štramberk, „břidlový“ lom	62.6 ± 0.06	31.3 ± 0.03
<i>E. variegatum</i>	545A	Lom Kotouč, Štramberk, „břidlový“ lom	63.4 ± 0.17	31.7 ± 0.09
<i>E. variegatum</i>	545B	Lom Kotouč, Štramberk, „břidlový“ lom	64.4 ± 0.18	32.2 ± 0.09
<i>E. variegatum</i>	550	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	62.8 ± 0.41	31.2 ± 0.21
<i>E. variegatum</i>	556	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	63.4 ± 0.37	31.7 ± 0.19
Průměr			63.3 ± 0.24	31.7 ± 0.12
<i>E. ×meridionale</i>	546	Lom Kotouč, Štramberk, „břidlový“ lom	60.2 ± 0.42	30.1 ± 0.21
<i>E. ×meridionale</i>	547	Lom Kotouč, Štramberk, „břidlový“ lom	60.1 ± 0.34	30.1 ± 0.17
<i>E. ×meridionale</i>	551A	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	61.6 ± 0.34	30.8 ± 0.17
<i>E. ×meridionale</i>	553	Lom Kotouč, Štramberk, 7. etáž	59.3 ± 0.50	29.7 ± 0.25
Průměr			60.3 ± 0.40	30.2 ± 0.20
<i>E. variegatum</i>		Mohelnice	62.1 ± 0.24	31.1 ± 0.12
<i>E. ramosissimum</i>		Ostrava	59.1 ± 0.65	29.6 ± 0.33
<i>E. ×meridionale</i>		Mohelnice	60.0 ± 0.16	30.0 ± 0.08
<i>E. ×moorei</i>		Ostrava	55.4 ± 0.20	27.7 ± 0.10

Naměřené hodnoty velikosti genomu u rostlin z lomu Kotouč zatím ±potvrzují dosavadní názor, že velikost genomu může sloužit k rozlišení druhů i hybridů v rámci podrodu *Hippochaete* (Bennert et al. 2005). Hodnoty se mezi druhy i hybridem poměrně liší. Průměrná velikost genomu *E. ramosissimum* ze Štramberka je o 3,7% vyšší než naměřili Bennert et al. (2005), a o 1,4% nižší než vykazovaly rostliny z Ostravy. Průměrná velikost genomu *E. variegatum* ze Štramberka se prakticky shodovala s hodnotami publikovanými (Bennert et al. 2005) a byla o 1,9% vyšší než u rostlin z Mohelnice. Hybrid měl velikost genomu u štramberských rostlin o 1% nižší než zjistili Bennert et al. (2005) a o 0,5% vyšší než hybridní rostliny z Mohelnice. Rozdíly v hodnotách velikosti genomu mezi štramberskými rostlinami a zveřejněnými údaji, získanými měřeními rostlin v západní Evropě (Bennert et al. (2005), se nelišily v průměru více než o 3,7%.

**Tab. 12 – Srovnání velikosti genomů v pikogramech rostlin štramberských západoevropských (Bennert et al. 2005).**

	Průměr Štramberk 2C (pg)	Průměr Bennert 2C (pg)	Rozdíl (%)
<i>E. ramosissimum</i>	58.4 ± 0.29	56.3 ± 0.36	+3.73
<i>E. variegatum</i>	63.3 ± 0.24	63.3 ± 1.15	0
<i>E. ×meridionale</i>	60.3 ± 0.40	60.9 ± 0.50	-0.99

## 6. Závěr

V lomu Kotouč u Štramberka byly odebrány rostliny vzácných druhů cídivek a převedeny do kultury k dalšímu studiu. Pozornost byla věnována proměnlivosti anatomických a morfologických znaků a velikosti genomu. Z množství sledovaných znaků se pro rozlišování rodičovských druhů ukázaly nejvhodnější velikost centrální dutiny a poměr vzdálenosti valemkulární dutiny ku tloušťce sklerenchymu v rýze. U obou rodičů prokázala diskriminační analýza u studovaných znaků 100% úspěšný výsledek, ovšem hybridní rostliny vykazovaly značnou variabilitu. Přes velké úsilí nebyly u hybridních rostlin nalezeny zelené výtrusy, které by tuto proměnlivost hybrida mohly vysvětlit. Přesto je jejich existence možná. U hybridních rostlin převažovaly typy bližší *E. variegatum* nad typy blízkými druhu *E. ramosissimum*.

