

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



Česká zemědělská
univerzita v Praze

Verifikace habitatového modelu výskytu krtonožky obecné (*Gryllotalpa gryllotalpa*)

Diplomová práce

Autor: **Bc. David Vočka**

Vedoucí práce: **prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.**

Praha 2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. David Vočka

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Verifikace habitatového modelu výskytu krtonožky obecné (*Gryllotalpa gryllotalpa*)

Název anglicky

Verification of the common mole (*Gryllotalpa gryllotalpa*) habitat model

Cíle práce

Definovat výskyt krtonožky obecné na území České republiky a ověřit věrohodnost předpovědního modelu pro výskyt tohoto druhu.

Metodika

Na základě dosavadního výskytu krtonožky budou vytvořeny habitatové modely, podle kterých budou následně vytipovány oblasti s potencionálním výskytem.

V těchto oblastech bude na řadě lokalit ověřen výskyt druhu pomocí poslechu zpěvu samců v květnu a červnu. Dále bude prohledán internet za pomoci klíčových slov a bude doplněn známý výskyt krtonožky. Tato data budou diskutována se skutečnou škodlivostí udávanou v lesních školkách.

Harmonogram práce:

květen 2020 – vytvoření modelu výskytu krtonožek

červen-srpen 2020 – terénní práce průzkumu vytipovaných lokalit

Říjen- listopad – zpracování dat z terénu a srovnání dat s modelem

Leden 2021 – předložení literární rešerše a zpracovaných dat ke kontrole

Březen 2021 – předložení výsledků a diskuse diplomové práce

Doporučený rozsah práce

40 s.

Klíčová slova

krtonožka obecná, výskyt, škodlivost, model

Doporučené zdroje informací

- Haes E.C.M , Marshall J.A. 1988: Grasshoppers and Allied Insects of Great Britain and Ireland. Harley Books, Colchester.
- Holuša J., Kočárek P. 2013: Krtonožka obecná *Gryllotalpa gryllotalpa* (Linnaeus, 1758). Lesnická práce (13), Příloha: I-IV.
- Iorgu I.S., Iorgu E.I., Puskás G., Ivković S., Borisov S., Gavril V.D., Chobanov D.P. 2016: Geographic distribution of *Gryllotalpa stepposa* in south-eastern Europe, with first records for Romania, Hungary and Serbia (Insecta, Orthoptera, Gryllotalpidae). ZooKeys 605: 73–82.
- Kočárek P., Holuša J., Vlk R., Marhoul P. 2013: Rovnokřídlí (Insecta: Orthoptera) České republiky. Academia, Praha.
- Marhoul P., Balvín O., Dvořák T., Holuša J. 2018: Rovnokřídlí (Orthoptera) Prahy. Natura Pragensis, 232 pp.
- Nickle D.A., Castner S.L. 1984: Introduced species of mole crickets in the United States, Puerto Rico and the Virgin Islands (Orthoptera: Gryllotalpidae). Annals of the Entomological Society of America 77(4): 450-465.
- Šefrová H. 2015: Hmyz (Insecta) škodící na řepě. Harmful Factors in Sugar Beet – animal pests: insects (insecta). Listy cukrovarnické a řepařské 31: 379-382.
- Walker T.J. 1984: Biology of pest mole crickets: systematics and life cycles. Univ. Fla. Agric. Exp. Sta. Bull. 846: 3-10.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2021

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 07. 04. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Verifikace habitatového modelu výskytu krtonožky obecné (*Gryllotalpa gryllotalpa*)“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Bc. Jaroslava Holuši, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne:

Bc. David Vočka

Poděkování

Děkuji prof. Ing. Bc. Jaroslavu Holušovi, Ph.D. za odborné vedení práce, čas, zkušenosti a cenné rady, které mi pomohly při zpracování diplomové práce. Rovněž můj velký dík patří Mgr. Otovi Kalábovi za intenzivní spolupráci na prostorových analýzách.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá verifikací habitatového modelu výskytu krtonožky obecné (*Gryllotalpa gryllotalpa*). Cílem této diplomové práce bylo nasimulovat výskyt krtonožky na základě enviromentálních znalostí a kvantifikovat údaje o škodách, které působí na území České republiky. Pomocí Ecological niche model byly nasimulovány vhodné podmínky a oblasti pro výskyt krtonožky obecné. V oblastech potencionálního výskytu byl ověřen výskyt krtonožky na řadě lokalit, což potvrdilo správnost modelu. Ze studie vyplývá, že krtonožkou recentně osídlené oblasti se nacházejí v klimaticky příznivých nížinách až středních polohách s půdami dobře zásobenými vodou. Krtonožka obecná se stále více uchyluje do zahrádkářských kolonií, kde jsou ideální podmínky pro rozvoj její populace. Výskyt byl také ověřen za pomoci internetových zdrojů. Výsledky ukazují, že za posledních 10 let si téměř 50 zahrádkářů stěžovalo na škody krtonožkou. Byly také zaznamenány škody způsobené krtonožkou v lesních školkách na dvou lokalitách, kde jsou recentně škody zmiňovány.

Klíčová slova: krtonožka obecná, výskyt, škodlivost, model

Abstract

This diploma thesis deals with the verification of the habitat model of the mole cricket (*Gryllotalpa gryllotalpa*) occurrence. The aim of this thesis was to simulate the occurrence of the mole cricket on the base of environmental knowledge and to quantify the damage data made by the mole cricket in the Czech Republic. With the aid of the Ecological niche model suitable conditions and the areas of occurrence of the mole cricket were simulated. In the areas of potential occurrence, the mole cricket occurrence was studied, which confirmed the model correctness. The study shows that the mole crickets have recently colonized the lowlands with favorable climatic conditions or midlands with soil well water supplied. The mole cricket has been recently restricted to the small gardens, where the conditions are ideal for the population growth. The occurrence was verified with the aid of internet resources as well. The results show that almost 50 gardeners suffered by damages caused by the mole cricket in the last 10 years. A lot of damage caused by the mole cricket was noticed in the tree plantation at two places, where the damages have been mentioned recently.

