

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Zemědělská fakulta**

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Biologie a ochrana zájmových organismů

Katedra: Katedra biologických disciplín

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Habitatové preference rodu *Bombina* v rámci  
hybridní zóny v jižních Čechách**

Vedoucí diplomové práce: doc. Mgr. Michal Berec, Ph.D

Konzultant diplomové práce: Ing. Mgr. Helena Straková

Autor diplomové práce: Bc. Rudolf Nowak

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**Zemědělská fakulta**

Akademický rok: 2017/2018

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Rudolf NOWAK**

Osobní číslo: **Z17053**

Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**

Studijní obor: **Biologie a ochrana zájmových organismů**

Název tématu: **Hybridní zóna našich druhů kuněk v jižních Čechách**

Zadávací katedra: **Katedra biologických disciplin**

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

Dlouhodobé sledování stavu lokalit umožňuje zlepšit management ochrany dotčených druhů. V poměrně rychle se měnící kulturní krajině dochází k velkým změnám ve výskytu i početnosti řady druhů. Cílem práce je opakovaná návštěva lokalit s výskytem kuňky žlutobřiché, kuňky obecné a jejich hybridů, hodnocení početních stavů a výpočet hybridního indexu, s jehož pomocí je možné sledovat vývoj hybridní zóny v čase. Výsledkem bude revize lokalit v rámci dlouhodobého sledování a vyhodnocení vlivu různých faktorů na jejich stav, se zaměřením na faktory negativně ovlivňující životní prostředí a habitat ohrožených živočišných druhů.

Rozsah grafických prací: podle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 30

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Nürnberg, B., Barton, N., MacCallum, C., Gilchrist, J., & Appleby, M. (1995). Natural selection on quantitative traits in the *Bombina* hybrid zone. *Evolution*, 49(6), 1224-1238.

Szymura, J. M., & Barton, N. H. (1991). The genetic structure of the hybrid zone between the fire-bellied toads *Bombina bombina* and *B. variegata*: comparisons between transects and between loci. *Evolution*, 45(2), 237-261.

Harrison, R. G. (Ed.). (1993). *Hybrid zones and the evolutionary process*. Oxford University Press on Demand.

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Michal Berec, Ph.D.

Katedra biologických disciplin

Konzultant diplomové práce: Ing. Mgr. Helena Straková

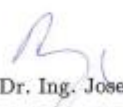
Katedra biologických disciplin

Datum zadání diplomové práce: 2. března 2018

Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2019

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentůvská 1858, 370 05 České Budějovice

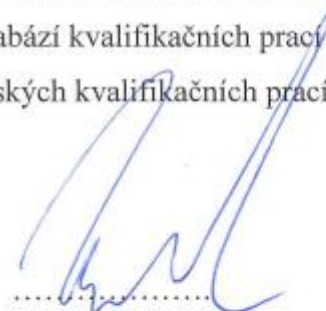
  
doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.  
vedoucí katedry

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to- v nezkrácené podobě- v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 15. 4. 2019



Bc. Rudolf Nowak

**Poděkování:**

Rád bych poděkoval především vedoucímu mé diplomové práce doc. Mgr. Michalu Berecovi, PhD., Ing. Mgr. Heleně Strakové a Ing. Magdě Vodrážkové za trpělivost a pomoc při psaní této práce. Dále bych rád poděkoval rodině a přátelům za jejich podporu v průběhu celého studia.

## Abstrakt:

Cílem této práce bylo zjistit, jaké z vybraných abiotických a biotických parametrů habitatu preferují jednotlivé druhy kuňek a jejich hybridní skupiny. Předmětem této práce bylo také zrevidovat již známé lokality výskytu a nalézt nová stanoviště v hybridní zóně na Kaplicku a Českobudějovicku.

Sledoval jsem čtyři nově nalezené stanoviště a třináct již známých stanovišť na šesti lokalitách, z nichž dvě stanoviště jsem vyhodnotil jako zaniklé z důvodu přestavby na rybník využívaný k rybničnímu hospodaření. Jedna lokalita byla znehodnocena zavezením stavební sutí. Další na základě dokončení stavby rodinného domu. Čtyři stanoviště byly pravidelně bez nálezu z důvodu nadměrného sucha. Monitoring byl založen na metodě kompletního odchytu a determinace byla provedena na základě vzoru aposematického zbarvení na břišní straně odchycených jedinců. Na základě této kresby byla také hodnocena míra hybridizace neboli hybridní index.

Celkem jsem tedy klasifikoval devět stanovišť na pěti lokalitách, z nichž byly nově nalezeny čtyři. Na základě výsledků jsem za pomoci Pearsonova korelačního koeficientu vyhodnotil jako neprůkazné parametry: obvod, plochu, hloubku a přítomnost vegetace. Statisticky významné se projevilo vystavení slunci, vzdálenost od lesa a nadmořská výška stanovišť.

Klíčová slova: kuňka obecná, kuňka žlutobřichá, lokalita, habitat

## Abstrakt:

The aim of the diploma thesis was to find out, which of the chosen abiotic and biotic habitat parameters different species and their hybrid groups of European fire-bellied toads prefer. The subject of the thesis was also to revise the already known locations of occurrence and to find new locations in the hybrid zone of Kaplicko and Českobudějovicko.

I have monitored four new founded posts and thirteen already known posts in seven locations. I evaluated two posts as ceased, because the pool in such a location has been rebuilt for fish pond management. One location has been degraded by building waste. Another one has ceased to exist because there has been built a new family house at the post. Four posts were regularly without findings because of excessive drought. My monitoring was based on the method of complete capturing and the determination was made on the basis of the pattern of aposematic coloration on the bellies of the caught toads. I also determined the degree of hybridization (hybrid index) according to this pattern.

I classified nine posts in five locations in total, of which four of them have been newly found. On the basis of obtained results I decided with the help of the Pearson correlation coefficient some parameters were not confirmative: a perimeter, an area, a depth and vegetation presence. Sun exposure, forest distance and the altitude of the posts showed to be statistically significant.

Keywords: European fire-bellied toad, yellow-bellied toad, location, habitat

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cílem této práce je: .....	2
3	Literární přehled .....	3
3.1	Rod <i>Bombina</i> .....	3
3.1.1	Zástupci rodu <i>Bombina</i> v České republice.....	3
3.1.2	<i>Bombina bombina</i> (Linnaeus, 1761) .....	4
3.1.3	<i>Bombina variegata</i> (Linnaeus, 1758).....	4
3.2	Hybridizace .....	5
3.3	Ekologické hrozby.....	6
4	Metodika .....	9
4.1.1	Hybridní index .....	10
5	Výsledky .....	14
5.1	Lokality .....	14
5.1.1	Omlenička .....	14
	Omlenička 1 .....	14
	Omlenička 2 .....	14
5.1.2	Bočkov .....	15
5.1.3	Kaplice .....	15
	Kaplice 1 .....	15
	Kaplice 2 .....	15
5.1.4	Borek .....	16
5.1.5	Vitín .....	16
5.1.6	Třebín .....	16
	Třebín 1 .....	16
	Třebín 2 .....	17
	Třebín 3 .....	17



5.2	Vztah k vybraným parametrům .....	18
5.3	Porovnání hybridního indexu s předchozím měřením .....	25
6	Diskuse.....	26
6.1	Zrevidování lokalit .....	26
6.2	Hybridní index.....	26
6.3	Preferované habitatové parametry.....	27
7	Závěr .....	29
8	Literatura.....	30
9	Přílohy.....	34

## 1 Úvod

Obojživelníci patří mezi nejohroženější skupinu živočichů (Hoffman et al., 2010). Není tomu jinak ani v České republice. Všechny druhy obojživelníků žijící u nás, patří mezi ohrožené a zákonem chráněné živočichy. Důvody úbytku populací obojživelníků jsou různé, většinou jde o destrukci přirozeného prostředí a stanovišť. V posledních letech jde o rozšiřující se období sucha, ale především o devastaci habitatu v dnešní intenzivně využívané kulturní krajině.

Oblasti mezi Českými Budějovicemi a Kaplicí se vyznačuje překryvem areálu výskytu obou druhů našich kuněk, které primárně preferují různé typy stanovišť. V důsledku jejich blízkého kontaktu dochází k hybridizaci. Tyto jedinci jsou poté genotypově i fenotypově různě blízcí rodičovským druhům. Z toho důvodu v této oblasti byla provedena série prací založená na genetické identifikaci jedinců a detekci možných lokalit výskytu v hybridní zóně (Horák, 1997; Havelková, 1999, 2002; Štefka, 2000; 2003; Straková, 2010; 2012).

## **2 Cílem této práce je:**

- zrevidování výskytu žab na již známých lokalitách
- nalezení nových lokalit
- stanovení míry hybridizace jedinců
- srovnání preferencí habitatů a ekologických podmínek jednotlivými druhy

### 3 Literární přehled

#### 3.1 Rod *Bombina*

Tento rod je výrazně adaptována na akvatické prostředí. O tom svědčí i jejich potravní strategie, neboť i u dospělých jedinců přetrvává vysoký podíl potravy ulevený ve vodě. Jejich krátké a slabé zadní končetiny jsou přizpůsobené k plavání natolik, že nejsou schopny používat skok jako útěk před predátorem. V případě ohrožení se přitisknou na dno a spoléhají na své maskovací zbarvení na ventrální straně těla. Většinu času tráví vyhříváním na okraji vody, nebo splýváním na hladině. Pro tento rod je charakteristické výrazné kryptické zbarvení na dorzální části těla a aposematické zbarvení na straně ventrální. Pohlavní dimorfismus není vyvinut. Samice bývají větší a zavalitější. Samci se nejlépe rozeznají v době rozmnožování, pomocí pářících mozolů na předních končetinách. Ty pomáhají při setrvání v pářící poloze zvané inguinální amplexus (Obr. 34 v příloze). (Diesener & Reichholf, 1997; Zwach, 2009).

Rod *Bombina* zahrnuje celkem šest druhů (Herrmann, 2001; Frost, 2019). V Asii žijí kuňky lichuanské (*Bombina lichuanensis*, Ye & Fei, 1994), kuňky velké (*Bombina maxima*, Boulenger 1905) a kuňky východní (*Bombina orientalis*, Boulenger, 1890). Mezi evropské druhy patří kuňka italská (*Bombina pachypus*, Bonaparte 1838), kuňka žlutobřichá (*Bombina variegata*, Linnaeus 1758) a kuňka obecná (*Bombina bombina*, Linnaeus 1761).

##### 3.1.1 Zástupci rodu *Bombina* v České republice

Zbarvení dorzální části těla našich kuněk je kombinace hnědé, zelené a šedé barvy v různé intenzitě. Rozsah aposematického zbarvení na břišní straně kuňky obecné je do 30% pokryvu, zatímco u kuňky žlutobřiché pokrývá více než 50% ventrální plochy těla. Na kůži zad se vyskytují zrohovatělé výstupky na vrcholech bradavičnatých útvarů. Těmito útvary žáby vypouští toxické látky na obranu před predátory. K odrazení predátorů používá také zastrašující „postoj“ nazývaný jako kuňčí reflex (Obr. 33 v příloze), při kterém se jedinec ve stresu prohne v zádech a předními končetinami si zakryje oči tak, aby maximálně prezentoval aposematické zbarvení (Zwach, 2009).

