



ZÁPIS O OBHAJOBĚ DISERTAČNÍ PRÁCE DSP

Jméno studenta: Ing. Eva JEŽKOVÁ
Narozen(a): 26. 8. 1990 v Pelhřimově
Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí
Studijní obor: Aplikovaná a krajinná ekologie
Forma studia: Prezenční
Školící pracoviště: KBD, FZT JU

Datum a místo konání zkoušky: 19. 6. 2023, FZT JU

Zkušební termín č.: 1

Název disertační práce:

Vybrané aspekty biologie invazního druhu *Pectinatella magnifica*

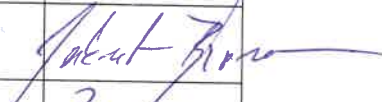
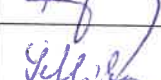
Výsledek obhajoby:

Prospěl(a)

Neprospěl(a)

Zkušební komise:

Podpis:

Předseda:	doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.; FZT JU v Č. Budějovicích	
Členové:	doc. RNDr. Zdeněk Adámek, CSc.; VÚRH JU Vodňany (oponent)	OMWVEN
	prof. Ing. Zdeňka Wittlingerová, CSc.; ČZU v Praze, FZP	
	doc. Ing. Jakub Brom, Ph.D.; FZT JU v Č. Budějovicích	
	RNDr. Kamil Zimmermann, Ph.D.; Krajský úřad Jihočeského kraje	
	Ing. Jan Hůda, Ph.D.; Rybářství Třeboň Hld. a.s. (oponent)	
	Mgr. Andrea Kučerová, Ph.D.; Botanický ústav AV ČR, v. v. i.	
Oponent: (není členem komise)	Ing. Jan Potužák, Ph.D.; Povodí Vltava, České Budějovice	
Školitel:	doc. Ing. Irena Šetlíková, Ph.D.; FZT JU v Č. Budějovicích	



OBHAJOBA DISERTAČNÍ PRÁCE DSP PROTOKOL O HLASOVÁNÍ

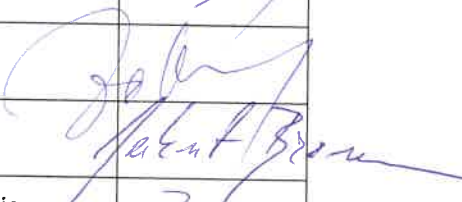
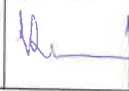
Jméno studentky: Ing. Eva JEŽKOVÁ
Narozen(a): 26. 8. 1990 v Pelhřimově
Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí
Studijní obor: Aplikovaná a krajinná ekologie
Forma studia: Prezenční

Výsledek hlasování:

Počet členů komise: 7
Počet přítomných členů komise: 6
Počet platných hlasů: 6
Kladných: 6
Záporných: 0
Počet neplatných hlasů: 0

Zkušební komise:

Podpis:

Předseda:	doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.; FZT JU v Č. Budějovicích	
Členové:	doc. RNDr. Zdeněk Adámek, CSc.; VÚRH JU Vodňany (oponent)	
	prof. Ing. Zdeňka Wittlingerová, CSc.; ČZU v Praze, FZP	
	doc. Ing. Jakub Brom, Ph.D.; FZT JU v Č. Budějovicích	
	RNDr. Kamil Zimmermann, Ph.D.; Krajský úřad Jihočeského kraje	
	Ing. Jan Hůda, Ph.D.; Rybářství Třeboň Hld. a.s.(oponent)	
	Mgr. Andrea Kučerová, Ph.D.; Botanický ústav AV ČR, v. v. i.	

Oponenti se většinou zajímají o biologické metody omezení vývoje kolonií.

doc. RNDr. Zdeněk Adámek, CSc.

Komentář k formálním připomínkám:

- Omlouvám se za překlapy.

Počínaje Obr. 4, není u snímků uvedeno autorství, vzhledem k jejich originalitě i kvalitě by to bylo velmi vhodné a žádoucí.

- Fotografie v práci jsou vlastní, pokud není uveden autor, proto nebylo autorství obr. zdůrazňováno.
- Uvedení autorství u fotografií jsem zvažovala dlouho, ale při množství obrázků to v práci působilo spíše rušivě.
- Uznávám, že souborně to v práci mohlo být zmíněno.

Obr. 18 – ze snímku není patrné, co je „dolní“ a „horní“ řada.