Keywords: the mole cricket, occurrence, damage, model

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíl práce.....	12
3	Literární přehled - krtonožka obecná (<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>).....	13
3.1	Taxonomická klasifikace (LINNAEUS, 1758).....	13
3.2	Charakteristika druhu	13
3.3	Rozšíření.....	14
3.4	Stavba těla.....	15
3.5	Fenologie a vývoj	16
3.6	Potrava a škodlivost.....	18
3.7	Ekologie a stanoviště	19
3.8	Antagonisté.....	20
3.9	Ohrožení	21
3.10	Obranná opatření	22
3.10.1	Kontrola.....	22
3.11	Obrana	22
4	Metodika	24
4.1	Studie oblasti	24
4.2	Údaje o životním prostředí	24
4.3	Údaje o výskytu krtonožek.....	24
4.4	Ecological niche model	25
4.5	Studie lokalit.....	26
4.6	Terénní práce	27
4.7	Ověření výskytu dle internetových zdrojů.....	28
5	Výsledky	29
5.1	Údaje o výskytu krtonožek.....	29
5.2	Ověření výskytu druhu pomocí poslechu zpěvu samců	31
5.3	Ověření výskytu druhu pomocí internetových zdrojů.....	32
6	Diskuze	34
7	Závěr	38
8	Použité zdroje.....	39

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Vizualizace studované oblasti a míst výskytu v environmentálním (A-C) a geografickém (D-F) prostoru. Světle šedá - tréninkové body; tmavě šedá - body pro testování; modrá - výukové události; červená - výskyty testování. Prostor prostředí je definován dvěma proměnnými s větším významem v modelech Maxent.....	30
Obrázek č. 2: A - model souboru vážený podle AUC: 0 - nejméně vhodný; 1 - nejvhodnější. B -průměrný model souboru binárních výstupů prahové hodnoty: 0 - výsledky všech modelů 0; 1 - výsledky všech modelů 1. C - nejistota vyjádřená směrodatnou odchylkou: 0 - nejméně nejistá - shoda všech modelů. D - model souboru představovaný shodou všech binárních výstupů: šedá - predikovaná oblast se střední hodnotou 1; červené body – testované lokality.	30
Obrázek č. 3: Bivariační mapa spojitě predikce (osa x legendy) a nejistoty představované standardní odchylkou (osa y legendy). Mraky bodů a hustoty představují distribuci hodnot v oblasti.	31

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Tabulka faktorů	24
Tabulka č. 2: Průměrný permutační příspěvek proměnné podle parametru Maxent.....	29
Tabulka č. 3: Ověření poslechu zpěvu samců na vybraných lokalitách.	31
Tabulka č. 4: Ověření poslechu zpěvu samců na dvou vybraných lokalitách.	32
Tabulka č. 5: Nálezy krtonožky obecné zaznamenané na internetu.	32
Tabulka č. 6: Škody působené krtonožkou na zahrádkách zaznamenané na internetu.	33

1 Úvod

Řád rovnokřídlých, *Orthoptera*, je obecně v Evropě poměrně dobře prostudován, i když je zde celá řada faunistických a taxonomických otázek k dořešení. Mezi ně patří i menší skupina cvrčků. Mezi cvrčky patří krtonožky, *Gryllotalpidae*, které jsou velmi intenzivně studovány v posledních letech, nejen s ohledem na to, že se jedná v řadě zemí o škůdce (MALINOWSKI et al., 1996, BRODZIAK et al., 2013, KUNCA 2011, 2018, HOLUŠA, KOČÁREK 2013, ŠEFROVÁ 2015, PETROVA et al., 2013, BERGER 1984, CEPTEEBA et al., 2017), ale byly řešeny otázky taxonomické pomocí genetických analýz (např. KIM et al. 2007) a pomocí zpěvu (HAYASHI et al., 2018) či pozitivní vlivy na prokypřování půdy (např. LI et al., 2018, YANG et al., 2020). Vzhledem k bizarnímu tvaru těla byly krtonožky považovány dokonce za jedovaté a jejich konzumace byla považována za nebezpečnou jak pro člověka, tak pro dobytek (KRAFFT, 1712). Tyto skutečnosti vedly k tomu, že první kontrolní postupy se objevily již v 80. letech 18. století (SPRENGER, 2011).

Krtonožka obecná (*Gryllotalpa gryllotalpa*) je škůdce, který dokáže páchat škody na zemědělských pozemcích i pozemcích drobných zahrádkářů, ale také i na rostlinách mimo oblast zemědělství (KOBAKHIDZE, 1960). Ke škodám dochází lokálně, ovšem mohou být trvalým problémem na místech s trvale vlhkou jílovitou půdou. Přemnožují se také ve sklenících (KOČÁREK et al., 2013). Za vhodných podmínek se může velmi namnožit i v přírodě (KREKHOF, 2007).

V České republice je krtonožka obecná lokálně hojná po celém území, zejména v nížinách (<http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id158/>). Půdy na lesních pozemcích, mohou být vhodné pro osídlení druhu, charakteristická místa lesních lokalit, popř. pro otevřené lokality uvnitř velkých lesů (WAEBER, 2003). Z toho důvodu jsou také zmínky o škodách v lesních školkách například v lesní školce u Moravského Písku (HOLUŠA et KOČÁREK, 2013).

Na internetových stránkách existuje řada debat a otázek ke kontrole krtonožek, ale údajů o četnosti a rozsahu poškození není mnoho, i když je krtonožka obecně uváděna jako škůdce i v lesních školkách (KŘÍSTEK et al., 2013). Proto stále celá řada internetových stránek firem distribuující pesticidy, nabízí celou řadu přípravků (např. FLÜGEL, 2010).

2 Cíl práce

Cílem této práce bylo nasimulovat výskyt krtonožky na základě enviromentálních znalostí a kvantifikovat údaje o škodách, které působí na území České republiky.