### 3.1.2 *Bombina bombina* (Linnaeus, 1761)

*Bombina bombina* známá jako kuňka obecná nebo ohnivá. Její obvyklý výskyt dosahuje nadmořské výšky 250 m. n. m. (Frommhold, 1959), ale výjimečně až 400 m. n. m. (Hrabě et al., 1973). Nejčastěji obývá mělké stojaté vody, jako jsou tůně a malé rybníčky či jezírka. V některých případech pak periodické kaluže a zatopené stružky (Diesener & Reichholf, 1997). Preferují lokality sluncem vyhřáté, nezastíněné a bohaté na vodní vegetaci, která slouží jako úkryt (Mikátová et al., 2002). Zimu tráví hibernací na souši, kde vyhledává různé díry, nory a jiné prostory v půdě (Zwach, 1990). Samci mají vyvinuté rezonanční vaky, kterými vyluzují hluboký rytmický zvuk připomínající „U - - - U - - - U“ (Zwach, 1990). Tímto zvukem lákají samičky do svého teritoria, které nebývá větší než 1,5m (Mikátová et al., 2002). K rozmnožování dochází od konce jara až do konce léta většinou jako reakce na vydatné deště (Zwach, 1990). V některých případech může páření proběhnout i čtyřikrát za sezónu. Samice snáší poměrně malé snůšky vajíček, ale larvální vývoj je mnohem rychlejší než u ostatních našich žab (Diesener & Reichholf, 1997) (Obr. 29 v příloze).

### 3.1.3 *Bombina variegata* (Linnaeus, 1758)

*Bombina variegata* známá jako kuňka žlutobřichá. Její obvyklý výskyt dosahuje nadmořské výšky 1000 m. n. m. (Diesener & Reichholf, 1997), ale výjimečně až 1900 m. n. m. (Engelmann et al., 1985). Nemá žádné zvláštní nároky na vodní nádrže, spokojí se i s kalužemi, které jsou jen na několik týdnů naplněny dešťovou vodou (Diesener & Reichholf, 1997). Zdržují se na lokalitách zastíněných i nezastíněných a bohatých na vodní vegetaci, která slouží jako úkryt (Mikátová et al., 2002). Samci nemají vyvinuté rezonanční vaky a vyluzuje nízké rychlé zvuky připomínající „U - U - U - U - U“ (Zwach, 1990). Tímto zvukem lákají samičky do svého teritoria, které nebývá větší než 0,75 m (Mikátová et al., 2002). K rozmnožování dochází od konce jara až do konce léta většinou jako reakce na vydatné deště (Zwach, 1990). V některých případech může páření proběhnout i třikrát za sezónu. Samice snáší poměrně malé snůšky vajíček, ale larvální vývoj je mnohem rychlejší než u ostatních u nás žijících žab (Diesener & Reichholf, 1997). Ovšem i tak zřídka dochází k hibernaci ve stádiu pulce. K metamorfoze dochází až následující rok na jaře (Zwach, 1990). Na rozdíl od kuňky obecná byly u kuňky žlutobřiché popsány tři poddruhy, a to kuňka žlutobřichá balkánská (B. v. scabra,

Küster 1843), kuňka žlutobřichá střeoevropská (*B. v. variegata*, Linnaeus, 1758) a kuňka žlutobřichá dalmácká (*B. v. kolombatovici*, Bedriaga, 1890). Tyto poddruhy jsou nejen genotypově, ale i fenotypově odlišné (Diesener & Reichholf, 1997) (Obr. 32 v příloze).

### 3.2 Hybridizace

Biologické druhy jsou skupiny vzájemně se rozmnožujících přírodních populací, které jsou reprodukčně odděleny od ostatních taxonomických skupin. Jestliže se má na dvě různé populace pohlížet jako na dva různé druhy, měla by být i odlišná speciace reprodukce. A pokud už dojde k mezidruhovému křížení, neměli by tak vznikat plodní hybridy (Barton & Hewitt, 1985).

Druhovú příslušnost je tedy zpochybňována na základě vytváření plodných hybridů, což naznačuje, že speciace ještě nebyla ukončena. Někteří autoři na tomto základě navrhuji převedení kuněk do kategorie poddruhu (Mayr, 1963). Harrison (1993) argumentuje, že přežívají-li stabilně některá uskupení rekombinantních genotypů vytvořených hybridizací nebo zpětným křížením, mohou být tyto skupiny považovány za samostatné druhy. Což odpovídá fylogenetické koncepci druhu, podle které je druh skupina jedinců, kteří mají unikátního společného předka a vykazují určité společné znaky.

Přesto, že definice druhu je pro některé otevřená, hybridizace nabízí možnost nahlédnout do procesu jejich vývoje. Vzhledem k tomu, že hybridy bývají nějakým způsobem hendikepovány, neplodní nebo dokonce neživotoschopní, selekce by měla tlačit na vytvoření izolačních mechanismů (Liou & Price, 1994). Na druhou stranu někteří autoři (např. Barton, 2001) uvádějí, že genotyp hybridů může být někdy stejně vhodný nebo dokonce vhodnější, než byly rodičovské genotypy.

V případě produkce plodných hybridů bývají jejich genotypy odlišné gen od genu. U některých lokusů se zafixují na každé straně hybridní zóny univerzálně prospěšné alely, u jiných mohou být různé alely výhodné např. v různých podmínkách prostředí (Barton & Gale, 1993).

K hybridnímu křížení dochází na široké škále nadmořské výšky. A to od 110 m nad mořem v Chorvatském Záhřebu, kde jsou podmínky typické pro *B. bombina* (Szymura & Barton, 1986), ale také v nadmořské výšce přesahující 400 m. n. m. v Rakousku (Gollmann, 1984).

V Rumunsku hybridní zóny vznikají v areálu výskytu *B. bombina*. Je to dáno tím, že druh *B. bombina* osidluje oblasti s nižší nadmořskou výškou, a pro studenokrevné živočichy příznivější, a nemá tendence rozšiřovat svůj areál výskytu do vyšších nadmořských. Zatím co *B. variegata* při migracích do nižších poloh prodlouží vegetační sezónu, a tím i úspěšnost při rozmnožování (Covaciu-Marcov et al., 2009).

Největší roli v hybridním křížení hraje velikost populace. Ačkoli k němu dochází často, bývá tomu tak spíše z nutnosti, k páření jsou upřednostňováni jedinci stejného druhu. Z toho vychází, že větší procento hybridních jedinců je v oblastech nízké denzity populace jednoho nebo obou z druhů. V takových oblastech pak dochází nejen k hybridizaci v F1 generaci a k následnému zpětnému křížení, také dochází k hybridizaci FX (Szymura & Barton, 1991). Na základě genetických analýz byla vyvrácena hypotéza o udržení dynamické rovnováhy hybridních zón pomocí genetického toku, neboť se může jednat i o stabilní hybridní populaci. Jedna taková populace se nachází ve východní části oblasti Waldviertel (Gollmann, 1984).

Na základě určování mitochondriální DNA u hybridů rodu *Bombina* bylo zjištěno, že hybridní křížení většinou dochází mezi samcem *B. variegata* a samicí *B. bombina*, protože mtDNA podléhá mateřské dědičnosti a u hybridů převahuje (Hofman & Szymura 2007).

Na základě laboratorních pokusů byla zjištěna snížena životaschopnost pulců z hybridní populace. Během prvních tří týdnů vystoupala mortalita hybridů na 20% zatím u kontrolní populace, nezatížené mezidruhovým křížením, pouze 2% (Kruuk et al., 1999).

### **3.3 Ekologické hrozby**

Všichni naši obojživelníci, a tedy i kuňky, jsou vystaveni mnoha hrozbám, které vedou k redukování jejich početních stavů. Obecně jde o destrukci a změny ve využívání krajiny. Do toho spadá i fragmentace krajiny, vysoušení mokřadů, ničení drobných vodních ploch, nevhodné odbahňování vodních nádrží, kontaminace biotopů, či jejich zánik při výstavbě sídel, dopravní infrastruktury atd (Mikátová et al., 2002).

Fragmentace krajiny v důsledku dopravní infrastruktury spočívá v přímé likvidaci dotčených území a zmenšování původních biotopů. Jsou zde ale i sekundární vlivy, jako je dělení jednotlivých populací, jejichž menší části se v důsledku malé genetické

variability, populačních výkyvů a působení vnějších vlivů stávají zranitelnějšími. (Vojar, 2007).

Za posledních třicet let je zjištěn úbytek na Moravě 30-50% a v Čechách až 90%. Na vině je především devastace habitatů. Primárně způsobeno používáním těžké techniky v lesích a mokřadech, při čemž jsou likvidovány celé kolonie. Sekundárně je to ztráta významných vodních krajinných prvků, jako jsou tůně mokřady či podmáčené louky. A to přímo rozoráváním odvodňováním a tvorbou meliorací, ale i nepřímo, intoxikací či velkoplošnou aplikací biocidů (Mikátová et al., 2002). Také intenzivní rybníkářství a nešetrné obhospodařování rybníků. I drobné vodní plochy, jako pískovny, lomy, zatopené propady a jezírka na výsypkách jsou zarybnovány či nevhodně rekultivovány (Vojar, 2007).

Změny vodního režimu v krajině se projevují vysycháním potočních a říčních niv, razantním úbytkem periodických tůní, likvidací lesních a lučních pramenišť i mokřadů a značným úbytkem vlhkých luk. Drobné tůně vzniklé v terénních depresích jsou také likvidovány zavážením stavebním odpadem i přímou zástavbou. Negativně působí i nevhodná rekultivace těchto lokalit (Vojar, 2007). To vše ve výsledku vede k razantnímu úbytku reprodukčních i pobytových stanovišť (Zavadil et al., 2005).

Regulace vodních toků v podobě údržby vodních koryt, protipovodňových opatření a odstraňování povodňových škod často vedou k nevratnému snížení atraktivity biotopů v důsledku odstraňování úkrytů a likvidaci litorálu (Mikátová & Vlašín, 2002). Zároveň dochází k vytváření nádrží s nevhodnou morfologií dna a břehů (strmé svahy a vyhrnování bahna). Dříve mělká koryta s přirozeným rozlivem do niv toků byla prohloubena (Vojar, 2007), takže místo, aby byla voda v krajině zadržována, je rychle odváděna. Nevhodnost takových zásahů byla připomenuta ve formě velikých povodní, které by mohly mít na populace kuněk nemalý vliv. Další negativní dopad tohoto nakládání s vodou v České republice je nadměrné sucho v posledních letech. Dešťová voda je rychleji svedena do moře, a tak nemá možnost stabilizovat teplotní výkyvy, především v letních měsících.

V poslední době se také rozšiřuje například patogen *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*). Mezinárodní průzkum a monitoring prokázal, že *Bd* se objevilo v 52 zemích z 82 sledovaných (Yap et al. 2016). Disperzi tohoto onemocnění



způsobil především mezinárodní obchod a globální oteplování. Nemoc zvaná chytridiomykóza byla v České republice zaznamenána již v roce 2008 v chovech exotických žab. Později i ve volné přírodě u rodu *Pelophylax*, *Bufo* a *Bombina* (Baláž et al., 2014).