U rodičovských druhů bylo množství abortovaných spor velmi nízké (pod 1%) a zelené výtrusy hybrida nebyly vůbec nalezeny.

Výsledky měření genomu byly srovnatelné s dosud publikovanými hodnotami, od nichž se lišily max. o 3,7%. Potvrdilo se, že velikost genomu může velmi dobře pomoci v determinaci hybridních rostlin.

## 7. Literatura

Aeschimann D. ed. (2004): Flora alpina 1. – Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 1159 p.



- Bennert W., Lubienski M., Körner S. & Steinberg M. (2005): Triploidy in *Equisetum* subgenus *Hippochaete* (Equisetaceae, Pteridophyta). – *Annals of Botany*, Münster, 95(5): 807-815.
- Bonacheva V. M. & Botirov E. Kh. (2014): Kaempferol and its glycosides from *Equisetum silvaticum* L. from the Khanty-Mansi autonomous area. – *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 40(7): 777-780.
- Brune T., Thiv M. & Haas K. (2008): *Equisetum* (Equisetaceae) species or hybrids? ISSR fingerprinting profiles help improve diagnoses based on morphology and anatomy. – *Plant systematics and evolution*, 274(1-2): 67-81.
- Brune T. & Haas K. (2011): *Equisetum* species show uniform epicuticular wax structures but diverse composition patterns. – *AoB PLANTS*, Institute of Botany, University of Hohenheim, Germany, 1-13.
- Danihelka J., Chrtek J. Jr. & Kaplan Z. (2012): Checklist of vascular plants of the Czech Republic. – *Preslia*, Praha, 84: 647-811.
- Des Marais D. L. ed. (2003): Phylogenetic relationships and evolution of extant horsetails, *Equisetum*, based on chloroplast DNA sequence data (*rbcL* and *trnL-F*). – *International Journal of Plant Science*, 164(5): 737-751.
- De Winter W. (2015): The Dutch ruz: History and myth of the *Equisetum* trade. - *The Fern Gazette* 20(1): 23-45.
- De Winter W. & Lubienski M. (2012): *Equisetum* × *ascendens* Lubienski & Bennert: the first rekord of a triploid hybrid horsetail of the Netherlands. – *Gorteria*, 36(1): 1-17.
- Doležel J. (1997): Application of flow cytometry for the study of plant genomes. – *Journal of Applied Genetics*, 38(3): 285-302.
- Doležel J., Binarová P. & Lucretti S. (1989): Analysis of nuclear DNA content in plant cells by flow cytometry. – *Biologia Plantarum*, 31(2): 113-120.
- Doležel J., Doleželová M. & Novák F. J. (1994): Flow cytometric estimation of nuclear DNA amount in diploid bananas (*Musa acuminata* and *M. balbisiana*). – *Biologia Plantarum* 36: 351–357.
- Duckett J. G. (1970): Spore size in the genus *Equisetum*. – *New Phytol.*, Oxford & Edinburgh, 69: 333-348.