3 Literární přehled - krtonožka obecná (*Gryllotalpa gryllotalpa*)

3.1 Taxonomická klasifikace (LINNAEUS, 1758)

Říše: Živočichové (*Animalia*)

Kmen: Členovci (*Arthropoda*)

Třída: hmyz, jevnočelistní (*Insecta, Ectognatha*)

Řád: rovnokřídlí (*Orthoptera*)

Čeleď: krtonožkovití (*Gryllotalpidae*)

Rod: krtonožka (*Gryllotalpa*)

Tribus: (*Gryllotalpini*)

Druh: krtonožka obecná (*Gryllotalpa gryllotalpa*)

3.2 Charakteristika druhu

Krtonožka obecná patří do čeledi krtonožkovití (*Gryllotalpidae*). Tato specifická skupina zahrnuje sedm rodů s více než 100 různými druhy po celém světě (EADES et al., 2016). Vyskytuje se v celé Evropě, od Británie po Írán až po střední Asii (GOROCHOV 1993, BROZA et al., 1998, INGRISCH et al., 2006). V České republice je výskyt krtonožky obecné poměrně hojný po celém území, zejména v nižších polohách (<http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id158/>). Krtonožka (*Gryllotalpa gryllotalpa*), stejně jako všechny druhy čeledi krtonožkovití, je specifická svou stavbou těla, biologickými a ekologickými nároky na prostředí, ve kterém žije (TIEFENBRUNNER, 1984). Většinu svého života tráví po zemi (HAHN, 1958). V zemi vyhrabává tunely, které jsou důležité pro její život (JAFARI et al., 2015). Krtonožka je jedním ze škůdců, který dokáže způsobit škody na plodinách a rostlinách v různých částech světa. Je všežravá a v převážné většině se její potrava skládá z různých druhů rostlin a jiných hmyzích zástupců (MATHENY, 1981, MATHENY et al., 1981, WALKER et NGO, 1982, SCHUSTER et PRICE, 1992). Krtonožkovití nejčastěji působí škody v zeleninových zahrádkách (HAHN, 1958). Díky škodám, které způsobuje, a svému velmi specifickému vzhledu poutal tento druh pozornost od pradávna (SCHWENKE, 1972).

3.3 Rozšíření

Druh je rozšířený v Evropě, severní Africe a západních státech. Je hodnocen jako holomediterránní expanzivní druh. Na severu sahá areál až ke Kilmalcolmu ve Skotsku, popřípadě k Smalandu, popř. k Olandu ve Švédsku. Na jih od severní hranice areálu se vyskytuje ve všech zemích. Ve středomořském klimatu (Itálie a jižní Francie) dosahuje nejvyšší početnosti. Tento druh byl zavlečen do severní Ameriky (ALONSO et HERRERA, 1828). Vyskytuje se ve střední Evropě (SARDET et al., 2015) a její areál rozšíření zasahuje na Pyrenejský poloostrov (HOCHKIRCH et al., 2016), kde se vyskytuje ve Španělsku (PONIATOWSKI et al., 2009) i Portugalsku (PADHI et al., 2010). Výskyt krtonožky končí na jihu balkánského poloostrova v Bulharsku, kde je známa pouze jediná lokalita známá poblíž hranic se Srbskem a Makedonií, s dvěma izolovanými lokalitami na jihu. Jihozápadní Makedonie představuje nejjižnější hranici populace *G. gryllotalpa* a spojuje její areál v severní Itálii a střední Evropě přes severní pobřeží Jaderského moře (IORGU et al., 2016). Vyskytuje se také v České republice (KOČÁREK et al., 2013), Rakousku (ZUNA - KRATKY et al., 2017), Slovinsku (GOMBOC et ŠEGULA, 2014), Slovensku (KRIŠTÍN et al., 2020) a na východ zasahuje až na Ukrajinu (FYODOROVA et al., 1991).

Zmínky o krtonožce obecné ve střední Evropě pocházejí z Německa, kde se vyskytuje nejčastěji na jihu, a také ze Švýcarska (SARDET et al., 2015). Na severu Německa je méně početná. Ve Šlesvicku-Holštýnsku byly ještě v roce 1994 známy tři lokality výskytu, v Niedersachsen v letech 1985-1990 osm lokalit a v Severním Porýní Vestfálsku byla v roce 1994 známa jedna lokalita (GREIN, 1990). V jižním Německu je druh častější (DENZEL, 1998). Krtonožky se vyskytují skoro po celém Bavorsku. Nálezy chybí pouze v Frankenwaldu, Alpách a Bavorském lese. Lokality výskytu se nacházejí především v nížinách řek a bažinaté předalpské krajině (WAEBER, 2001). V Bavorsku je známo padesát lokalit výskytu a v Bádensku-Württembersku přes sto sedmdesát (DENZEL, 1998), kde jsou všechny teplé nížiny obývány krtonožkami. Obzvláště častý byl výskyt v regionu Albvorland, kde je známo čtyřicet lokalit výskytu. Také z regionů Bodensee (25), Sudlicher Oberrhein/Kaiserstuhl (25), Nordlicher Oberrhein (cca 15) a Kraichgau/Neckarbecken (17) byly hlášeny početné výskyty. V menší míře se krtonožky vyskytovaly v regionech Schwarzwald s 13 a Kocher/Jagst/Tauber s 8 lokalitami. Z velmi velkého regionu Donau-Ablach/Riss-Atrach-Platten/Sudwestdeutsches a Hugelland/Adelegg je známo jen 23 výskytů, z Adellegu nebyla hlášení o výskytu předložena a oblast Donau-Auen je bez výskytu. Většina nálezů zde pocházela z močálů v oblasti Horního Švábska. Velmi málo lokalit pochází ze švábských Alp (5), Obere Gaue (4), Baar/ Wutach, Odenwald (1) (DENZEL, 1998).

V Bádensku-Württembersku pochází nejvíce lokalit z oblasti mezi 100 a 450 m nad mořem. Nejvýše položený výskyt se nachází z hory Pfullinger ve výšce 750 m n. m. (Švábské Alpy). Vysoko položené výskyty (600-800 m n. m.) jsou známy také ze Švábských Alp, ze Schwarzwald, z Donau-Ablach/Riss-Atrach-Platten a také z Sudwestdeutsches Hugelland. Krtonožky i v jiných částech Evropy preferují nížiny. V Bertechsgatenu a Tolzu se krtonožky vyskytují dokonce jen do výšky 700 m nad mořem (ZACHER, 1956). Ve Švýcarsku se vyskytují až do subalpského regionu (FRUHSTORFER, 1921).