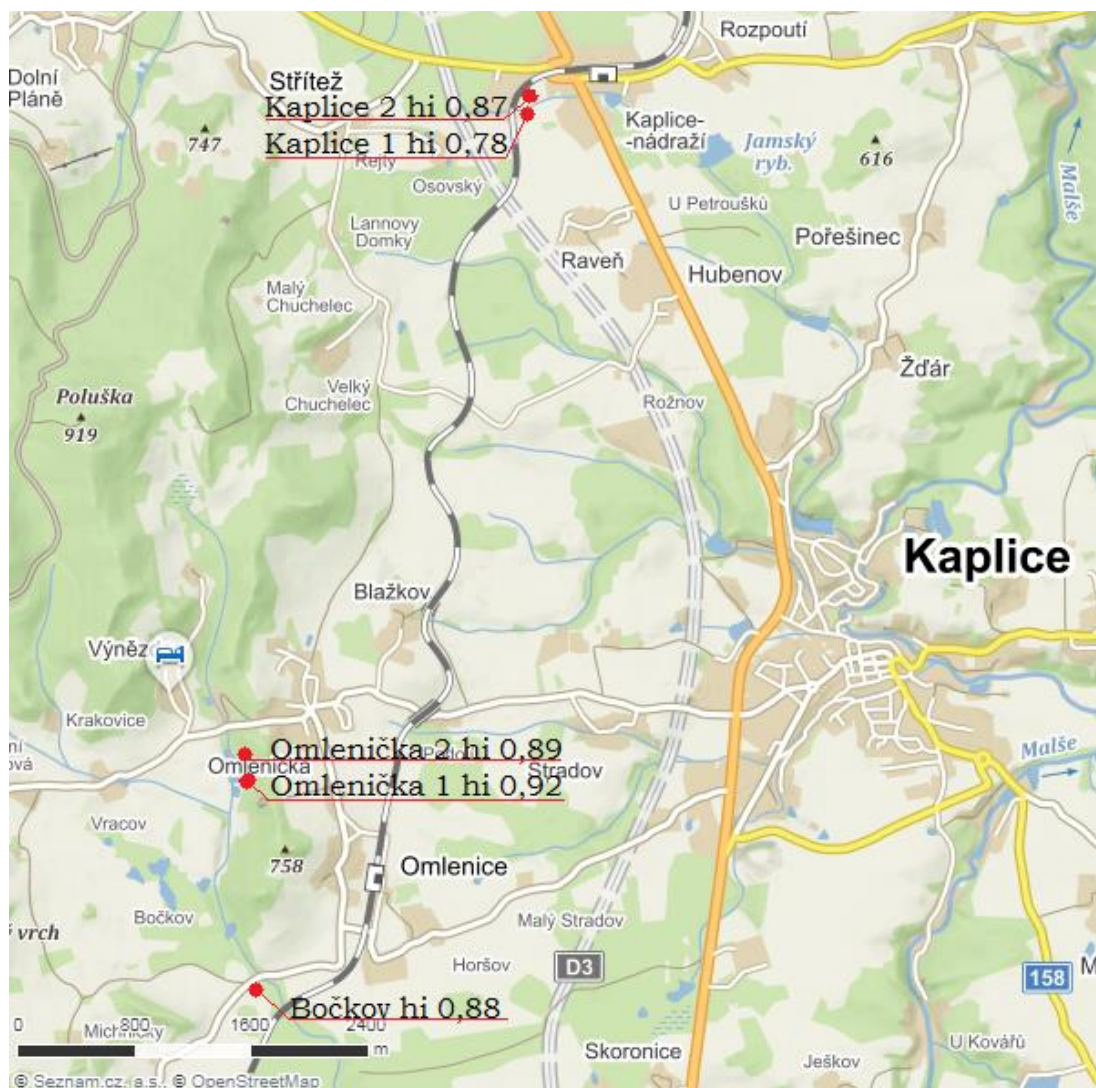
Nejnápadnější ze všech klinických příznaků jsou změny v chování. Další klinické příznaky chytridiomykózy jsou strnulost v nepřirozené poloze, letargie, ztráta přirozených reflexů, neochota k úniku, posed se zadníma nohama od těla (Parris et al., 2006). Chytridiomykóza se dále projevuje ohniskovým chorobným zrohovatěním kůže v oblasti horních vrstev kůže (*stratum corneum*). V některých případech se vyskytuje rozsáhlé odlupování zrohovatělých vrstev pokožky (Daszak et al., 1999).

Toto onemocnění postihuje především čeledi *Hylidae*, *Bufo* a *Ranidae*. Ovšem projevy byly pozorovány na 516 z 1240 druhů žijících ve sledovaných zemích (Yap et al. 2016).

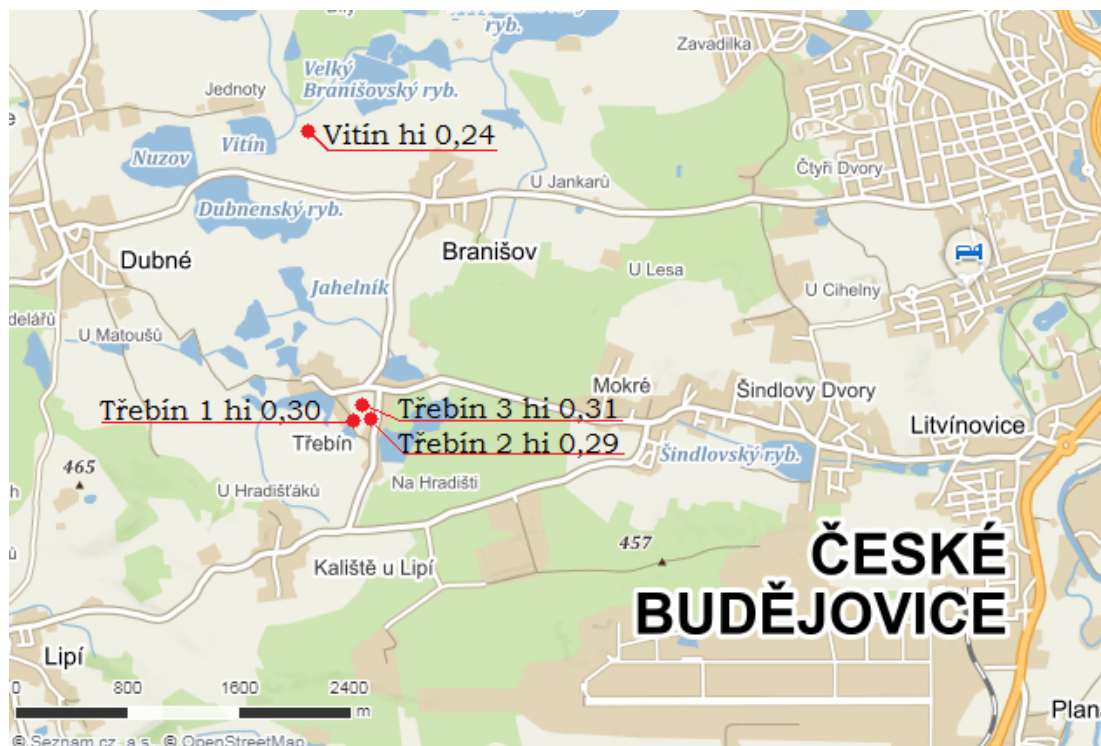
Řada výzkumů se zabývá vlivem patogenu *Batrachochytrium dendrobatidis* na přezimujících pulcích. U ropušky starostlivé (*Alytes dickhilleni*) se ukázalo, že 69% pulců přezimujících v oblasti výskytu patogenu umírá následkem těžkých infekcí (Bosh et al., 2013). Další výzkum sledoval vliv přezimování pulců skokana volského (*Lithobates clamitans*) na přenos této nemoci. Onemocnění se neobjevilo u pulců, kteří byli odebráni před první zimou. Je to pravděpodobně z důvodu kratší doby, po kterou byli patogenu vystaveni. Vysoký počet onemocněných byl ve skupině pulců, kteří byli odebráni po přezimování. Při přezimování se pulci sdružují v nejhlubších místech, čímž je přenos onemocnění usnadněn (Julian et al., 2016).

## 4 Metodika

Při prvním pozorování jsem navštívil lokality, které již byly pozorovány v předchozích pracích (Horák 1997; Havelková 1999, 2002; Štefka 2000, 2003; Straková 2010, 2012). Poté jsem prohledal okolí, zda se v blízkosti nenacházejí nová stanoviště. Některé lokality jsem navštívil na základě dřívější zkušenosti místních (Obr. 1;2) (Obr. 26 v příloze).



Obr. 1: Mapa sledovaných stanovišť (kučka žlutobřichá)



Obr. 2: Mapa sledovaných stanovišť (kuňka obecná)

Lokalitu jsem vždy vyfotografoval. U každé lokality jsem změřil obvod a plochu vodní hladiny, hloubku nádrže, vzdálenost od lesa vystavení slunečnému záření. To jsem prováděl pomocí kompasu a zapsal ve stupních pouze jižní strany. Další vybrané biotické faktory byly množství vodní vegetace, a vegetace břehu. To jsem vegetace břehu zaznamenával v procentech obvodu a vodní vegetaci v procentech plochy. Pozorování bylo založeno na kompletním vychytání lokality. V případě, že to nebylo možné, tuto skutečnost jsem zapsal na základě pozorování stejně jako u pulců a vajíček. Identifikaci jedinců jsem provedl na základě pořízené fotografie ventrální strany. Také jsem určoval, zda jde o samce či samici, popřípadě jestli je před snůškou. Tak abych si dokázal představit významnost lokality i z hlediska reprodukce. K vyhodnocení jsem, v programu STATISTICA, použil korelační matice k výpočtu Pearsonova korelačního koeficientu a jednorozměrné regrese pro výpočet signifikance.

#### 4.1.1 Hybridní index

Morfologie sledující kvalitativní znaky zahrnuje pak zejména analýzu rozložení ventrálních skvrn. Ventrální skvrna označuje žlutě až oranžově červenou, ostře ohraničenou plochu na šedočerném až černém pozadí na břišní straně těla včetně končetin (Piálek, 1992).

Propojení skvrn mezi dvěma oblastmi se přiřazuje hodnota 1, zatím co nepřítomnost propojení se hodnotí 0. Protože všechny oblasti kromě břicha a hrdla jsou symetrické, byly hodnoceny pro každou polovinu těla zvlášť a získané hodnoty zprůměrnovány. Kromě toho byl v oblastech, které jsou u kuněk obecných charakteristické větším počtem skvrn (hrdlo, břicho, stehna a holeně) hodnocen také výskyt jedné skvrny jako 1 a výskyt dvou nebo více menších skvrn jako 0.

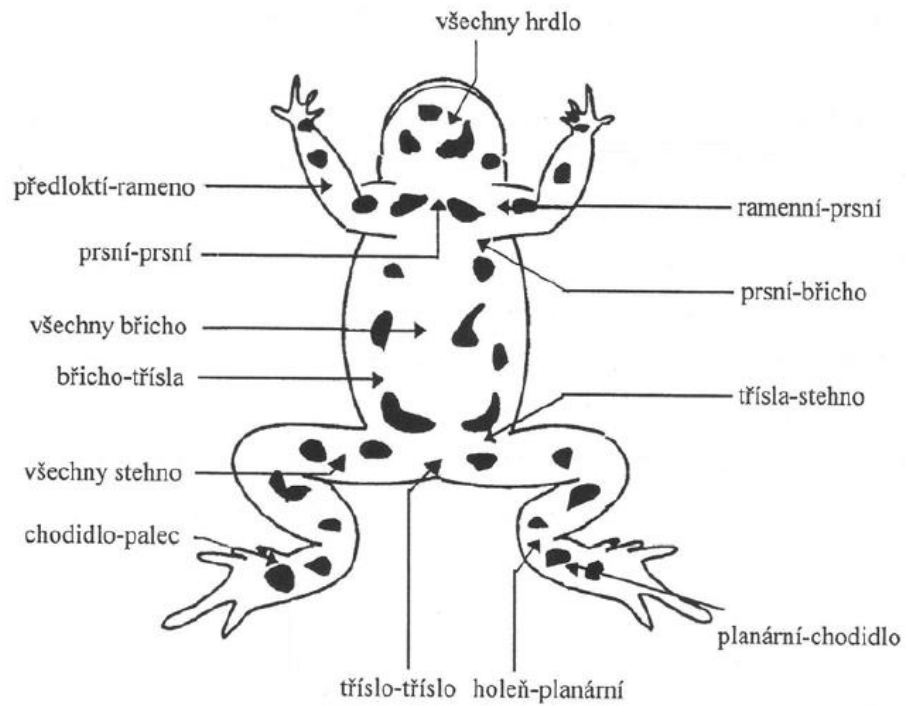
Znaky nabývající hodnoty 1 (Gollmann, 1981; 1984):