- Duckett J. G. (1972): Sexual behaviour of the genus *Equisetum*, subgenus *Hippochaete*. - Botanical Journal of the Linnean Society, 65(1): 87-108.
- Guillon M. J. (2004): Phylogeny of horsetails (*Equisetum*) based on the chloroplast rps4 gene and adjacent noncoding sequences. – Systematic Botany, 29(2): 251-259.
- Guillon M. J. & Raqui C. (2002): Environmental sex determination in the genus *Equisetum*: Sugars induce male sex expression in cultured gametophytes. – International Journal of Plant Sciences, 163(5):825-830.
- Hintze J. (2007): NCSS. – NCSS. Kaysville, Utah.
- Holub J. (1972): Poznámky k československým taxonům čeledi *Equisetaceae* – Preslia, Praha, 44: 112-130.
- Hrouda L. (1988): Divisio Equisetophyta – rostliny přesličkové. In Hejný S. & Slavík B. [eds] Květena České socialistické republiky 1. – Academia, Praha, 205- 223 p.
- Hrouda L. (2002): Divisio Equisetaceae DC. - přesličkovité. In Kubát K. ed. Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha, 76-80 p.
- Hrouda L. & Krahulec F. (1982): Taxonomická a ekologická analýza společného výskytu druhů rodu *Hippochaete* (*Equisetaceae*) a jejich kříženců. – Preslia, Praha, 54: 19-43.
- Husby C. (2013): Biology and functional ecology of *Equisetum* with emphasis on the giant horsetails. – Botanical Review, 79(2): 147-177.
- Channing A. ed. (2011): *Equisetum thermale* sp. nov. (*Equisetales*) from the Jurassic San Agustín hot spring deposit, Patagonia: anatomy, paleoecology, and inferred paleoecophysiology. - American Journal of Botany, 98(4): 680-697.
- Jepson ed. (2013): Hybrids within *Equisetum* subgenus *Hippochaete* in England and Wales. – New Journal of Botany, 3(1): 47-58.
- Korbelář J. & Endris Z. (1970): Naše rostliny v lékařství. – Avicenum, zdravotnické nakladatelství, Praha, 495 p.
- Kotouč Štramberk, spol. s r.o.: O společnosti, Historie. [www.kotouc.cz](http://www.kotouc.cz)
- Kozlík L. & Michálek J. (1963): Lesnická botanika. – Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 465 p.

- Krahulec F., Hrouda L. & Kovářová M. (1996): Production of gametophytes by *Hippochaete* (*Equisetum*) hybrids. – *Preslia*, Praha, 67: 213 – 218.
- Lubiensk M. (2010): A new hybrid horsetail *Equisetum*  $\times$  *lofotense* (*E. arvense*  $\times$  *E. sylvaticum*, *Equisetaceae*) from Norway. – *Nordic Journal of Botany*, 28(5): 530-540.
- Lubienski M. ed. (2004): *Equisetum*  $\times$  *font-queri* Rothm. (= *E. palustre* L.  $\times$  *E. telsmateia* EHRH., *Equisetaceae*, *Pteridophyta*) since more than 150 years on the Baltic island of Rugen. – *Tuexenia*, (24): 329-337.
- Lubienski M. & Bennert H. W. (2006): *Equisetum*  $\times$  *alsaticum* (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*) in Mitteleuropa.-*Carolina*, 64: 107-118.
- Lubienski M., Bennert H. W. & Korner S. (2010): Two new triploid hybrids in *Equisetum* subgenus *Hippochaete* for Central Europe and notes on the taxonomic value of “*Equisetum trachyodon* forma *Fuchsii*“ (*Equisetaceae*, *Pteridophyta*). – *Nova Hedwigia*, Stuttgart, Německo, 90(3-4): 321-341.
- Mackovčín P. & Sedláček M. (2004): Chráněná území ČR-Ostravsko, svazek X. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 456 p.
- Matzk F., Meister A. & Schuber I. (2000): An efficient screen for reproductive pathways using mature seeds of monocots and dicots. - *The Plant Journal* 21: 97–108.
- Novák F. A. (1971): Československé přesličky. – *Academia*, Praha, 101 p.
- Otruba J. (1930): Květena Štramberka. – *Knihkárny Jana Rychtra*, Příbor, 117 p.
- Øllgaard B. (2000): *Divisio Sphenopsida*, 4. *Equisetaceae* In Jonsell B. ed. *Flora Nordica* 1. – The royal Swedish Academy of Science, Stockholm, 17-27 p.
- Peciar V., Červenka M. & Hindák F. (1984): *Základy systému a evolúcie výtrusných rastlín*, Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava, 578 p.
- Polívka F. (1927): *Rostlinopis pro nižší třídy škol středních*, Nakladatelství R. Promberger, Knihkupec v Olomouci, 228 p.
- Pryer K. M. & ed. (2001): Horsetails and ferns are a monophyletic group and the closest living relatives to seed plants. – *Nature*, 409: 618-622.