V Bádensku-Württembersku se krtonožky vyskytují relativně často. V porovnání s ostatními spolkovými zeměmi a sousedními státy však není souhrnný výskyt tak velký. Především v malých zahrádkách počty stouply počty díky omezení, popř. zákazu chemických přípravků. V životním prostoru mimo zahrady však v půdě, kde dochází k melioraci, dochází ke zhutňování půdy a stav půdy se tak mění. To může způsobit pokles výskytu krtonožek. Obzvláště kritická situace je v zemědělsky zaměřených regionech, jako je např. Donau-Ablach/Ridd-Aintrach-Platten (DENZEL, 1998).

3.4 Stavba těla

Krtonožky jsou velcí cvrčci s velikostí od 35 do 50 mm, Krtonožka je snadno poznatelná díky své vysoce specializované stavbě těla a způsobu života pod zemí (WAEBER, 2001). Délka těla dospělé se pohybuje mezi 35–45 mm u samců a 40–50 mm u samic. Druh je parapterní, neboť vějířovitě složená křídla délkově přesahují krytky, a to velmi výrazně, přibližně o 20 mm. Délka krytek u samců je 11,5–14,5 mm a 13–20 mm u samic (KOČÁREK et al., 2013). Přední končetiny jsou upravené pro kopání, zadní končetiny, na rozdíl od ostatních rovnokřídlých, nemají žádnou schopnost skoku (GOROCHOV, 1993).

Kladélko je vyvinuto jen rudimentálně (DENZEL, 1998). Základní barvou u tohoto druhu je hnědá s hedvábným leskem, ale na ventrální straně jsou tyto živočichové okroví s hustými malými chlupy. Z důvodu jen málo vyvinutého kladélka u samic a hluboko v těle uložených genitálií u samečků není lehké rozlišit pohlaví. Samičky mají silný široký šestý zadečkový sternit, který je u samečků vytvořen normálně (HAHN, 1958). Samečci mají žilky na křídlech vidličkovitě větvené ve středu křídel (WAEBER, 2001). V křídle samečků se nachází zvětšená střední žilka ve tvaru pravoúhlého trojúhelníku (HAHN, 1958). Krovky jsou kratší než zadeček, zpravidla ne delší než krční štít. V klidném stavu k sobě schoulená křídla u středoevropských druhů naopak přesahují zadeček (DENZEL, 1998).

Krtonožka na sebe upozorňuje zpěvem samečků. Je slabší a hlubší než u polních a lesních cvrčků. Dá se popsat jako mírné bzučení jednotlivých tónů. Záměna je možná s ropuchou nebo lelkiem (WAEBER, 2001). Krtonožky umí rychle běhat dopředu i dozadu, plavat i potápět se. Sametové husté ochlupení chrání živočichy před vlhkostí. Druh je letuschopný a usazuje se na loukách i nových území (DENZEL, 1998).

3.5 Fenologie a vývoj

Krtonožky žijí nočním životem a většina jejich života se odehrává v podzemí. Žijí v rozšířených podzemních chodbičkách, které si sami vyhrabávají (HAHN, 1958). ENDO (2007) rozdělil tunely krtonožky na vodorovné a svislé. Pro přezimování krtonožky používají vertikální tunely, kde se krtonožky schovávají například před predátory, nebo odpočívají a svlékají se, zatímco vodorovné tunely slouží pro páření nebo útěku před predátory. Nemají schopnost skákat, ale umí plavat, potápět se a létat. Ze svých podzemních úkrytů vylétávají ven pouze za letních nocí. Jejich schopnost pohybu a létání je závislá na počasí. Ve střední Evropě létají méně často než v Evropě jižní (HAHN, 1958).

Krtonožku můžeme spatřit v průběhu roku od konce února do začátku prosince. Pravidelně se objevují první živočichové v březnu/dubnu, ve skleníku i v únoru. Na začátku dubna pravděpodobnost pozorování roste, nejvyšší pravděpodobnost je v květnu, relativně vysoká možnost je také v červnu, kdy výskyt postupně klesá ke konci srpna. Později bývá druh pozorován jen zřídka. K zimování se uchyluje v říjnu/listopadu. Krtonožka tedy může být kromě zimy (zimní strnulosti v půdě) nalezena celoročně ve všech stádiích (WAEBER, 2001).

Kopulace probíhá od jara podle počasí od dubna, nejčastěji však v čase páření v květnu a červnu. Samčí vábení u krtonožek slyšíme na jaře a v brzkém létě z půdy jako tlumené dunění nebo mumlání, bzučení (FABER, 1928). Tento zvukový projev se zvukům ropuchy *Bufores viridis*. Zvuky krtonožek jsou rozlišitelné díky slabé hlasitosti a konstantní výšce tónů (WAEBER, 2003).

Samci zpívají především v podvečer nebo v noci ze speciálně vytvořených akustických komor, které mají obvykle válcovitý tvar s jedním či několika otvory, které mohou být prodloužené kvůli zesílení vydávaného zvuku. Je známo pět typů vydávaných zvukových projevů: volání, předkopulace/námluva, teritoriální, agresivní a demonstrativní (ZHANTIEV et al., 2003). Samčí zpěv trvá přibližně asi půl hodiny (15-46 min) (KAZEMI et al., 2012). Samci ukazují rivalitu zřetelným zvonivým trylkováním. Tento zvuk je velmi podobný žabímu. Varovný zvuk, který produkují nejen samečci, ale s výjimkou domácích cvrčků i

samičky se skládá z krátkého trilkování. Stridulační orgány sameček jsou odpovídající těm u samečků (FABER, 1928). Každý samec má ojedinělou frekvenci a slabiku, kterou například při volání samic k páření (HOWARD et HILL, 2006). Samice jsou lákány do samčích nor (MORRIS, 1979). Během času páření v květnu až červnu vylétávají živočichové z nor a hlasitě bručí do všech směrů (BEYER et KLINGER, 1992). K obraně používají krtonožky slizkou tekutinu z řitního otvoru a mlátí zadečkem sem a tam (DENZEL, 1998). Následuje páření probíhající v podzemí. Sameček upevní spermatofoxy do samičky (MARTENS et GILLANDT, 1985). Proces trvá jen dvě až tři minuty, poté se sameček stáhne. Po dvaceti až šedesáti minutách samička spermatophor oddělí a sežere. Tak se mohou samičky i samečci během několika hodin vícekrát pářit (HARZ, 1960).