1. Špička prvního prstu přední končetiny je žlutá nebo oranžová a je spojena s palmární skvrnou. Znak je hodnocen pro každou končetinu zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota.
2. Palmární skvrna je spojena s ventrální skvrnou na předloktí. Spojení obou částí probíhá přes dorzální část končetiny. Znak je hodnocen pro každou končetinu zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota.
3. Ventrální skvrny na předloktí a rameni jsou spojeny. Znak je hodnocen pro každou končetinu zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota.
4. Prsní skvrna je spojena s ventrální skvrnou na pažích. Znak je hodnocen pro každou stranu těla zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota.
5. Prsní skvrna je spojena se skvrnou na hrdle. Znak je hodnocen pro každou stranu těla zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota.
6. Všechny skvrny na hrdle jsou navzájem spojeny.
7. Obě prsní skvrny jsou spojeny.
8. Prsní skvrna je spojena se skvrnou na břichu. Znak je hodnocen pro každou stranu těla zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota.
9. Všechny skvrny na břiše jsou spojeny.
10. Tříselná skvrna je spojena se skvrnou na břiše. Znak je hodnocen pro každou stranu těla zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota.
11. Tříselné nebo ventrální stehenní skvrny jsou spojeny navzájem přes mediální rovinu. Sturgen (1959) vymezuje spojení ventrálních skvrn pouze na oblast stehen.
12. Tříselná skvrna je spojena s ventrální skvrnou na stehně. Znak je hodnocen pro každou stranu těla zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota.

13. Všechny ventrální skvrny na stehně jsou spojeny. Znak je hodnocen pro každou končetinu zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota. Stejný znak hodnotí také Michalowski a Maděj (1969).
14. Ventrální skvrny na stehně a holeni jsou spojeny. Znak je hodnocen pro každou končetinu zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota.
15. Všechny ventrální skvrny na holeni jsou spojeny. Znak je hodnocen pro každou končetinu zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota.
16. Ventrální skvrna na holeni je spojena se skvrnou na zánártí. Znak je hodnocen pro každou končetinu zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota.
17. Ventrální skvrna na zánártí a chodidle (plantární skvrna) jsou navzájem spojeny. Znak je hodnocen pro každou končetinu zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota. Spojení obou skvrn probíhá přes dorzální část končetiny. Sturgen (1959) tento znak hodnotí jako dva samostatné.
18. Špička palce je žlutá nebo oranžová a je spojena s plantární skvrnou. Znak je hodnocen pro každou končetinu zvlášť a je vypočítána jeho průměrná hodnota. Stejný znak hodnotí také Michalowski a Maděj (1969).

Piálek (1992) uvádí ještě další morfologické znaky využitelné pro determinaci, mimo jiné barvu břicha a zad, přítomnost a drsnost trnů, rozsah skvrn či zbarvení varlat.

Celkem bylo tedy hodnoceno 13 znaků a jejich součet pro každého jedince je vyjádřen jako hybridní index. Spojení skvrn mezi jednotlivými oblastmi bylo hodnoceno jako 1 (*B. variegata*), naopak absence spojení jako 0 (*B. bombina*) (Obr. 3). U plošně rozsáhlých oblastí (hrdelní, břišní a stehenní) byla navíc přítomnost jediné velké skvrny (spojení menších skvrn) hodnocena jako 1 a přítomnost dvou a více skvrn jako 0.



Obr. 3: Znázornění ventrálních skvrn použitých pro výpočet hybridního indexu. Zde v pozici hodnocené jako 0, tedy bez spojení. (Převzato a upraveno z Piálka, 1992)

## 5 Výsledky

### 5.1 Lokality

#### 5.1.1 Omlenička

Tato lokalita se nachází přibližně čtyři kilometry západně od Kaplice. Nachází se na okraji lesa 690 metrů nad mořem. Lokalita byla vždy specifická velkým množstvím kaluží, které byly vytvořeny těžkou technikou v hlinité lesní cestě. Od minulých prací došlo, evidentně nelegálně, ke značnému zavezení těchto kaluží stavební sutí, a to jak písčitým materiálem, tak i pálenými prvky, jako jsou tvárnice a střešní tašky (Obr. 15 v příloze). Tím byla většina stanovišť zničena. Další stanoviště v podobě lesní tůňky bylo zničeno přestavbou na vodní nádrž se strmými břehy, využívanou k chovu ryb. Což je pro kuňky nepříznivé.

#### Omlenička 1

Toto stanoviště bylo poměrně početné. Hybridní index 0,922 vypovídá o téměř čistokrevné populaci kuňky žlutobřiché. Stanoviště tvořila stabilní stružka podél cesty, která vede mezi lesem a menší soustavou rybníčků. Tato stružka byla hodnocena i v předchozích pracích, kde se jevila jako stabilní. V průběhu mého pětiměsíčního měření jsem zde zaznamenal adultní i juvenilní jedince. Byli zde zaznamenaní i pulci v různém stádiu ontogeneze a několik snůšek vajíček. Díky tomuto faktu mohu toto stanoviště prohlásit jako stabilní a k reprodukci pravidelně využívané (Tab. 1;2) (Obr. 13 v příloze).

#### Omlenička 2

Stanoviště nebylo početné a vydrželo pouze přes jednu reprodukci. Hybridní index 0,889 vypovídá o téměř čistokrevné populaci kuňky žlutobřiché. V průběhu roku zde byla vytvořena slepá kolej vedoucí z lesní cesty. Na tomto stanovišti proběhlo jen jedno, ale o to hodnotnější měření. Podařilo se nám zde zaznamenat dva páry v amplexu. A dvě samičky byly dokonce natolik stimulované, že během manipulace docházelo k vypouštění vajíček. Jde tedy předpokládat, že zde proběhla minimálně jedna reprodukce tuto sezonu. Dále také rychlost osídlení značí o tom, že zde žijící kuňky postrádají periodické louže (Tab. 1;2) (Obr. 14 v příloze).

### 5.1.2 Bočkov

Tato lokalita se nachází přibližně pět kilometrů jihozápadně od Kaplice. Nachází se podél silnice vedoucí skrz malý les v nadmořské výšce 650 metrů nad mořem. Zde práce podél dopravní komunikace a suchá sezóna znemožnila výskyt na stanovištích známých z předchozích prací (Obr. 16 v příloze).

Zde nově objevené stanoviště se jeví, jako nedávno osidlované. Nebylo početné, ale s hybridním indexem 0,876 se jeví potenciální stanoviště populace blízké kuňce žlutobřiché. Stanoviště je celou sezonu napájeno pramenem. Břeh je z poloviny dobře přístupný a vegetace postupně přecházela až do „studánky“. Vzhledem k výhradně jílovému dnu předpokládám, že jde o nedávno vzniklé stanoviště. Vypovídala o tom i rychlost, kterou přirůstala vodní vegetace. Při první návštěvě jsme ze stanoviště odstranili velkou část vláknité řasy, která evidentně kuňkám znemožňovala pohyb ve vodě. Po tomto zákroku zde byly nacházeny vyšší počty jedinců. Vzhledem k tomu, že zde byl mimo kuňek objeven i skokan hnědý (*Rana temporaria*), a adultní i juvenilní jedinec čolka obecného (*Lissotriton vulgaris*) (Obr. 19 a 20 v příloze). Dá se toto stanoviště prohlásit jako stanoviště pro obojživelníky významné (Tab. 1;2) (Obr. 17;18 v příloze).

### 5.1.3 Kaplice

Tato lokalita se nachází u vlakového nádraží Kaplice, na rozlehlé louce v nadmořské výšce 610 m. n. m.. Protéká tudy potok, který se zde rozlévá přes brod a tím se proud potoku výrazně zpomaluje.

#### Kaplice 1

Toto stanoviště nebylo početně významné a hybridní index 0,778 poukazuje na hybridní subpopulaci. Stanoviště je složeno ze dvou louží v polní cestě. Západní břeh těchto louží je zarostlý více než metr vysokou trávou. Ta slouží kuňkám jako úkryt. Na tomto stanovišti byli nalezeni mimo jiné i pulci v různém stádiu ontogeneze. Tato skutečnost poukazuje na fakt, že toto, leč periodické, stanoviště je hojně využíváno k reprodukci (Tab. 1;2) (Obr. 21 v příloze).

#### Kaplice 2

Stanoviště s průměrným výskytem. Hybridní index 0,867. Toto stanoviště je tvořeno tůňkou a brodem v již zmíněném potoce. Zde, na rozdíl od zbytku toku, voda teče pomalu a břeh postupně přechází v hladinu. Tůňka je zastíněna vrbou.



Tento potok je velice významný, neboť je to stabilní lokalita, která nevysychá a protéká lesem, který je vhodný pro přezimování. Na druhou stranu je vzhledem přítomnosti proudu a nízké teploty nevhodný pro rozmnožování (Tab. 1;2) (Obr. 22 v příloze).

#### **5.1.4 Borek**

Tato lokalita se nachází sedm kilometrů jižně od Českých Budějovic. Na této lokalitě se nacházeli dvě sledované stanoviště. Z důvodu přestavby vodní nádrže pro rybniční hospodářství bylo jedno stanoviště z celá zničené. Druhé stanoviště bylo zemědělskou technikou rozorané a z důvodu velmi suchého léta pravidelně bez nálezu (Tab. 1;2) (Obr. 24; 25 v příloze).

#### **5.1.5 Vítín**

Lokalita se nachází pět kilometrů západně od Českých Budějovic 400 metrů nad mořem. Na této lokalitě nezůstalo žádné ze stanovišť, které bylo mapované v předchozích pracích. Ale bylo zde nově vytvořeno, na výskyt bohaté, stanoviště na nedalekém poli, následkem hluboké orby těžkou technikou a následným podmáčením. Tato louže byla co do velikosti během sezóny proměnlivá, ale navzdory extrémně suchému roku zde byl pokaždé zaznamenán výskyt kuněk. Hybridní index 0,236 vypovídá populaci blízké kuňce obecné. Byl zde nalezen relativně velký počet adultních, ale i juvenilních jedinců (Tab. 1;2) (Obr. 23 v příloze).

#### **5.1.6 Třebín**

Tato lokalita se nachází pět kilometrů západně od Českých Budějovic 410 metrů nad mořem. V minulých letech zde bylo nalézáno velké množství kuněk, především ve výmolech od těžké techniky a ve výkopech souvisejících se stavbou nových rodinných domů. Tyto stanoviště byly vyhledávány především pro jejich vyšší teploty a absence predátorů, a to během rozmnožování jedinci z nedalekého rybníka, ve kterém se kuňky vyskytují do dnes (Tab. 1;2).

#### **Třebín 1**

Zde byla jako první výskytem významné stanoviště s hybridním indexem 0,299 zvolena částečně betonová stružka táhnoucí se mezi rodinnými domy a silnicí 38m od již zmíněného rybníka. Toto stanoviště je značně zatíženo bezprostřední blízkostí

lidských obydlí. Během měření jsme odstraňovali značné množství posekané trávy. Zde byli často nacházeni juvenilní jedinci, což napovídá tomu, že lokalita byla využívána k reprodukci (Tab. 1;2).