- Omlouvám se za výměnu popisků obr. 17 a obr. 18.

Str. 35 - proč považujete přenesení kolonií *Pectinatella magnifica* z jejich přirozeného prostředí do speciálně konstruovaného akvarijního systému za úspěšné, když cca do tří týdnů uhynuly? Co by pak bylo považováno za neúspěšné?

- Str.35: Manipulace s koloniemi druhu *Pectinatella magnifica* mimo vodní prostředí je metodicky náročná. Proto samotný transport a umístění kolonií z Třebońska do laboratoře (nepřirozeného prostředí) je komplikované a lze považovat za úspěch, že přežily již tuto manipulaci a změny a následkem toho okamžitě neuhynuly. Kolonie byly s podkladovým substrátem (větev) opatrně přeneseny do transportních nádob se vzduchováním a okamžitě převezeny do laboratoře. Z mých zkušeností vyplývá, že kolonie, které nebyly po transportu přeneseny do akvarijního systému, do druhého dne uhynuly. Pokus s přenosem byl opakován, aby se výsledky ověřily. Toto byly kritické body transportu a citlivé zásahy do života zájmového druhu.
- Růstem kolonií v přirozeném prostředí se zabývalo několik autorů (Wilcox 1906; Mukai et al., 1987; Mukai 1998; Joo et al., 1992) viz str. 28 avšak přenesením kolonií doposud nikdo.

Str. 50 – Adámek et al. (2003) uvádí statoblasty mechovek i v obsahu trávicího traktu (těžko říci v potravě) lína a kapra, což není překvapivé zjištění, neboť oba druhy jsou do značné míry bentofágní, stejně jako hlaváč *Neogobius melanostomus* a statoblasty sedimentované na dně tak mohou být pasivně přijímány. Nicméně u kapra i lína byla prokázána cílená konzumace kolonií jiných druhů mechovek (*Plumatella repens*), jejichž habitus se však od bochnatky americké odlišuje. Zjištění schopnosti predace rosolovitých kolonií mechovky *Pectinatella magnifica* hlaváčem *Neogobius melanostomus* považuji za velmi významné. To ostatně koresponduje s jeho schopností požírání (nekrofágie) měkkých tkání uhynulých ryb trháním (Polačik et al. 2015), kterou u jiných druhů naší ichtyofauny (kromě nepůvodních amerických sumecků rodu *Ameiurus*) nepředpokládáme.

- Cílenou aktivní konzumaci kolonií druhu *Pectinatella magnifica* hlaváčem černoústým (*Neogobius melanostomus*) nelze potvrdit s určitostí, viz komentář č. 7 (str. 51):
- „Statoblasty *Pectinatella magnifica* byly objeveny při jejich vylučování ulovenou rybou na Labi ve Štětí (obr. 36). Nejednalo se o výzkum podle předem stanovené metodiky, ale objev učiněný poté, co byly v lokalitě nalezeny kolonie *Pectinatella magnifica*. Statoblasty invazní *Pectinatella magnifica* byly nalezeny po jejich vyloučení u řitního otvoru invazního hlaváče černoústého

(*Neogobius melanostomus*); Štětí (21. srpna 2022). Více než deset statoblastů zájmového invazního druhu mechovky, které s největší pravděpodobností prošly trávícím traktem invazního druhu ryby téměř bez viditelného poškození, bylo nalezeno při rybářských závodech v Labi, v blízkosti papíren Štětí. Tento nález přispívá k podpoře obou nejvýznamnějších strategií šíření statoblastů *Pectinatella magnifica*, a to jak pomocí ryb (zoochorie), tak i rybářského náčiní (antropochorie).“