Kladení probíhá podle teploty v dubnu až v červnu (ve skleníku už na začátku března). Samičky mají jen rudimentární kladélko, které nemohou zabodnout do půdy. 2-2,75 mm dlouhá a 1,4-1,75 mm široká vajíčka se namísto toho sama během 14 dnů v hloučku zanoří do 5-8 cm hlubokých děr (HAHN, 1958, HARZ, 1960). Samice klade celkem 600 vajíček do speciální komůrky, která leží až ve hloubce jednoho metru, většinou však jen pár centimetrů pod zemí. Vnitřní stěny bývají ošetřeny slinami proti vysušení a zpevněny hrudí, takže tato komůrka velikosti brambory má pozoruhodnou konzistenci (WAEBER, 2001). Při hromadném rozmnožování, díky předem připravené živočišné stravě samička staví komůrky pro mláďata a pečuje o ně a zvyšuje počet kladených vajíček až na 600 oproti cca 100 vajíčkům vegetariánsky žijících živočichů (HAHN, 1958). Vývoj embrya trvá mezi 10 dny (za vysoké vlhkost půdy a teplota v hnízdě mezi 15-17°C) a 6 týdny. Po kladení vajíček zůstává samička v blízkosti hnízda a chrání vajíčka před nepřáteli vysušením (odkrytá hnízda samička po krátké době opět zahrne hlínou) a mikroorganismy. Čistí vajíčka olizováním. Bez této péče by vajíčka byla rychle napadena houbami (HAHN, 1958).

Samičky zůstávají u potomků až do čtvrtého larválního stadia, než se rozptýlí do okolí hnízda. Jedinečná u domácího druhu rovnokřídlého hmyzu je péče o mláďata matkou. Vajíčka se vyvíjejí bez diapauzy (DENZEL, 1998).

Druh prochází šesti nymfálními instary do první zimy (DENZEL, 1998). Na konci dubna a začátku května vylíhnuté larvy dospívají konci dalšího roku, po deseti instarech (WAEBER, 1999). Krtonožky přezimují další zimu jako imago a až ve třetím roce přistupují k rozmnožování. Později vylíhnutí jedinci přezimují dvakrát jako larva, další rok jsou imagem a ve čtvrtém roce se rozmnožují. Když se nemůže vývoj embrya v roce kladení vajíček ukončit, vybarví se vajíčka na začátku dalšího roku do bledé žluté nebo do černá a zplesniví. Samička se následujícího roku ke snůšce nevrátí (GODAN, 1966). Po kladení vajíček klesá

odolnost samiček a živočichové často brzy umírají. V laboratoři však se dožijí dospělé krtonožky až do 550 dní (HAHN, 1958).

Na základě specifického víceletého vývoje se můžeme během celého roku setkat jak s larvami, tak imagy (HAHN, 1958). Většina nálezů se objevuje v Bádensku-Wittembersku během května až září (DENZEL, 1998).

Krtonožky mají vysoký reprodukční úspěch. V optimálních letech může dojít k masovému rozmnožování. V Braniborsku se vylíhlo 500 larev z 1m² ovšem během zimních bylo nalezeno jen 4-6 krtonožek na 1m² na stejné lokalitě (HAHN, 1958). Ve vhodných podmínkách mohou krtonožky vytvořit populaci o 7000 jedincích na 600 m² a více než jednu snůšku na 1 m² zahradní plochy (KROEHLING, 2001). V roce, kdy jsou dobré podmínky, může mít jedna samička i více hnízd (HAHN, 1958). Krtonožky se celkem málo rozšiřují, nicméně však díky schopnosti létat mají dobrou schopnost mobility. Takto se rozšířily v teplých letech 1993 a 1994 do různých regionů Bavorska. Na začátku roku a na podzim urazí velké vzdálenosti. Velkou roli hraje pasivní rozšiřování s koňským hnojem nebo rostlinnou půdou (DENZEL, 1998).

Migrace, které jsou známé při přemnožení u jiných druhů orthopter, však u krtonožky pozorovány nebyly. Kanibalismus, který se objevuje při nedostatku potravy po masovém rozmnožení, je podle HAHNA (1958) významným faktorem bránícím přemnožení druhu.

3.6 Potrava a škodlivost

Potrava je různá, je původu rostlinného i živočišná (FISCHER, 1848). Vývoj bez příjmu živočišných bílkovin není možný. Potravu krtonožky hledají na povrchu půdy krátce po setmění za příznivého počasí (WORSHAMA et REED, 1912). Díky své schopnosti hloubit podzemní tunely, nebo jinak řečeno "nory", dochází k nepřímým škodám na rostlinách tím, že krtonožka podhrabe kořeny sazenic, které následně přestane mít aktivní příjem vody a začnou usychat (HAYSLIP, 1943). Krtonožky také sežerou vše, na co pod zemí narazí, a to jak larvy hmyzu (např. ponravy), žížaly apod., tak i kořinky rostlin, cibule, hlízy, bulvy a kořenovou zeleninu (KOČÁREK et al., 2013). Škody na rostlinách dokáží krtonožky působit také na nadzemní části. Obvykle poškozují sazenice, na kterých požirají listí nebo stonky. Právě takové škody bývají běžnou formou defoliace rostlin, může dojít i u menších rostlin, např. sazenic ke stažení celé rostliny pod zem, kde krtonožka sazenici zkonsumuje (HAYSLIP, 1943). Živočišná strava však dle GODANA (1967) převažuje. Jedna 3,8 g těžká samička spotřebuje denně 400-500 mg živočišné potravy. V zajetí nebo při rozmnožování se mohou zejména samičky vůči samečkům uchýlit ke kanibalismu.

Krtonožka obecná je známa jako škůdce různých druhů rostlin po celém světě (MATHENY et al., 1981, WALKER et NGO, 1982, SCHUSTER et PRICE, 1992). Krtonožky bývají popisovány jako škůdci v zemědělství a v lesních školkách, kdy jejich dospělci i larvy dokáží páchat velké škody na mladých rostlinách (HAHN, 1958). Přítomnost na zahradách snižuje úrodu, a proto mnoho zahrádkářů je oprávněně považuje za velké škůdce (GODAN, 1964).