### **Třebín 2**

Druhé stanoviště s průměrným výskytem a hybridním indexem 0,289, je 90 cm široká vybetonovaná strouha podél dopravní komunikace vzdálená 55m od potoka vedoucího do již zmíněného rybníka. Tato strouha je z velké části zakrytá silničním přejezdem. Tento „tunel“ kuňky využívají jako úkryt před predátory. Břeh je z jedné části betonový a z druhé přechází z drobného štěrku na vegetaci (Tab. 1;2) (Obr. 27 v příloze).

### **Třebín 3**

Třetí stanoviště nebylo početně významné a hybridní index 0,306 naznačuje vysokou míru hybridizace. Stanoviště bylo vytvořeno před třemi lety, zatopením vybagrovaných základů rodinného domku. Tato parcela je bohatá na mokřadní rostliny a je téměř celý den vystavena slunečnímu svitu. Toto stanoviště bude, soudě o shromáždování stavebního materiálu, brzy zastavěno (Tab. 1;2) (Obr. 28 v příloze).

	21. 5. 2018	4. 6. 2018	2. 8. 2018	11. 9. 2018
Omlenička 1	16	12	0	0
Omlenička 2	0	8	0	0
Bočkov	2	4	2	2
Kaplice 1	0	1	0	3
Kaplice 2	3	1	3	0
Vitín	1	13	0	2
Třebín 1	9	0	0	4
Třebín 2	4	5	0	1
Třebín 3	0	0	0	6

Tab. 1: Počty jedinců na jednotlivých stanovištích

Stanoviště	Obvod [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Hloubka [cm]	Vodní vegetace [%]	Vegetace břehu [%]	Vystavení slunci [°]	Nadmořská výška [m]	Vzdálenost od lesa [m]	Hybridní index	Směrodatná odchylka hybridního indexu
Omlenička 1	11,5	4,15	10	85	95	47,2	690	8	0,92181	0,060
Omlenička 2	13,55	7,13	15	30	20	56,7	690	11	0,88889	0,059
Bočkov	10,4	4,79	42	45	30	99,8	650	18	0,87618	0,077
Kaplice 2	12,24	4,52	18	0	45	81,1	610	123	0,86667	0,079
Kaplice 1	7,2	0,75	5	70	60	81,1	610	131	0,77778	0,128
Třebín 3	50	25	15	30	100	120	410	156	0,30556	0,077
Třebín 1	3,4	0,42	5	75	90	88,8	410	152	0,29914	0,083
Třebín 2	24,31	10,95	28	10	15	94	410	223	0,28889	0,169
Vitín	21,4	24,03	32	0	20	180	400	184	0,23611	0,175

Tab. 2: Vybrané parametry sledovaných stanovišť.

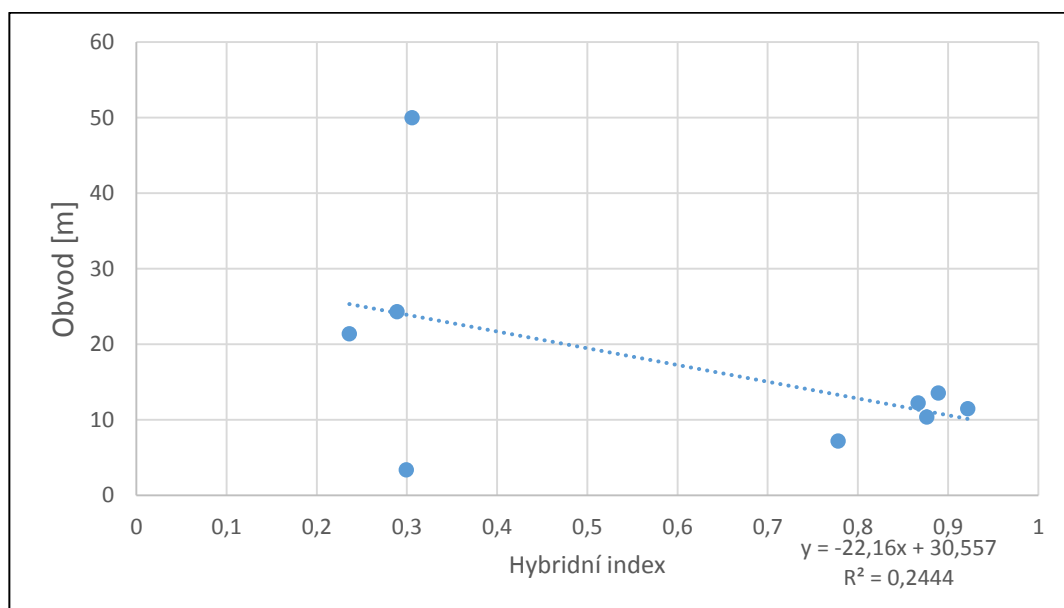
## 5.2 Vztah k vybraným parametrům

Naměřené hodnoty parametrů habitatu jsem porovnával se zjištěným hybridním indexem. Hybridní index hodnotí druhovou příslušnost, kdy 0 značí příslušnost druhu kuňky obecné a 1 kuňky žlutobřiché. Na základě výsledků jsem hodnotil souvislost mezi hybridním indexem a parametry obvod, plocha, hloubka, vegetace břehu a vodní vegetace, jako statisticky nevýznamné (Tab. 3, Obr. 4;5;6;7;8).

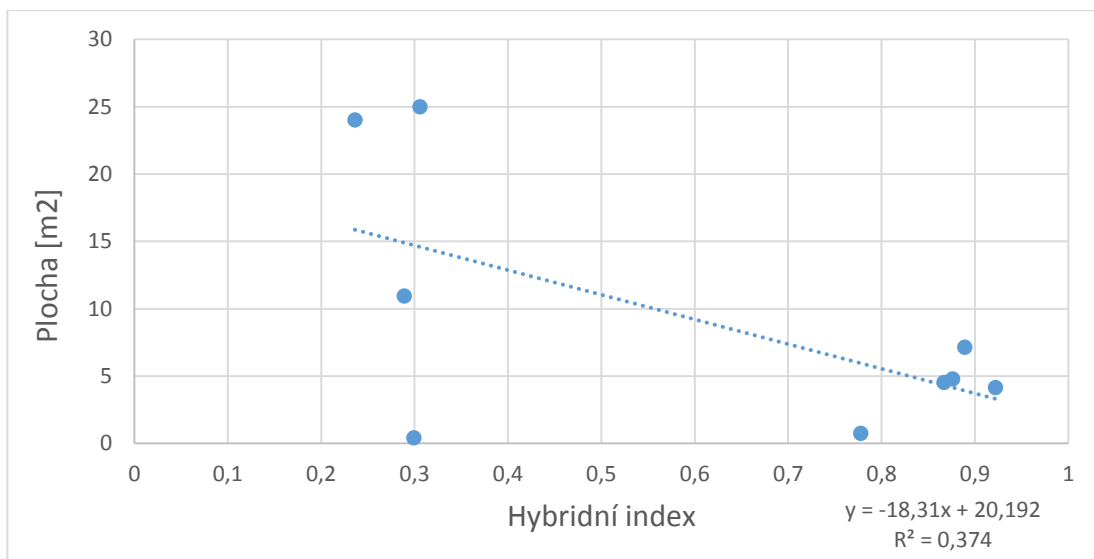
Parametry vystavení slunci, nadmořská výška a vzdálenost od lesa jsem na základě výsledků hodnotil jako statisticky významné (Tab. 3, Obr. 9;10;11).

	r	R <sup>2</sup>	df	f	p
Obvod [m]	-0,49	0,244	1	2,26	0,176
Plocha [m <sup>2</sup> ]	-0,61	0,374	1	4,18	0,080
Hloubka [cm]	-0,08	0,007	1	0,05	0,833
Vodní vegetace [%]	0,3	0,089	1	0,68	0,437
Vegetace břehu [%]	-0,05	0,001	1	0,02	0,896
Vystavění slunci [°]	-70	0,488	1	6,67	0,036
Nadmořská výška [m]	0,99	0,978	1	305,66	0,000
Vzdálenost od lesa [m]	-0,84	0,712	1	17,27	0,004

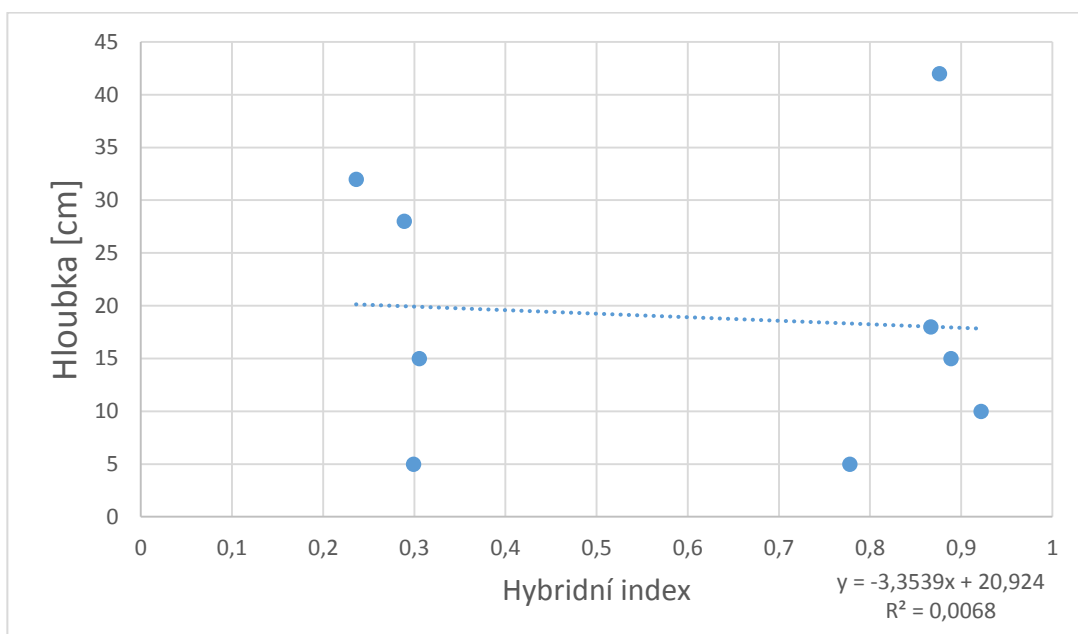
Tab. 3: Výsledky statistických analýz



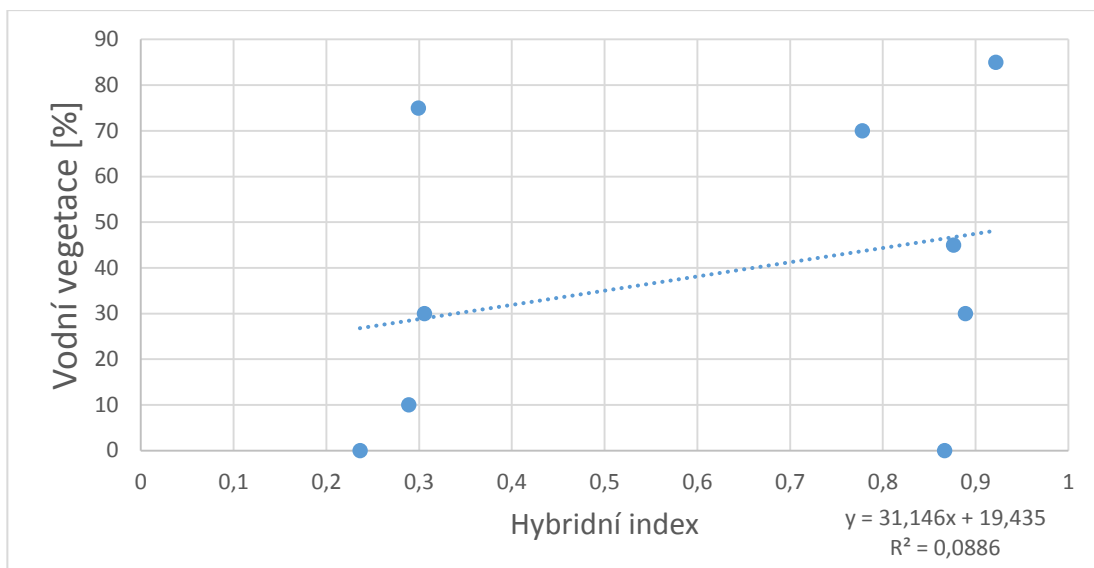
Obr. 4: Graf závislosti hybridního indexu na obvodu stanoviště.