- Renzaglia K. S. ed. (2002): Novel features of *Equisetum arvense* spermatozoids: insights into pteridophyte evolution. – *New Phytologist*, 154(1): 159–174.
- Rumsey J. F. & Spencer M. (2012): Is *Equisetum ramosissimum* (*Equisetaceae*, *Equisetophyta*) native to the British isles? – *Fern Gazette*, 19(2): 37-46.
- Quitt E. (1971): Klimatické oblasti československa. – Academia, Geografický ústav ČSAV v Brně, 73 p.
- Senft E. (1922): Léčivé rostliny: Návod k poznání a sbírání našich domácích a pěstovaných léčivých bylin, Ústřední komise pro sběr léčivých rostlin při ministerstvu veřejného zdravotnictví a tělesné výchovy, Praha, 259 p.
- Sharma B. D. ed. (2009): History and progres of research on the *Sphenopsisid* taxon *Equisetum* L. – *Indian Fern Journal*, 26(1-2): 1-36.
- Schneider S. ed. (2013): Ernstbrunn limestone and Klentnice beds (Kimmeridgian – Berriasian; Waschberg – Ždánice unit; NE Austria and SE Czech Republic): state of the art and bibliografy. – *Bulletin of Geosciences, Czech geological survey*, 88 (1): 105-130.
- Simpson M. G. (2010): Evolution and deversity of vascular plants. – *Plant systematics*, 2ND edition, San Diego, USA, 73 – 128.
- Skalický V. (1988): Regionálně fyto geografické členění. In Hejný S. & Slavík B. [eds] *Květena České socialistické republiky 1*. – Academia, Praha, 103-121 p.
- Slavík B. (2010) *Geranium* L. In Slavík B. (ed.) *Květena ČR 5*, Academia, Praha, 191-221 p.
- Smith A. R., Pryer K. M., Schuettpelz E., Korall P., Schneider H. & Wolf P. G. (2006): A classification for extant ferns. – *Taxon*, 55 (3): 705-731.
- Štelcl J., Vávra V. & Zimák J. (2006): Mineralogicko-petrografický exkurzní průvodce po území Moravy a Slezska. Abecední seznam lokalit, Štramberk. Brno.  
[http://pruvodce.geol.morava.sci.muni.cz/stramberk/stramberk\\_text.html](http://pruvodce.geol.morava.sci.muni.cz/stramberk/stramberk_text.html)
- Štěpánek J. (2002): *Scabiosa* L. - hlaváč. In Kubát K. ed. *Klíč ke květeně České republiky*. – Academia, Praha, 497 p.

Velenovský J. (1905): Všeobecná botanika. – Česká Akademie císaře Františka Josefa pro vědu, slovesnost a umění, Praha, 612p.

Vyhláška 395/1992 Sb. Ministerstva životního prostředí české republiky ze dne 11. června 1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

Xue X. & Fry S. C. (2012): Evolution of mixed-linkage (1→3, 1→4)-b-D-glucan (MLG) and xyloglucan in Equisetum (horsetails) and other monilophytes. - *Annals of Botany*, 109(5): 873–886.

Zimák J. ed. (1995): Průvodce ke geologickým exkurzím, Střední a severní Morava, Slezsko – Polygrafické středisko VUP Olomouc, 74 p

## 8. Přílohy

### Seznam příloh:

Obr. 1 – Půdorys Kotouče (Štramberk), převzato z knihy Květena Štramberka (Otruba 1930)

Obr. 2.: Letecký snímek hory Kotouč dle mapového serveru [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Obr. 3. – Hora Kotouč, v pozadí vlevo město Štramberk (1898), převzato z knihy Květena Štramberka (Otruba 1930).