Krtonožky rády upřednostňují rostlinné kořeny (tabák, pórek, zelí, okurky, gladioly, všechny druhy obilí, luční trávy, listnaté a jehličnaté stromy), které žerou a ohlodávají (GODAN, 1967). Poškozují zeleninové zahrady a sazenice. Podle MATHENY (1981) mají také rády řepu, mrkev, květák, lilek, ředkev, pepř, špenát, batáty, topinambur, jahody a cukrovou třtinu. Zástupci čeledi krtonožkovití mohou patřit také mezi hlavní škůdce rajčat na zahradách díky okusu kořínků rostlin (DOLEJŠÍ, 1982).

3.7 Ekologie a stanoviště

Chov krtonožek se daří pouze při 60 až 80 % vlhkosti půdy a vysoké vlhkosti vzduchu. Imaga mohou v experimentu s teplotou půdy snést teplotu 0°C, umírají však již při snížení teploty o 1 °C. Na základě výsledků tohoto experimentu, rozšíření druhu a mikroklimatických faktorů v jimi osídleném životním prostoru je tento druh klasifikován jako vlhkomilný a citlivý na chlad (HAHN, 1958).

Na základě svého skrytého stylu života se krtonožce dobře daří v přehrabaném, kyprém substrátu, který obsahuje části humusu (ROT V. SCHROCKENSTEIN, 1802; HAHN, 1958). Druh potřebuje kypré, čerstvé až vlhké půdy, dobře prohrabatelné pískové nebo jílovité půdy (HARZ, 1957). Krtonožky žijí v jílovitých nebo hlinitých březích, v těžkých půdách typu glejů a pseudoglejů. Tato stanoviště jsou často permanentně ovlivňována vodou, což krtonožce nevadí (KOČÁREK et al., 2013). Dospělci dokáží hloubit tunely v horním povrchu půdy okolo 20 cm hluboko. Když je půdní povrch dostatečně vlhký a teplota příznivá, mohou za ideálních podmínek jít i hlouběji pod povrch (WORSHAMA et REED, 1912). Homogenní půda je pro tento hydrofilní druh významná, stejně jako vlhkost vzduchu. Původní životní prostor jsou pro ně močály a vrchoviště (FARTMANN, 1997).

Krtonožky ovšem netolerují žádné těžké mokré zaplavené půdy nebo suché písčité půdy, které neumožňují vykopání dlouhodobých podzemních chodbiček. Druh se dokáže adaptovat i v extrémně mokřích lokalitách díky své schopnosti plavat a dokonce se potápět (HARZ, 1957). Původní životní prostor byly pro tento druh močály a vrchoviště (FARTMANN, 1997). Nepůvodními životními prostory ve střední Evropě se staly bažiny v

říčních krajinách a okrajové oblasti horských bažin. Proto není nepravděpodobné, že významné životní prostory pro krtonožky se v postglaciálu z velkých pastvin dočasně změní v bezdřevé paseky nebo mýtiny ve světlých lesích. Nyní osídlené životní prostory druhu se nacházejí v klimaticky výhodných nížinách až středních polohách s příhodnými půdami s dobrým zásobením vodou v krajinách chudých na dřevo (WAEBER, 2003). Životní prostor druhu zahrnuje bažiny, břehy, příkopy, louky a vlhké louky. Důležitým sekundárním biotopem se stávají zahrady (FARTMANN, 1997). Nyní osídlené životní prostory druhu se nacházejí v klimaticky výhodných nížinách až středních polohách s příhodnými půdami s dobrým zásobením vodou v krajinách chudých na dřevo (HAHN, 1958).

Vyskytují se v přírodních i antropogenních oblastech. U výše jmenovaných se jedná převážně o hospodářské nebo ladem ležící plochy, jako například rašeliniště, bažiny, vlhké louky a příkopy. Po vysušení už zde druh žít nemůže. Kromě výše jmenovaných míst je dnes najdeme častěji v záhonech, hnojištích v zahradách, ve vinné révě a v polích. Tyto biotopy jsou pro ně vhodné, neboť jsou prázdné a mají kyprou vlhkou půdu. Zde je druh odkázán na v půdě žijící červy a hmyz, nemůže tedy najít však životní prostor ve všech plochách, např. ve vinařství nebo v poli. Moderní zemědělství půdní fauně zabraňuje v dalším rozvoji. Chodby krtonožek jsou tlusté asi na šířku prstu a vinou se do kříže a šikmo, hluboko pod zem. Člověk je může částečně vidět ve vysoké zvláště půdě (DENZEL, 1998).

Kladení vajec nastává na místě, kde je dobrý stav půdy doprovázen slunečním zářením. Dobrá třetina bavorských nálezů pochází z břehů (19 %), mokrých luk (10 %) a bažin (8 %) (DENZEL, 1998). Rády osidlují také úžlabiny, okraje příkopů a řek. Třetina nálezů pochází ze zahrad. Intenzivně obhospodařovaným plochám se vyhýbají. Zajímavé je, že druh obývá přírodní (bažiny) i člověkem vytvořená místa (zahrady, pole). Na polích (1%) a zemědělských plochách (6%) je jejich výskyt oproti minulému století méně častý. Krtonožka je druh nížinného a pahorkatinného živočicha. Ve výškách nad 800 m n.m. chybí (WAEBER, 2001).

3.8 Antagonisté

Krtonožky jsou obzvláště při masovém výskytu důležitým zdrojem potravy pro mnoho živočichů. Vajíčka bývají také často napadena houbami, což vede k mortalitě (DENZEL, 1998). Přírozenými nepřáteli jsou zejména ropuchy, krtci, ježci, mravenci, kteří poškozují vajíčka, hlístice rodu *Oxyurium* a *Telestomum* parazitují u nymf i dospělců. Na krtonožkách sají roztoči rodu *Neothorombium*, *Caloglyphus* a *Rhizoglyphus* (KOČÁREK et al., 2013). Dalšími predátory krtonožky mohou být např. rejsci, kočky, lišky, vrabci, volavky, krkavcovití a čápi. Mezi bezobratlými jsou to střevlíkovití, kteří líčí na larvy. Parazity jsou

často hlístice a roztoči. Důležitými antagonisty jsou houby (HAHN, 1958). V Itálii jsou krtonožky často vyzobávány vránami, které tak na přítomnost krtonožek upozorňují. Ptáci pak paradoxně při hledání krtonožek poškozují trávníky, což je problém hlavně v případě parkových úprav.