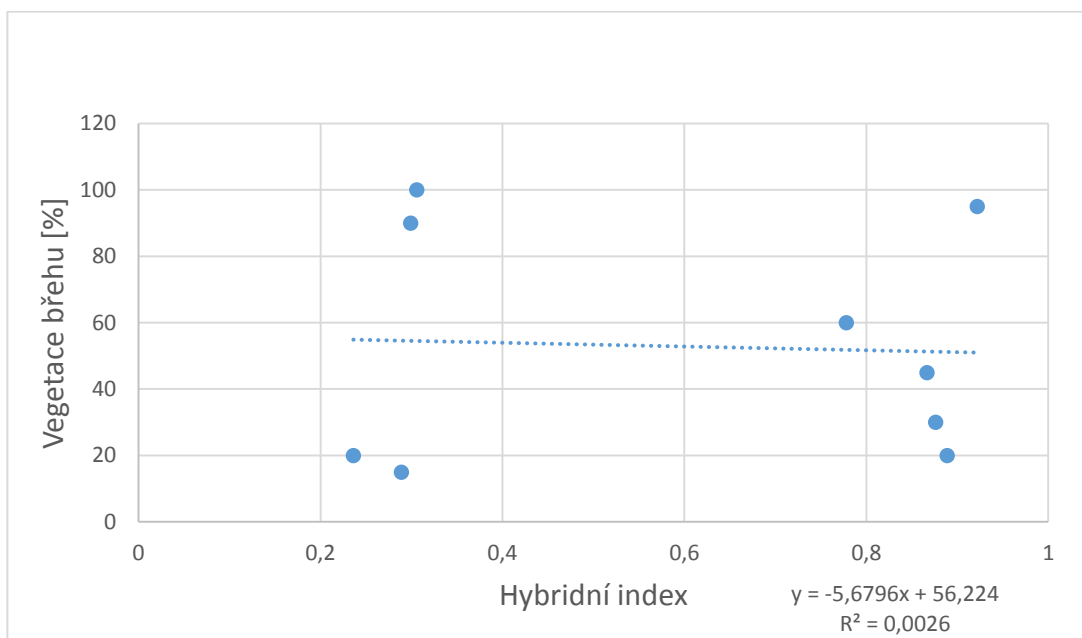
Obr. 5: Graf závislosti hybridního indexu na rozsahu plochy stanoviště.



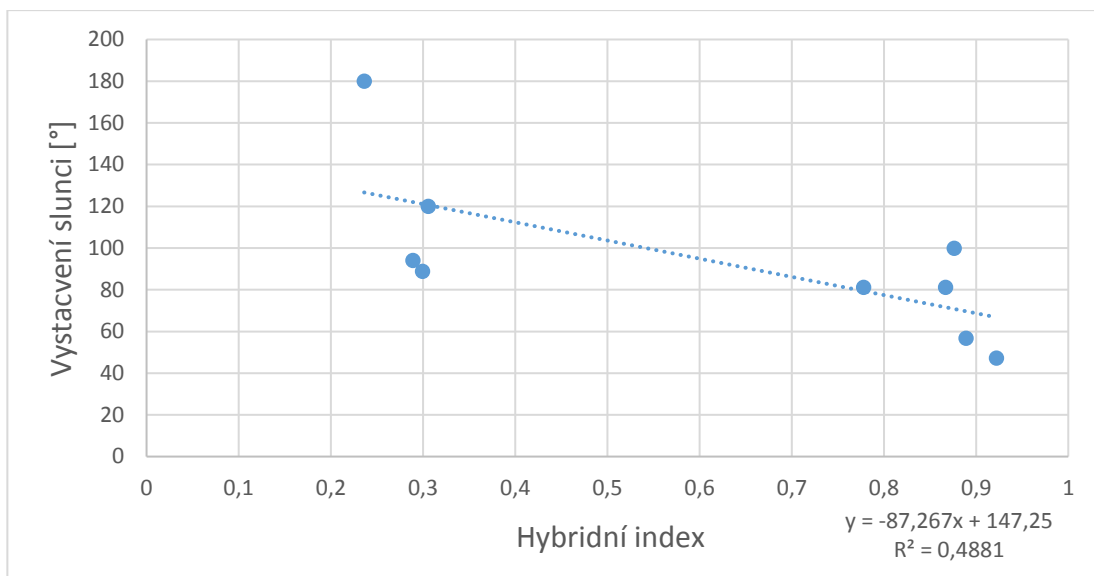
Obr. 6: Graf závislosti hybridního indexu na hloubce stanoviště.



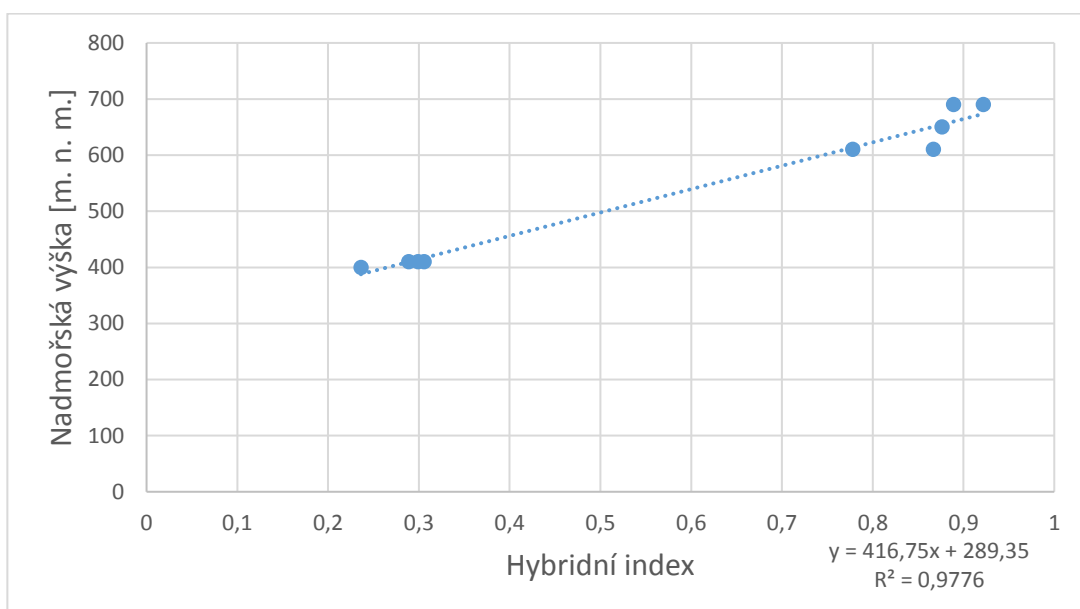
Obr. 7: Graf závislosti hybridního indexu na rozsahu vodní vegetace.



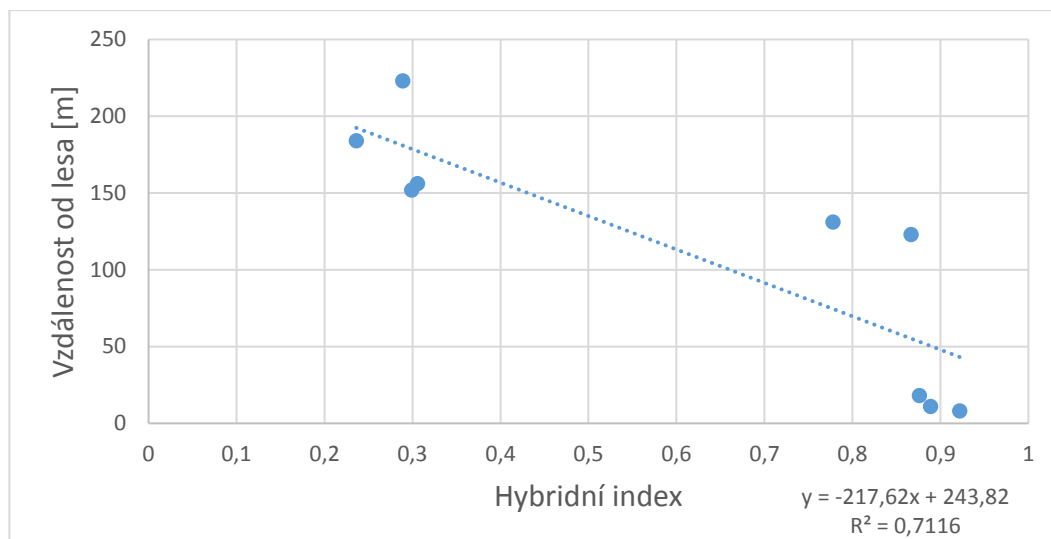
Obr. 8: Graf závislosti hybridního indexu na rozsahu vegetace břehu.



Obr. 9: Graf závislosti hybridního indexu na míře vystavení slunce.



Obr. 10: Graf závislosti hybridního indexu na nadmořské výšce.



Obr. 11: Graf závislosti hybridního indexu na vzdálenosti stanoviště od lesa

Škála obvodů pozorovaných stanovišť je od 3,4 do 24,3 m. Pearsonův korelační koeficient -0,49. Výsledky vypovídají o tom, že se zvětšujícím se obvodem se vyskytují hybridy bližší kuňce obecné.

Parametr plocha, stejně jako obvod byl zvolen jako základní popisná veličina zkoumaných stanovišť. Velikost sledovaných lokalit byla v rozmezí 0,75 – 24,03 m<sup>2</sup>. Pearsonův korelační koeficient -0,61. Podobně jako u obvodu výsledky vypovídají o tom, že se zvětšující se plochou stanoviště se vyskytují hybridy bližší kuňce obecné.

Hloubka byla zařazena především jako parametr zajišťující stabilní podmínky a možnost úkrytu před predátory a pohybovala se v rozmezí 5 až 42cm. Pearsonův korelační koeficient -0,08. Nebyl zjištěn statisticky významný vztah mezi hybridním indexem a hloubkou.

Přítomnost vegetace je pro využívání lokality kuňek důležité. Plní funkci úkrytu nebo jako lože pro snůšky vajíček. Tento parametr jsme z důvodu vyhnutí se destrukce vyhodnocovali pouze procentuálně na základě vylučovací metody z procentuální škále. Hodnoty vegetace se pohybovaly od 0 do 85% plochy v případě vodní vegetace. V případě vegetace to bylo 20 až 100% obvodu. Výsledky měření ale neprokázaly statisticky významnou variabilitu na základě druhové přítomnosti. Pearsonův korelační koeficient vodní vegetace 0,30 a vegetace břehu -0,05.

Vystavení slunci je pro kuňky, jakož to studenokrevné obratlovce, důležitá z hlediska zvyšující se aktivity a rychlosti metabolismu. Proto jsem se rozhodl tento parametr neměřit intenzitou světla ale množstvím dopadajícího světla ve stupních



kde  $180^\circ$  odpovídá vystavení slunci po celý den a  $0^\circ$  celodennímu zastínění. Na sledovaných stanovištích se míra vystavení slunce pohybovala od  $47,2^\circ$  do  $180^\circ$ . Pearsonův korelační koeficient  $-0,70$ . Ze statistických výsledků vyplívá závislost mezi vyšším podílem vystavení slunci a jedincům blíže příbuzným kuňce obecné.