Obr. 4. – Hora Kotouč, začínající těžba, fotografováno od nádraží, převzato z knihy Květena Štramberka (Otruba 1930).

Obr. 5 – *E.variegatum*, zrající a vyprášené výtrusné šištice

Obr. 6 - *E.variegatum*, nadzemní lodyhy

Obr. 7 - *E.variegatum*, detail lodyžní pochvy, herbářová položka (autor Z. Hradílek)

Obr. 8 – *E.ramosissimum*, zrající výtrusné šištice

Obr. 9 - *E. ramosissimum*, větvené nadzemní lodyhy

Obr. 10 - *E. ramosissimum*, detail lodyžní pochvy

Obr. 11 – *E. ×meridionale*, nadzemní lodyha

Obr. 12 - *E. ×meridionale*, detail lodyžní pochvy

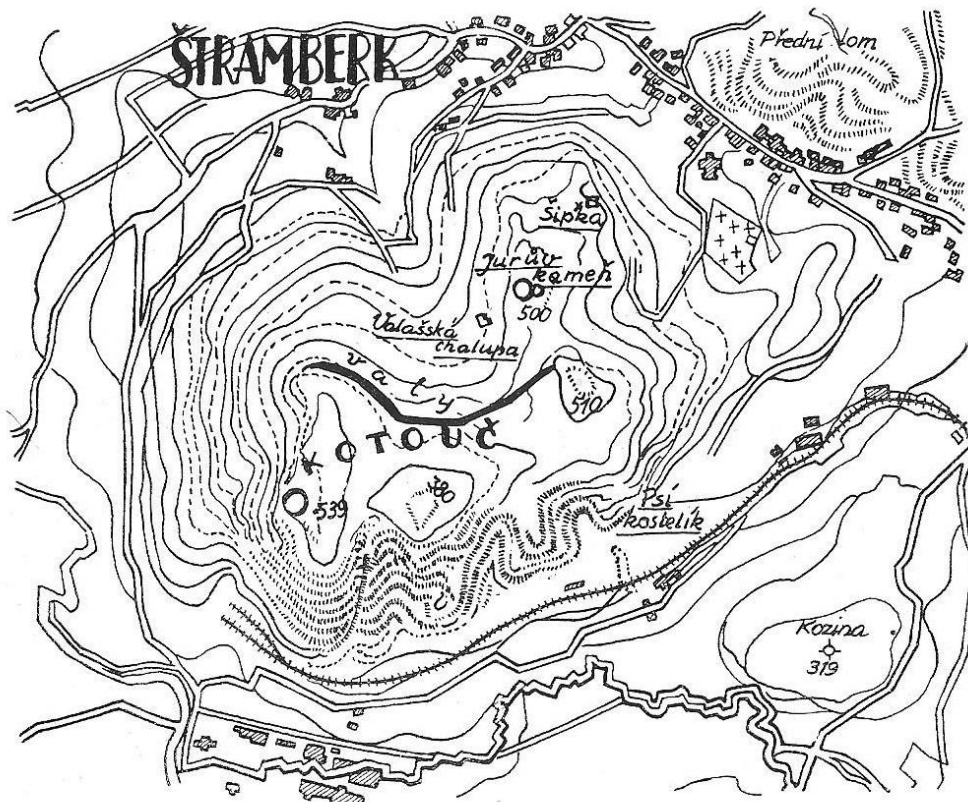
Obr. 13 - *E. ×meridionale*, detail výtrusného klasu