- Hlaváči v tomto místě jsou přemnožení, proto se vrhají na každou potravu.
- Nicméně na fotografii je patrné (i když neostře), že statoblasty nalezené u řitního otvoru mají kolem sebe gelovou vrstvu. Na str. 20 v práci uvádím, že „Když jsou statoblasty uvolněny z kolonie, jsou pokryty vrstvou gelu složenou z mnoha vláken zabraňující přilnutí k rodičovské kolonii (Brooks, 1929). Ta v krátké době mizí a statoblasty mohou vytvářet shluky, držící pohromadě díky háčkům, které poté plavou na vodní hladině (Massard et Geimer, 2002).“ Tyto informace podporují domněnku, že nalezené statoblasty s přítomnou vrstvou gelu musely být požřeny aktivně, a to ještě když byly součástí kolonie, nebo velmi těsně po vyloučení kolonií.
- Plánuji ještě detailněji potvrdit, zda dochází k přímé predaci živých (či odumřelých) kolonií návštěvou lokality, odchytém a zkoumáním trávícího traktu hlaváčů černoústých.
- Vzhledem k tomu, že byly v článku Adámek et al. (2003) v trávícím traktu kapra a lína nalezeny statoblasty i kolonie (*Ictiobus cyprinellus* jen statoblasty), a to řekněme v nemalém množství (lín – 15 % ryb a podíl biomasy potravy 34 % a kapr 80 % ryb a podíl biomasy potravy 21 %), nelze pravděpodobnost možnost aktivního příjmu zamítnout.

I když nejsou známy významné negativní důsledky její kolonizace našich biotopů, díky unikátnímu a poněkud nezvyklému vzhledu neuniká pozornosti laické i odborné veřejnosti, která oprávněně vznáší dotazy, co vlastně lze od jejího rostoucího výskytu u nás očekávat. V tomto ohledu předložená práce ani jednoznačnou odpověď nepřináší, kromě konstatování, že k významné kompetici s jinými druhy mechovek nedochází. Vzhledem k tomu, že autorka se tímto druhem zabývá již poměrně dlouho, zajímalo by mě, jaký je názor doktorandky na interakce mechovky *Pectinatella magnifica* s ostatními složkami invadovaných ekosystémů, resp. možnými důsledky pro vývoj kvality prostředí. Jsem si vědom toho, že se přímo touto problematikou nezabývala, zajímal by mě spíše „kvalifikovaný“ názor, podpořený dlouholetou zkušeností.

Potenciál vlivu či rizika tkví v organismech a látkách asociovaných na kolonie tohoto druhu. Co se týče složení kolonií, jedná se o 98 % vody. Problém může být mechanický – kdyby to ve velkém množství porostlo např. technické zařízení. Ve větším množství by asi potencionálně *Pectinatella magnifica* mohla nějakým organismům (filtrátorům) potravně konkurovat.

Bochnatka americká může významně ovlivnit rovnováhu ekosystému díky svému masivnímu výskytu. Větší množství biomasy znamená větší objem matrix, která je kolonizována dalšími potenciálními producenty biologicky aktivních látek: řasami, sinicemi a bakteriemi. K získání úplných informací o vlivu druhu na životní prostředí jsou zapotřebí biologické a chemické analýzy.

Touto problematikou se zabývali kolegové z Veterinární a farmaceutické univerzity Brno (Farmaceutická fakulta) právě v rámci projektu GAČR P503/12/0337. Byly nalezeny nové chemické látky, ze kterých je bochnatka americká složena (steroly, mastné kyseliny, cukry), provedena elementární analýza gelové matrix, charakterizován lipidový profil zooidů i gelové matrix druhu. Byly sledovány potencionálně toxické látky s druhem související. Byly stanoveny toxiny sinic související s výskytem *Pectinatella magnifica*. Extrakty z bochnatky americké měly mírnou cytotoxickou aktivitu. Nicméně tyto toxiny byly pod limitem detekce, takže bylo konstatováno, že zatím nepředstavují nebezpečí. Environmentální riziko vyplývající z přítomnosti a rostoucí biomasy potencionálně toxických bentických sinic ve „starých“

koloniích by však nemělo být podceňováno. Na druhou stranu se *Pectinatella magnifica* zdá být slibným zdrojem určitých antimikrobiálních látek (Pazourek et al., 2016).

Další výzkum by se měl zaměřit na identifikování látek odpovědných za toxické účinky extraktů druhu *Pectinatella magnifica*, jakož i na podrobnou charakterizaci sezónní a prostorové dynamiky toxinů v bochnátkách a v okolní vodě. To by poskytlo nejen informace relevantní pro hodnocení ekologických a lidských zdravotních rizik kontaminace cyanotoxiny související s mechovkami, ale možná by také přispělo k našemu pochopení ekofyziologické role produkce cyanotoxinů, jejího dopadu na hostitelský druh nebo její případné role v hostiteli.

Ing. Jan Hůda, Ph.D.