Larvy prskavců z rodu *Pheropsophus* jsou známy již několik desítek let jako specializovaní predátoři vajíček krtonožek. Dospělí brouci se živí různým hmyzem, avšak larvy se vyvíjejí pouze v případě, že konzumují vejíčka krtonožek. V Evropě se však vyskytuje pouze jeden druh tohoto rodu, a to ve Španělsku (*P. hispanicus*). Na území České republiky se tyto prskavci nevyskytují (KOČÁREK et al., 2013).

Na americkém kontinentu jsou specializovanými predátory samotářské kutilky rodu *Larra*. Tyto vosy loví krtonožky, paralyzují je a ochromené krtonožky slouží za potravu larvám kutilek. Během zimních oteplení může dojít k masovému rozvoji entomopatogenních hub, která způsobují i úhyn. V Americe byla popsána rovněž celá řada parazitických prvoků, virů a bakterií. Jejich vliv na populační dynamiku však není znám (PATOČKA, 2006).

Největším nepřítelem je bezpochyby člověk. V sekundárních biotopech čeká na krtonožky mnoho nástrah (KROEHLING, 2001, SCHMIDT, 1990). Díky podzemnímu a nočnímu způsobu života bývá jejich výskyt v porovnání s ostatními rovnokřídlými hůře prokazován. Nejlepší období pro zmapování je květen, kdy jsou nejaktivnější a díky svým zvukovým projevům mohou být zaznamenány (WAEBER, 2001).

3.9 Ohrožení

Díky intenzivnímu využívání krajiny byly krtonožky vytlačeny ze svého původního životního prostoru, bažin, břehů, rašelinišť, ale i ze sekundárního životního prostoru v kulturní krajině. Podle NICOLAIE (1734) byly krtonožky všeobecně známé. HEUSINGER (1988) se domnívá, že intenzivní zemědělství způsobilo pokles jejich počtu. Prioritu má ochrana jejich životního prostoru. O výskytu krtonožek v krajině není známo mnoho, je zde potřeba výzkumu a evidování druhu. Je nezbytné rozpracovat boj proti krtonožkám na zahrádkách, popřípadě krtonožky přenášet do jejich přirozeného habitatu (SCHMIDT, 1990). Například v Bádensko-Württembersku byl druh zařazen na Červený seznam do seznamu druhů do kategorie, u kterých je předběžné varování. V regionu Bodensee není druh kvůli častému výskytu ohrožen. Ve všech ostatních přírodních regionech je druh zařazen na seznam předběžného varování, přičemž ve Schwarzwaldu se vyskytuje jen sporadicky. Hlavní příčinou ohrožení je úbytek jejich životního prostoru, močálů, bažin a vlhké zeleně. Úbytek

z těchto příčin je dokumentován i v Bádensku-Württembersku. Krtonožka je ohrožena i v zemědělsky využívaných plochách, např. vinohradech (DENZEL, 1998).

3.10 Obranná opatření

3.10.1 Kontrola

Kontrolní opatření proti krtonožce mohou zahrnovat širokou škálu činností, jako je například hluboká podzimní orba, ošetření půdy mezi řádky rostlin, odchyt během zimy, pesticidy, otrávené návnady nebo fumigaci půdy (http://www.agroatlas.ru/en/content/pests/Gryllotalpa_gryllotalpa/).

Na menších plochách je možné likvidovat v červnu a červenci hnízda (poznají se podle nakypřené půdy a zničených rostlin nad hnízdem). Dospělce lze chytat do připravených pastí. K tomu účelu se hodí hlubší nádoby se širokým hrdlem, jako například hlubší hrnce, květináče, plechové konzervy aj., zapuštěné do půdy (hrnce, květináče, sklenice, plechové konzervy apod.). Do nádob se dává trochu vody nebo kvasící tekutiny. Mezi nastražené nádoby se položí na záhony do kříže latě, pokud možno v délce i šířce záhonu, které krtonožky nemohou přelézt. V noci krtonožky pobíhají po povrchu půdy a hledají potravu. Protože latě nedokáží přelézt, putují podél latí až k nádobě, do které spadnou. Na podzim jsou nymfy přitahovány na návnady z koňského hnoje v nádobách nebo jámách v půdě, ve kterých poté přezimují. V zimě pak lze přezimující hmyz zlikvidovat. Jámy by měly mít rozměry 30 x 30 cm s kolmými stěnami, s hloubkou asi 15 cm. Zahrádkáři používají i způsob vypuzení krtonožek z nor. Jak už bylo výše zmíněno, krtonožka hrabe těsně pod povrchem půdy. V těchto místech je půda viditelně zvednutá či popraskaná. Ukazováčkem lze vniknout do vytvořené chodby a půdou postupovat až k místu, kde otvor směřuje prudce dolů. Do takto nalezeného otvoru kápneme 1 až 2 kapky saponátu (Jar apod.) a začneme lít vodu. Pokud se otvor po chvíli zaplní a voda se neztrácí, nebude pravděpodobně trvat dlouho a krtonožka vyleze (KOČÁREK et al., 2013).