Obr. 14 - Kultivovace rostlin na zahradě na Martinicích u Proseče

Obr. 15 – *E. variegatum*, průřez nadzemní lodiho, popis měřených znaků

Obr. 16 - *E. ramosissimum*, průřez nadzemní lodiho

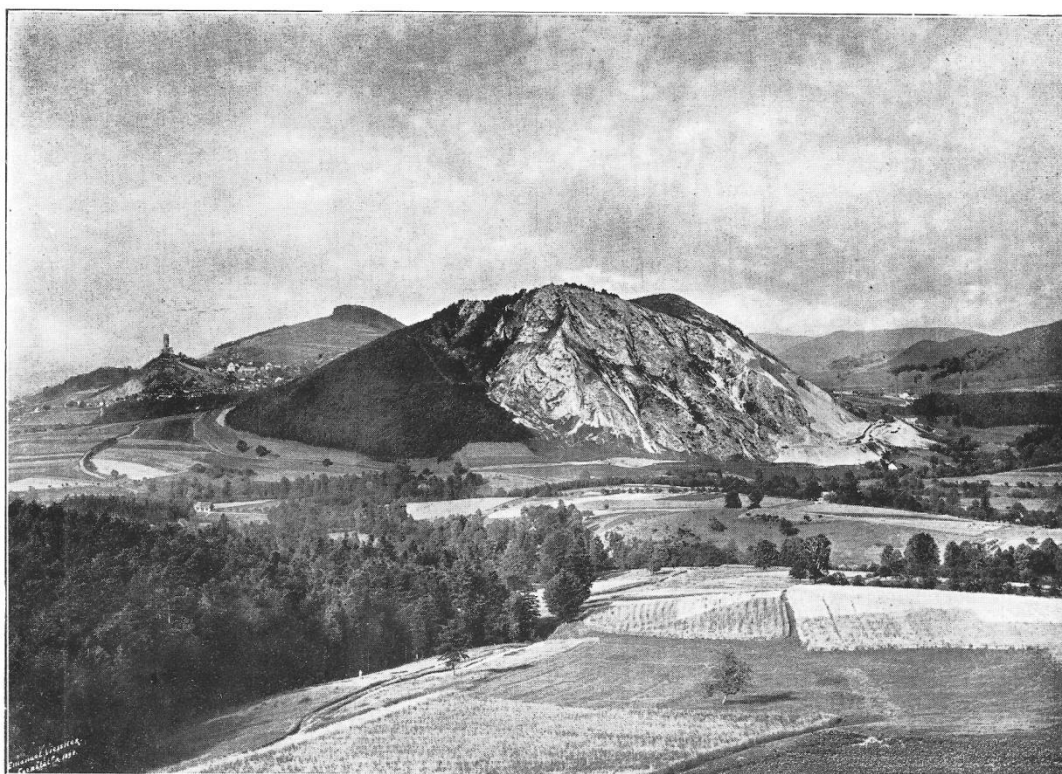
Obr. 17 - *E. ×meridionale*, průřez nadzemní lodiho



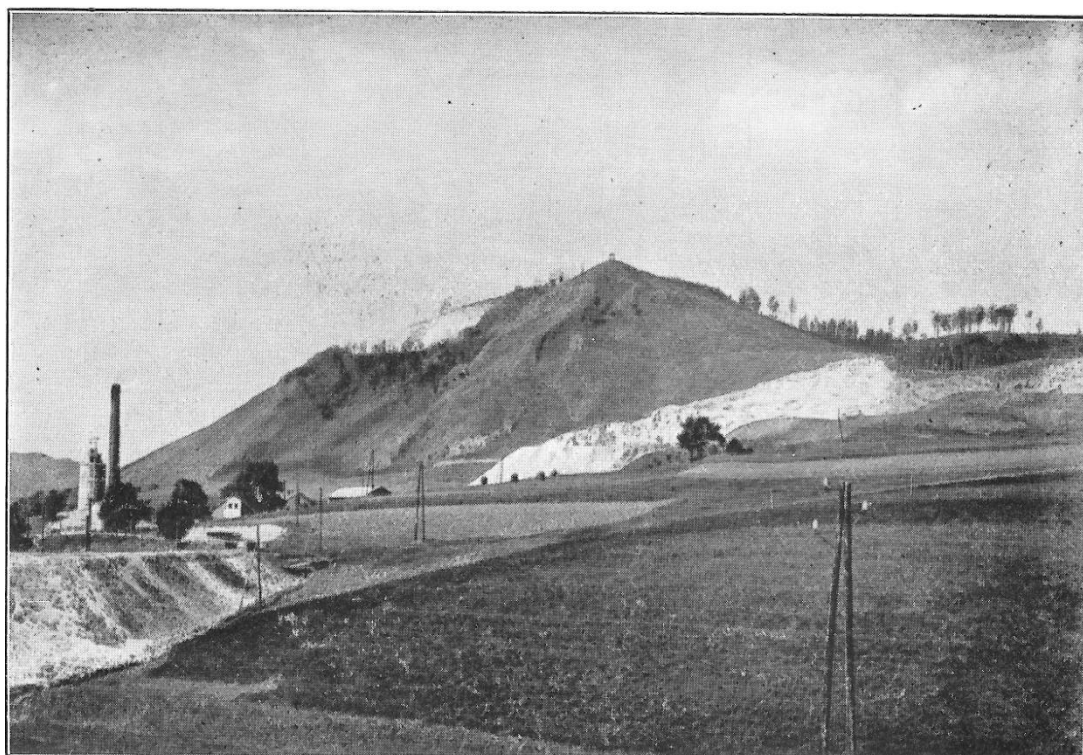
Obr. 1 – Půdorys Kotouče (Štramberk), převzato z knihy Květena Štramberka (Otruba 1930)