Otázka č. 1: V práci uvádíte některé druhy slad. ryb, které mechovku predují. Co myslíte je těchto druhů ryb více než se vám podařilo zjistit?

Odkazuji na článek Adámek et al. (2003) – lín, kapr

Napadají mě všeobecně nepůvodní druhy. Důvodem je především fakt, že vytváří potravní a prostorovou konkurenci původním druhům ryb. Jsou velmi „žravé“. Jsou nenáročné na fyzikálně-chemické parametry vody a mají vysokou míru přežití.

Konkrétní druhy např. sumeček černý (*Amerius melas*), či hlavačkovec Glenův (*Perccottus glenii*)?

Ryby zmiňované v pokusu s líhnutím statoblastů (str. 30) cíleně predovaly čerstvě vylíhlé zooidy. Menší ryby by potenciálně mohly predovat čerstvě vylíhlé zooidy ze statoblastů i v našich vodách.

Otázka č. 2: Jaký máte názor, kdybychom použili v případě velkých kolonií mechovky v rybnících přípravky uvedené Mendlovou univerzitou přímo na kolonie v rybníce?

Použití přípravků Savo original (konc.), Persteril (36%) a formaldehyd (37%) přímo na kolonie v rybnících si nedovedu reálně představit z hlediska toxicity přípravků vůči ostatním organismům. Dle mého názoru nelze mimo kontrolované prostředí selektivně použít přípravky pouze na kolonie. Z metodiky Mendelu totiž vyplývá, že letální koncentrace chlornanu sodného (hl. aktivní látka přípravku Savo) pro mechovky na mg.l-1 výrazně převyšují letální koncentrace pro ryby i další vodní živočichy. Letální dávka kyseliny peroctové (hl. složka přípravku Persteril) pro mechovky několikanásobně překračují udávané letální koncentrace pro ryby a další vodní živočichy. Formaldehyd jako jediný z testovaných prostředků usmrtil kolonie mechovek při nižších koncentracích, než jsou letální koncentrace pro lososovité ryby. Nicméně nevíme, jaké koncentrace formaldehydu jsou letální konkrétně pro kolonie druhu *Pectinatella magnifica* a při jejich velikosti bych se obávala, že požadované množství bude „více než malé“.

Po přepočtení letální koncentrace chlornanu sodného (Savo) pro mechovky na mg.l-1 vychází u druhu *P. emarginata* 0,93 mg.l-1 a u *C. mucedo* je to 3,72 mg.l-1. Toxicita chlornanu sodného pro pstruhy (*Oncorhynchus mykiss*) je udávána 96 h LC50 0,2 mg.l-1 a pro perloočky (*Daphnia magna*) je hodnota dokonce ještě nižší – 48 h EC50 0,141 mg.l-1 (Bezpečnostní list, Penta 2012).

Letální dávka kyseliny peroctové, která je hlavní složkou přípravku Persteril, byla pro druh *P. emarginata* 2,37 mg.l-1 a pro *C. mucedo* 4,53 mg.l-1, obě tyto hodnoty několikanásobně překračují udávané letální koncentrace pro ryby a další vodní živočichy. Toxicita kyseliny peroctové pro druh *O. mykiss* je udávána 96 h LC50 0,53 mg.l-1 a pro korýše *D. magna* pak 48 h EC50 0,73 mg.l-1 (Bezpečnostní list, Eurošarm 2015).

Velké kolonie již vytváří statoblasty, proto by byl tento způsob eliminace funkční pouze pro odstranění biomasy, nikoliv proti zabránění šíření.

Ing. Jan Potužák, Ph.D.

V práci je celá jedna kapitola věnována vlivu abiotickým faktorům prostředí na výskyt bochnatky americké. Jak jsem již uvedl, v práci postrádám podrobnější informace o tom, zdali bochnatka sama, při svém často masivním výskytu, dokáže ovlivňovat parametry kvality vodního prostředí (například svou potravní aktivitou, či po odumření vlastní biomasy). Existují na toto téma nějaké publikace? Jaký je názor autorky na tuto problematiku?

Z hlediska ovlivňování parametrů vodního prostředí odkazují na mou reakci na podobnou připomínku doc. Adámka. Další výzkum by se měl zaměřit na identifikaci látek odpovědných za toxické účinky extraktů druhu *Pectinatella magnifica*, jakož i na podrobnou charakterizaci sezónní a prostorové dynamiky toxinů v bochnatkách a v okolní vodě.