Sledované lokality se nacházely v nadmořské výšce od 400 do 690m.n.m.. Pearsonův korelační koeficient je  $0,99$ . Tento parametr se ukázal jako statisticky významný. Z výsledků vyplývá, že se zvyšující se nadmořskou výškou se hybridní index blíží ke kuňce žlutobřiché.

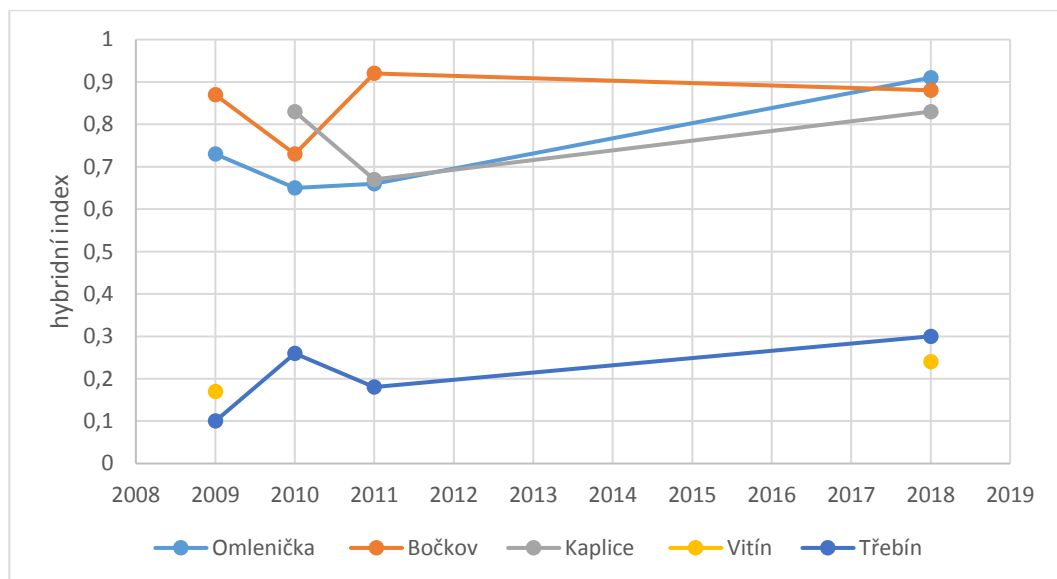
Stanoviště byli vzdálené od lesa 8 až 223m. Pearsonův korelační koeficient je  $0,84$ . Tento parametr vyšel jako statisticky významný. S rostoucí vzdáleností od lesa se hybridní index blíží kuňce obecné.

### 5.3 Porovnání hybridního indexu s předchozím měřením

Z pořízených fotografií odchycených kuněk jsem pro všechny spočítal hybridní index, který je v rozmezí od 0 do 1. Hodnota 0 odpovídá kuňce obecné a hodnota 1 kuňce žlutobřiché. Z důvodu stále se měnícího prostředí, nelze porovnat jednotlivé stanoviště, proto jsem zprůměroval data z jednotlivých lokalit a porovnával celé lokality (Tab. 4, Obr. 12). Na lokalitách Omlenička a Třebín došlo v hybridním indexu k významnému posunu ve prospěch kuňky žlutobřiché. Na ostatních lokalitách byla změna nevýznamná nebo nebyla žádná.

Lokalita	2009	2010	2011	2018	Změna hi
Omlenička	0,73	0,65	0,66	0,91	+ 0,18
Bočkov	0,87	0,73	0,92	0,88	+0,01
Kaplice		0,83	0,67	0,83	0
Vitín	0,17			0,24	+0,07
Třebín	0,10	0,26	0,18	0,30	+0,2

Tab. 4: Srovnání hybridního indexu s předchozími roky (Straková, 2010; 2012)



Obr. 12: Grafické znázornění vývoje lokalit na základě hybridního indexu.

## 6 Diskuse

### 6.1 Zrevidování lokalit

Zabýval jsem se sledováním 13 známých stanovišť, které se nacházejí na 6 lokalitách (Straková, 2010; 2012). Dvě stanoviště, na lokalitách Omlenička a Borek, jsem vyhodnotil jako zaniklé z důvodu přestavby na rybník využívaný k rybníčnímu hospodářství. Jedno stanoviště na lokalitě Omlenička byla znehodnocena zavezením stavební sutí. Jedno stanoviště na lokalitě Třebín na základě dokončení stavby rodinného domu. Čtyři stanoviště byly pravidelně bez nálezu z důvodu nadměrného sucha.

Během monitoringu lokalit se mi povedlo nalézt 4 nové stanoviště. Na lokalitě Omlenička s názvem Omlenička 2. Toto stanoviště vzniklé používáním těžké techniky v lese se ukázalo jako významné, neboť jsem zde zaznamenal více

### 6.2 Hybridní index

Klasifikace chycených jedinců byla provedena pomocí znaků popisujících distribuci a propojení oranžově až žlutě zbarvených ventrálních skvrn. K hodnocení byla použita metoda Gollmanna (1984), jejíž výhodou je velký počet rovnocenných znaků a poměrně dobrá shoda s genotypem (Piálek, 1992).

V této práci jsem hodnotil pouze 13 z těchto 17 znaků, a to ty, u kterých Havelková (2002) dokázala průkaznou závislost na genetické frekvenci „variegátní“ alely *fv*. Všechny znaky ventrálního zbarvení nebyly totiž stejně informativní, což Gollmann (1984) odůvodňuje např. větší selekcí proti cizím alelám morfologických znaků nebo naopak jejich častější introgresí.

Horák (1997) a Havelková (2002) potvrdili regresní analýzou hybridního indexu k jednotlivým znakům, resp. frekvencí diagnostické „variegátní alely“, vhodnost postupu hodnocení ventrálních skvrn a použití této metody pro určení druhové příslušnosti.

Z porovnání vývoje hybridního indexu lze usoudit, že populace v hybridní zóně inklinuje k morfologickým znakům kuňky žlutobřiché. Tento trend mají nejspíš za následek povodně, které způsobili zavlečení zástupce druhu kuňek žlutobříchých.

### 6.3 Preferované habitatové parametry

Velikost stanovišť jsem sledoval pomocí parametrů - obvod, plocha a hloubka. Obvod je důležitý především z důvodu množství úkrytů, a to zejména pro vajíčka a pulce, ale i pro dospělé jedince. S rostoucí plochou a hloubkou se zvyšuje stabilita podmínek, jako je teplota a obsah kyslíku. Obzvláště je tomu tak v letních měsících, kdy brání úplnému vyschnutí. Navzdory literatuře, která píše o preferenci menších stanovišť kuňkou žlutobřichou a velkých stanovišť kuňkou obecnou (Diesener & Reichholf, 1997; Zwach, 1990), se mi na základě pozorování nepodařilo toto tvrzení statisticky prokázat. Mé pozorování se však týkalo především menších tůní a kaluží, které jsou charakteristické především pro kuňky žlutobřiché. Zwach (2009) uvádí, že kuňky obecné kromě tůní využívají i menší rybníky. S tímto tvrzením souhlasí i Němec (2013) ve své diplomové práci, a stejně jako já potvrdil výskyt pouze v nevysychajících tůních.

Diesener (1997), Mikátová (2002) a Zwach (1990) uvádí, že kuňky žlutobřiché obsazují lokality částečně zastíněné a někdy dokonce lesem úplně obklopené. Toto tvrzení jsem během monitoringu potvrdil hned dvakrát. Parametry: vzdálenost od lesa a vystavení slunci, při zvyšujících se hodnotách, korelují s hybridním indexem, který se blíží indexu u druhu kuňky obecné. Tento výsledek má hned několik příčin. Kuňky žlutobřiché jsou adaptované na nižší teploty, a proto nemusejí vyhledávat lokality v otevřené krajině. Zároveň jsou méně fixované na vodu a často využívají podrosty vlhkých lesů. Vzdálenost od lesa jsem zvolil kvůli teorii preference na základě vzdálenosti od zimoviště. Vzhledem k delší a chladnější zimě v areálu výskytu kuňek žlutobřichých, jsem předpokládal kratší vzdálenost od lesa, kterou tyto kuňky využívají k hibernaci. Tuto teorii se mi podařilo potvrdit. Kuňky obecné osidlují i lokality vzdálenější od lesa. Jedním z důvodů může být více času na přesun nebo příznivější teploty v nižších nadmořských výškách, které umožňují hibernaci v otevřenější krajině.

Je známo, že kuňky žlutobřiché se nachází spíše ve vyšších polohách, zatím co kuňky obecné se nachází spíše v těch nižších (Diesener & Reichholf, 1997; Mikátová et al., 2002; Zwach, 1990; Covaciu-Marcov et al., 2009). Toto tvrzení se mi opět podařilo statisticky prokázat a z grafického znázornění je patrné, že s rostoucí nadmořskou výškou se posouvá i hybridní index směrem k druhu kuňky žlutobřiché. Následně podle těchto údajů můžeme zhodnotit, které druhy se přesunují ze svých

primárních stanovišť na stanoviště nová. Z mého pozorování a z pozorování Strakové (2010; 2012) vyplývá, že jedinci kuňky žlutobřiché přecházejí do areálu výskytu kuňky obecné. Covaciu-Marcov (2009) tento trend přisuzuje kuňce žlutobřiché ve snaze osidlovat příznivější prostředí v nižších nadmořských výškách. Tím by se dal vysvětlit tento trend i u nás.

## 7 Závěr

- Pravidelně jsem navštěvoval 6 lokalit na Českobudějovicku a Kaplicku.
- Z původních 13 stanovišť jsem 4 vyhodnotil jako zaniklé z důvodu lidské činnosti.
- Tři stanoviště byli z důvodu velmi suchého roku pravidelně neosídlené.
- Podařilo se mi nalézt 4 nové stanoviště.
- Během monitoringu se mi povedlo odchytit 94 jedinců.
- Na základě ventrálních skvrn odečtených z fotografií jsem pro každého jedince spočítal hybridní index.
- Lokality Omlénička, Bočkov a Kaplice vykazovali hybridní index blízký až totožný s druhem kuňky žlutobřiché.
- Lokality Vitín a Třebín vykazovaly hybridní index blízký k druhu kuňky obecné.
- Na základě Pearsonova korelačního koeficientu a jednorozměrné regrese jsem vyhodnotil jako průkazné parametry: nadmořskou výšku, vzdálenost od lesa a vystavení slunci.
- Z porovnání vývoje hybridního indexu lze usoudit, že populace v hybridní zóně inklinuje k znakům kuňky žlutobřiché.

## 8 Literatura

Balá, V., Vojar, J., Civi, P., & Rozínek, R. (2014). Chytridiomycosis risk among Central European amphibians based on surveillance data. *Diseases of aquatic organisms*, 112(1), 1-8

Barton, N. H. (2001). The role of hybridization in evolution. *Molecular ecology*, 10(3), 551-568.

Barton, N. H., & Hewitt, G. M. (1989). Adaptation, speciation and hybrid zones. *Nature*, 341(6242), 497.

Barton, N. H., & Gale, K. S. (1993). Genetic analysis of hybrid zones. *Hybrid zones and the evolutionary process*, 13-45.

Bosch, J., García-Alonso, D., Fernández-Beaskoetxea, S., Fisher, M. C., & Garner, T. W. (2013). Evidence for the introduction of lethal chytridiomycosis affecting wild betic midwife toads (*Alytes dickhilleni*). *EcoHealth*, 10(1), 82-89.