Obr. 2.: Letecký snímek hory Kotouč dle mapového serveru [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)



Obr. 3. – Hora Kotouč, v pozadí vlevo město Štramberk (1898), převzato z knihy Květena Štramberka (Otruba 1930).



Obr. 4. – Hora Kotouč, začínající těžba, fotografováno od nádraží, převzato z knihy Květena Štramberka (Otruba 1930).





Obr. 5 – *E. variegatum*, zrající a vyprášené výtrusné šištice

Obr. 6 - *E. variegatum*, nadzemní lodyhy

Obr. 7 - *E. variegatum*, detail lodyžní pochvy, herbářová položka (autor Z. Hradílek)



Obr. 8 – *E. ramosissimum*, zrající výtrusné šištice  
Obr. 9 – *E. ramosissimum*, větvené nazdenní lodyhy  
Obr. 10 – *E. ramosissimum*, detail lodyžní pochvy



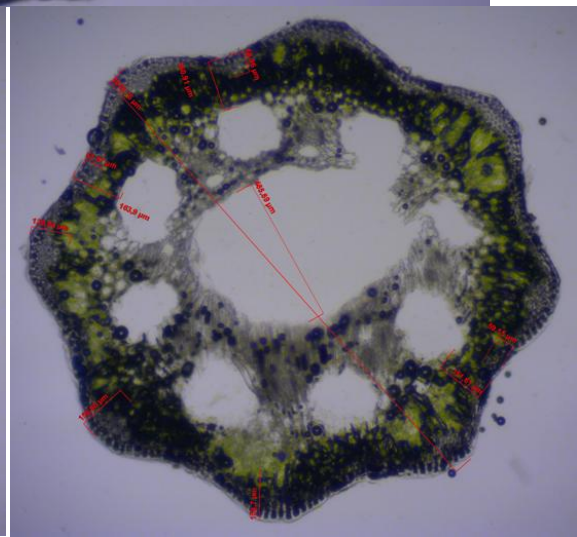
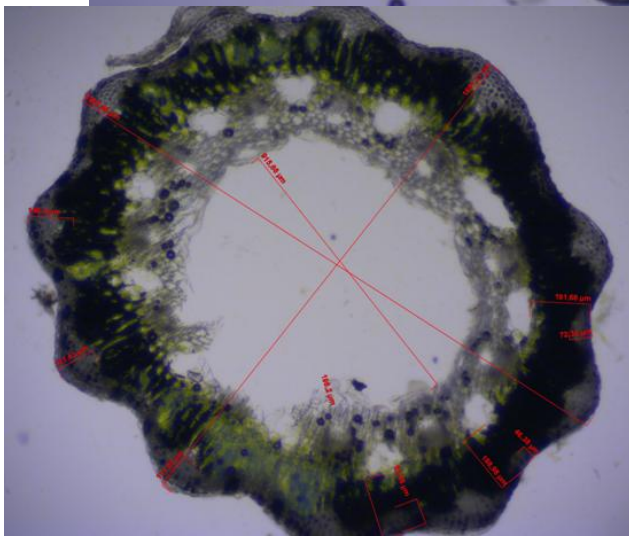
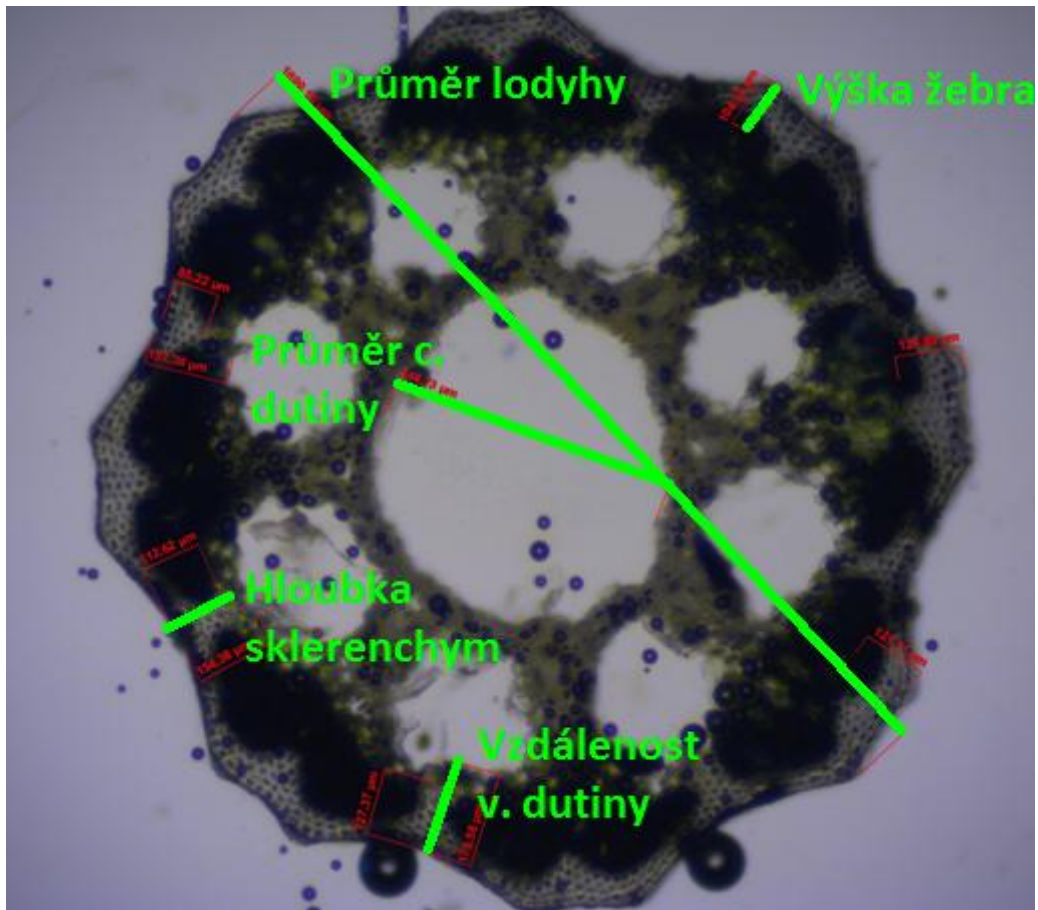
Obr. 11 – *E. ×meridionale*, nadzemní lodyha

Obr. 12 - *E. ×meridionale*, detail lodyžní pochvy

Obr. 13 - *E. ×meridionale*, detail výtrusného klasu



Obr. 14 - Kultivovace rostlin na zahradě na Martinicích u Proseče



Obr. 15 – *E. variegatum*, průřez nadzemní lodyhou, popis měřených znaků

Obr. 16 - *E. ramosissimum*, průřez nadzemní lodyhou

Obr. 17 - *E. xmeridionale*, průřez nadzemní lodyhou