Z hlediska potravní aktivity odkazují na kap. 5.1 Invaze nepůvodních organismů a *Pectinatella magnifica*, kde uvádím např. práci autorů Wang et al. (2017), v níž jsou zmíněny vážnější problémy se zájmovým druhem v největším sladkovodním čínském jezeře Poyang a dalších tamních jezerech Zuohai Lake, Zhudong Lake, Dianbai Pond a Dingzha Pon. „Tisíce kolonií byly přichyceny ke klecovým chovům ryb, což může snížit intersticiální proudění vody s následnými účinky na rozpuštěný kyslík a chemii vody, což má nepříznivé dopady na akvakulturu a ekosystém (Wang et al., 2017). Masový výskyt *Pectinatella magnifica* způsobuje zvýšení průhlednosti vody v počátečním období kolonizace v důsledku filtrace velkého množství autotrofních a heterotrofních organismů v důsledku krmení jednotlivých zooidů (Hartikainen et al., 2009; Wood, 2001). V chovech slávek u jezera Poyanghu (Čína) měla *Pectinatella magnifica* letální nebo subletální účinek na některé druhy mlžů (Wang et al., 2017). Velké množství kolonií invazní *Pectinatella magnifica* přichycených ke klecím slávek vedly k poklesu produkce, a dokonce k rozsáhlému úhynu mlže *Cristaria plicata* z důvodu silné konkurence o potravu a prostor, vytváření hypoxického prostředí a nedostatku kyslíku. V přítoku řeky Sv. Vavřince bylo hlášeno, že masivní kolonie *Pectinatella magnifica* přerůstají a zabíjejí slávičky mnohotvárné *Dreissena polymorpha* na skalnatých substrátech, pravděpodobně tím, že brání příjmu potravy a výměně plynů (Riccardi et Reiswig, 1994).“

Pro případ masivního rozvoje tohoto druhu, který by byl rizikový např. pro technická zařízení vodních nádrží, existují nějaké šetrné způsoby eliminace tohoto druhu (např. biologické postupy)?

Dotazy oponentů jsou velmi podobné, proto zareaguji už jen stručně.

- Žádný šetrný způsob eliminace tohoto druhu mi bohužel není znám. V případě technických zařízení se jeví možnost mechanického odstraňování kolonií v raném stádiu vývoje kolonie (ideálně ještě povlaky) – např. seškrábnutí z povrchu. V pozdějším stádiu kolonie již vytváří statoblasty, proto by byl tento způsob eliminace funkční pouze pro odstranění biomasy, nikoliv proti zabránění šíření.

- Z biologických postupů lze uvažovat o predaci rybami, eventuálně jinými organismy. Avšak likvidace by v případě masivního rozvoje zřejmě nebyla efektivní.

Zápis z obhajoby disertační práce Ing. Evy Ježkové

19. 6. 2023

Přítomní – viz. presenční listina

1. Předseda doc. Pechar zahájil jednání
2. Představil komisi obhajoby DP
3. Představil disertantku, její aktivity a publikační a další činnost a konstatoval, že podmínky pro konání obhajoby DDP byly splněny.
4. Školitelka doc. Šetlíková přednesla hodnocení školitele, zmínila že původně školitelem byl doc. J. Rajchard, že vlastní intenzivní terénní sledování a experimentální probíhaly v prvních letech v režimu presenčního studia. Během dokončování práce disertantka již pracovala mimo akademické prostředí, ale stále měla s pracovištěm (katedrou biologických disciplín) kontakt.
5. Prezentace výsledků – disertantka prezentovala výsledky své disertační práce na téma Vybrané aspekty biologie invazního druhu *Pectinatella magnifica*
 - disertantka získala nové poznatky a o životním cyklu bochnatky v pískovnách a méně eutrofních rybnících
 - dokázala v laboratorních podmínkách sledovat vývoj zooidů ze statoblastů až do fáze přisednutí na substrát
 - potvrdila, že v průběhu sezóny dochází k sexuální reprodukci a k možnosti usazení larev na původní kolonii
 - konstatuje, že tento nepůvodní druh, který se sice šíří, nevykazuje „agresivní invazní rysy, nepodařilo se prokázat významný vliv na vodní biocenózu.
6. Dr. Hůda představil svůj pohled na DP v rámci zpracovaného posudku. Uvedl dva dotazy na DP.
 - Zda je více druhů ryb, které predují bochnatku
 - Jaké jsou možnosti likvidace, omezení kolonií bochnatky – zejména pro případy zarůstání technologických zařízení
7. Dr. Potužák představil svůj posudek na DP a některé další návaznosti.
 - Jsou známé účinky na prostředí, na další organismy, které by mohly nastat při rozpadu kolonií na konci sezóny
 - Připojil se k dotazu Ing. J. Hůdy, obrana proti zarůstání technologických prvků na nádržích
8. Doc. Pechar představil posudek doc. Adámka.
 - Akcentoval jako téma pro diskusi souvislosti mezi výskytem bochnatky americké a charakterem vodních nádrží, parametry prostředí
9. Disertantka podrobně zodpověděla položené dotazy oponentů a reagovala na jednotlivé připomínky. Oponenti práce byli s odpovědí spokojeni.
10. Rozprava
 - Dr. Potužák – není negativní použití druhů ryb, které by mohly predovat? Nemohlo by to znamenat spíše větší šíření bochnatky? – disertantka s tímto tvrzením souhlasí