Covaciu-Marcov, S. D., Ferenti, S., Bogdan, H. V., Groza, M. I., & Bata, Z. S. (2009). On the hybrid zone between *Bombina bombina* and *Bombina variegata* in Livada Forest, north-western Romania. *Biharean Biologist*, 3(1), 5-12.

Daszak, P., Berger, L., Cunningham, A. A., Hyatt, A. D., Green, D. E., & Speare, R. (1999). Emerging infectious diseases and amphibian population declines. *Emerging infectious diseases*, 5(6), 735.

Diesener, G. & Reichholf, J.. Obojživelníci a plazi. Ilustroval Fritz WENDLER. Praha: Ikar, 1997. Průvodce přírodou (Ikar).

Frommhold, E. (1959). *Wir bestimmen Lurche und Kriechtiere Mitteleuropas*. Neumann Verlag.

Frost, Darrel R. 2019. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0 (Date of access). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.

Gollmann, G. (1981). Zur Hybridisierung der einheimischen Unken: *Bombina bombina* (L.) u. *Bombina variegata* (L.), Anura, *Discoglossidae*.

Gollmann, G. (1984). Allozymic and morphological variation in the hybrid zone between *Bombina bombina* and *Bombina variegata* (Anura, *Discoglossidae*) in northeastern Austria. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 22(1), 51-64.

Harrison, R. G. (Ed.). (1993). *Hybrid zones and the evolutionary process*. Oxford University Press on Demand.

Havelková, P. (1999). Genetická analýza hybridní zóny kuňkou obecnou (*Bombina bombina*) a kuňkou žlutobřichou (*Bombina variegata*) v Předšumaví. Diplomová práce (Bc.). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, Katedra zoologie.

Havelková, P. (2002). Genetická analýza hybridní zóny mezi *Bombina bombina* a *B. variegata* v Předšumaví. Diplomová práce (Mgr.). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, Katedra zoologie.

Herrmann, H. J. (2001). *Terrarien-Atlas. 1. Kulturgeschichte, Biologie und Terrarienhaltung von Amphibien, Schleichenlurche, Schwanzlurche, Froschlurche (erster Teil)*. Mergus.

Hofman, S., & Szymura, J. M. (2007). Limited mitochondrial DNA introgression in a *Bombina* hybrid zone. *Biological Journal of the Linnean Society*, 91(2), 295-306.

Hoffmann, M., Hilton-Taylor, C., Angulo, A., Böhm, M., Brooks, T. M., Butchart, S. H., & Darwall, W. R. (2010). The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *science*, 330(6010), 1503-1509.

Horák, A. (1997). Hybridizace mezi kuňkou obecnou (*Bombina bombina*) a kuňkou žlutobřichou (*Bombina variegata*) v Předšumaví. Diplomová práce (Bc.). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, Katedra zoologie.

Hrabě, S., Opatrný, E., & Oliva, O. (1973). *Klíč našich ryb, obojživelníků a plazů: pomocná kniha k učebnicím zoologie všeobec. vzdělávacích, stř., odb. a vys. škol*. SPN.

Julian, J. T., Gould, V. A., Glenney, G. W., & Brooks, R. P. (2016). Seasonal infection rates of *Batrachochytrium dendrobatidis* in populations of northern green



frog *Lithobates clamitans melanota* tadpoles. *Diseases of Aquatic Organisms*, 121(2), 97-104.

Kruuk, L. E., Gilchrist, J. S., & Barton, N. H. (1999). Hybrid dysfunction in fire-bellied toads (*Bombina*). *Evolution*, 53(5), 1611-1616.

Liou, L. W., & Price, T. D. (1994). Speciation by reinforcement of premating isolation. *Evolution*, 48(5), 1451-1459.

MacCallum, C. J. (1994). Adaptation and habitat preference in a hybrid zone between *Bombina bombina* and *Bombina variegata* in Croatia (Doctoral dissertation, University of Edinburgh).

Mayr, E. (1963). *Animal species and evolution*. Harvard university.

Mikátová, B., Vlašín, M., Mikát, M., & Rozínek, R. (2002). Ochrana obojživelníků. Pro ZO ČSOP Veronica vydalo Eko Centrum Brno.

Němec, S. (2013). Biotopové preference obojživelníků na vybraných lokalitách po těžbě vltavínů. Diplomová práce (Ing.). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Katedra biologických disciplín.

Nürnberger, B., Barton, N., MacCallum, C., Gilchrist, J., & Appleby, M. (1995). Natural selection on quantitative traits in the *Bombina* hybrid zone. *Evolution*, 49(6), 1224-1238.

Piálek, J. (1992). Revize rodu *Bombina* v Československu. Kandidátská disertační práce. Ústav systematické a ekologické biologie ČSAV v Brně.

Straková, H. (2010). Revize lokalit hybridní zóny kuněk (*Bombina bombina* a *B. variegata*) jižně od Českých Budějovic. Diplomová práce (Bc.). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Katedra biologických disciplín.

Straková, H. (2012). Hybridní zóna kuněk *Bombina bombina* a *B. variegata* v jižních Čechách. Diplomová práce (Ing.). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Katedra biologických disciplín.

Stugren, B. (1959). Eidonomische Untersuchungen an *Bombina* Oken (Amph., *Discoglossidae*) aus dem Gurghiu-Tale (Siebenbürgen). *Zoologische Jahrbücher, Abteilung Systematik*, 86, 382-394.

Szymura, J. M., & Barton, N. H. (1986). Genetic analysis of a hybrid zone between the fire-bellied toads, *Bombina bombina* and *B. variegata*, near Cracow in southern Poland. *Evolution*, 40(6), 1141-1159.

Szymura, J. M., & Barton, N. H. (1991). The genetic structure of the hybrid zone between the fire-bellied toads *Bombina bombina* and *B. variegata*: comparisons between transects and between loci. *Evolution*, 45(2), 237-261.

Štefka, J. (2000). Analýza rodu *Bombina* v Předšumaví. Diplomová práce (Bc.). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, Katedra zoologie.

Štefka, J. (2003). Ecological aspects of hybridisation between fire-bellied toads *Bombina bombina* and *Bombina variegata*. Diplomová práce (Mgr.). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, Katedra zoologie.

Yap, T. A., Gillespie, L., Ellison, S., Flechas, S. V., Koo, M. S., Martinez, A. E., & Vredenburg, V. T. (2016). Invasion of the fungal pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* on California islands. *EcoHealth*, 13(1), 145-150.

Yu, G., Yang, J., Zhang, M., & Rao, D. (2007). Phylogenetic and systematic study of the genus *Bombina* (Amphibia: Anura: *Bombinatoridae*): new insights from molecular data. *Journal of Herpetology*, 41(3), 365-378.

Zwach, I. (1990). Naši obojživelníci a plazi ve fotografii. Státní zemědělské nakladatelství.

Zwach, I. (2009). Obojživelníci a plazi České republiky. Grada Publishing as.

## 9 Přílohy



Obr. 13: Stanoviště Omlenička 1 (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 14: Stanoviště Omlenička 2 (Nowak; Straková, 2018)





Obr. 15: Stanoviště zavezené stavební sutí (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 16: Vyschlé stanoviště Bočkov monitorované v předchozích pracích (Nowak; Straková, 2018)





Obr. 17: Nově objevené stanoviště Bočkov (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 18: Nově objevené stanoviště Bočkov po odstranění vláknité řasy (Nowak; Straková, 2018)





Obr. 19: Čolek obecný na lokalitě Bočkov (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 20: Larva čolka obecného na lokalitě Bočkov (Nowak; Straková, 2018)





Obr. 21: Stanoviště Kaplice 1 (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 22: Stanoviště Kaplice 2 (Nowak; Straková, 2018)





Obr. 23: Stanoviště Vitín (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 24: Rybník na lokalitě Borek (Nowak; Straková, 2018)





Obr. 25: Vyschlé stanoviště na lokalitě Borek (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 26: Bývalé stanoviště nyní bez výskytu (Nowak; Straková, 2018)





Obr. 27: Stanoviště Třebín 2 (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 28: Stanoviště Třebín 3 (Nowak; Straková, 2018)





Obr. 29: Jedinec s hybridním indexem 1 = kuňka žlutobřichá (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 30: Jedinec s hybridním indexem 0,6 (Nowak; Straková, 2018)





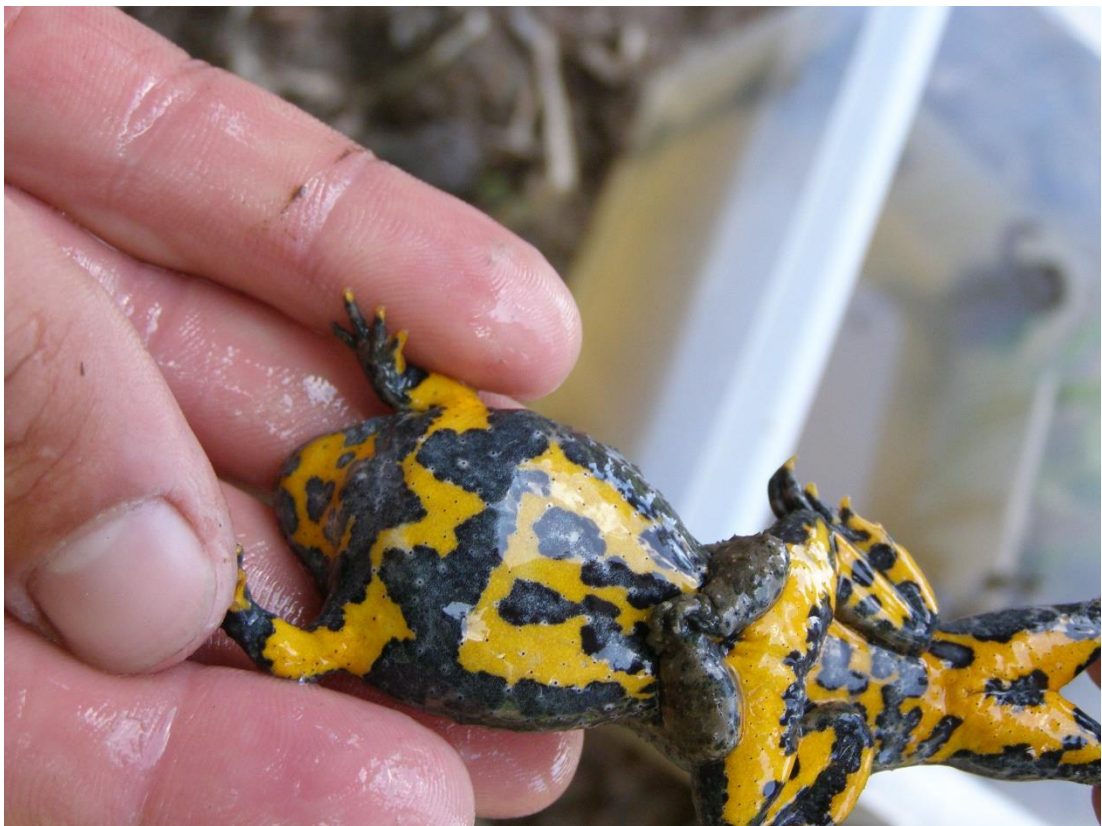
Obr. 31: Jedinec s hybridním indexem 0,5 (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 32: Jedinec s hybridním indexem 0,05 = kuňka obecná (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 33: Nedotažený kuňčí reflex (Nowak; Straková, 2018)



Obr. 34: Inguinální amplexus (Nowak; Straková, 2018)