- Dr. Kučerová – jak moc si bochnatka konkuruje s ostatními organismy o prostor – odp. bochnatka může významně přerůstat v objemu, ale v zásadě významně nekonkuruje. Disertantka rozvedla další souvislosti.
 - Dr. Kučerová uvedla, v souvislosti s diskusí o omezení výskytu bochnatky např. napíchnutí kolonií hypermanganem
 - Doc. Pechar – dotaz na sezónní dynamiku – odp. otázka životního cyklu je do značné míry komplikovaná. V našich podmínkách se např. můžou objevovat larvální stádia i na konci sezóny. Životní cyklus se liší od původních stanovišť. Roli může hrát životní strategie založená na vysoké produkci statoblastů.
 - Doc. Pechar – dotaz na odhad biomasy na pískovnách – odp. byly dělané dílčí studie. Doc. Pechar navrhuje spíše hodnocení velikosti povrchu kolonií (filtrační plocha) než objemu, s ohledem na ekologickou funkci kolonií.
 - Dr. Zimmermann – zmínil, že není zaznamenaný výskyt ve V. Británii – odp. pravděpodobně teplomilnější druh. Dr. Potužák zmínil, že je větší podíl vodních ploch v chladnějších oblastech.
 - Dr. Potužák se zeptal na sezónnost výskytu statoblastů – odp. u nás je celou sezónu. Diskuse se vedla kolem možné adaptace na prostředí – uvolňování statoblastů vzhledem ke změnám prostředí.
 - Prof. Wittlingerová se zeptala, zda může výskyt bochnatky souviset s krmením ryb? – odp. problematikou se disertantka nezabývala. K problematice nejsou k tomu signifikantní výsledky. Existuje negativní vliv zvyšování trofie vody na výskyt bochnatky.
 - Doc. Berec – existuje lokalita kde bochnatka byla a následně zmizela? – odp. na jednom z rybníků byl jednorázový výskyt. Fluktuace může být. Do diskuse se přidali Dr. Hůda, doc. Pechar a Dr. Potužák → rozhoduje pravděpodobně průhlednost a kvalita vody v nádržích, především množství fytoplanktonu, detritu nebo minerálního zákalu
 - Doc. Brom se zeptal na možnost využití přírodních látek pro omezení bochnatky – odp. nejsou zkušenosti
 - Doc. Brom se zeptal na stáří skupin statoblastů – odp. zatím nejsou poznatky
 - Doc. Brom se zeptal na problematiku porovnání sexuální reprodukce bochnatky v původních podmínkách a u nás – odp. v současné době není příliš mnoho poznatků, nicméně generativní reprodukce je v původním areálu rozšíření běžným způsobem rozmnožování. Disertantka uvedla další podrobnosti.
11. Neveřejná část – byli určeni skrutátoři (Dr. Zimmermann a Dr. Kučerová) a proběhlo tajné hlasování.
- Komise se shodla, že předložená práce přináší nové poznatky, disertantka prokázala velký přehled o problematice.
12. Výsledek hlasování byl jednohlasný (6 pro, 0 proti, jeden nepřítomný). Disertantka práci obhájila.

V Českých Budějovicích 19. 6. 2023
Zapsal doc. Ing. Jakub Brom, Ph.D.