3.11 Obrana

V současné době není povolen žádný přípravek na ochranu rostlin, jenž by se mohl použít k hubení krtonožek, a tedy nelze očekávat změnu, jelikož půdní insekticidy jsou obecně omezovány (KOČÁREK et al., 2013). Z historie je ovšem zmínka o použití chemických látek, jako jsou například ghlorpyripos-ethyl a parathion-methyl, které byly účinné a byly použity pro kontrolu *G. gryllotalpa* například v Turecku. Vzhledem k nebezpečnosti chemických látek v životním prostředí bylo od těchto látek, které sloužily k

ochraně před škůdci v zemědělství, upuštěno a nepoužívají se, ani se nedoporučují (THIERY et FRACHON, 1997). Je možné kombinovat výše uvedenou metodu pastí s využitím moluskocidní granulové návnady proti plžům a slimákům FERRAMOL, o krtonožkách se v odborné literatuře píše, že mají obrovský apetit a proto pokud se na svém pozemku potýkáte i se slimáky a plži, můžete využít granulovou návnadu i na krtonožku (viz. <http://www.bioagens.eu/ferramol-1-kg>). Krtonožky přijímají potravu převážně v noci, proto by návnady měly být alokovány v podvečer (TOMAS, 1928). S rostoucím zájmem o vývoj ekologicky bezpečnějších metod kontroly škůdců jsou známy řady studií potenciálních mikrobiálních látek pro kontrolu krtonožky obecné. Tento hmyz je velmi atraktivní pro studie zabývající se biologickou ochranou proti škodlivým činitelům (SEZEN et al., 2004). Již jsou známé metody, u různých druhů hmyzu, ve kterých se používají bakteriální hmyzí patogeny úspěšně (SEZEN et al., 2008a). V USA, kam byla *G. gryllotalpa* introdukována a nepůsobí významné škody, je používána klasická biologická ochrana proti jiným druhům krtonožek (hlavně *Scapteriscus spp.*) Využívá se kutilka *Larra bicolor*, kuklice *Ormia depleta* a hlístovky *Steinernema scapterisci*, jež působí jako biopesticidy s reziduální aktivitou. Přípravek Nemastar® obsahuje entomopatogenní hlístovky druhu *Steinernema carpocapsae* působící proti krtonožce, není však u nás registrován. *Beauveria bassiana* a *Metarhizium anisopliae* jsou nespecifické entomopatogenní houby, jež jsou průmyslově produkovány a používány jako biopesticidy. Tyto přípravky mohou být teoreticky použity i v obraně proti krtonožkám, nejsou však v současnosti registrovány. Použití proti zemním živočichům je navíc komplikované. Plošné použití na půdu je nákladné a vede k rychlému zničení patogenu v případně ozáření sluncem. Alternativní metoda je injektáž do půdy nebo zapravení do půdy na nosiči. Jednotlivé kmeny houbových patogenů získaných z určitých hostitelů a míst mají rovněž odlišnou virulenci pro další hostitele (http://www.silvarium.cz/images/letaky-los/2013/2013_krtonozka_obecna.pdf).

4 Metodika

4.1 Studie oblasti

Studovaná oblast byla stanovena arbitrárně a je vymezena souřadnicemi 10°W 45°N, 30°E 60°N (obr. č. 1). Oblast byla vybrána tak, aby se eliminovaly oblasti, kde existuje možnost záměny s jinými druhy krtonožek (viz. IORGU et al., 2016). Využili jsme M komponent z BAM diagramu (PETERSON et al., 2011) pro celou studovanou oblast, jelikož studovaný druh je rozšířený po celé Evropě.

4.2 Údaje o životním prostředí

Jako prediktory jsme vybrali 13 proměnných prostředí na základě ekologie a preferencí stanovišť studovaného druhu (viz. literární přehled). Vybrali jsme klimatické proměnné (KARGER et al., 2017) a jejich deriváty vypočítané pomocí „envirem package“ (TITLE et al., 2017), půdní typ podle SoilGrids2 (HENGL et al., 2017), (systém pro digitální mapování půdy založený na globální kompilaci dat půdního profilu a vrstev prostředí), topografický index – CTI (AMATULLI et al., 2020), index vlhkosti - TWI z Geomorpho90 (AMATULLI et al., 2020) a hloubku hladiny podzemní vody - WTD (FAN et al., 2017) (Tab. 1.). Všechny proměnné byly převzorkovány tak, aby odpovídaly rozlišení datové sady CHELSA.

Tabulka č. 1: Tabulka faktorů

Popis	Zdroje
Minimální teplota nejchladnějšího měsíce	Karger et al. 2017
Průměrná teplota nejteplejšího kvartálu	Karger et al. 2017
Průměrná teplota nejchladnějšího kvartálu	Karger et al. 2017
Střední relativní vlhkost vzduchu	Karger et al. 2017
Thornthwaitův index aridity	Karger et al. 2017; Title et al. 2017
Index reletivní vlhkosti a aridity	Karger et al. 2017; Title et al. 2017
Maximální teplota nejchladnějšího měsíce	Karger et al. 2017; Title et al. 2017
Minimální teplota nejteplejšího měsíce	Karger et al. 2017; Title et al. 2017
Počet měsíců s průměrnou teplotou vyšší než 5 ° C	Karger et al. 2017; Title et al. 2017
Suma průměrných měsíčních teplot u měsíců s vyšší průměrnou teplotou vyšší než 5 ° a vynásobený počtem dnů	Karger et al. 2017; Title et al. 2017
Předpokládaná pravděpodobnost fluvisolů	Hengl et al. 2017
Předpokládaná pravděpodobnost gleyosolů	Hengl et al. 2017
Topografický index vlhkosti - TWI	Amatulli et al. 2020
WTD - hloubka podzemní vody	Fan et al. 2017

4.3 Údaje o výskytu krtonožek

Data o výskytu pocházejí z databází GBIF (GBIF 2020), iNaturalist (iNaturalist 2020), české národní databáze výskytu druhů NCA ČR (AOPK ČR 2020) a slovenské národní

databáze výskytu biomonitring.sk (ŠOP SR 2020), IORGU et al., (2016), a údaje z osobních databází shromážděných odborníky pro monitorování *Orthoptera* v Česku. Byla využita z časového období (1979 - 2013) a byla přiřazena do 1km rastru tak, aby odpovídala struktuře klimatických proměnných. Abychom vyřešili nerovnoměrnost rozdělení dat, použili jsme prostorové filtrování spThin (balíček pro prostorové ztenčení záznamů o výskytu druhů pro použití v modelech ekologických výklenků) (AIELLO-LAMMENS et al., 2015) a ponechali jsme pouze ty lokality, jejichž vzájemná vzdálenost byla nejméně 10 km.

4.4 Ecological niche model

Před nastavením modelu jsme rozdělili studijní oblast na trénovací oblast, tedy celá studovaná oblast bez České republiky a testovací (projekční) oblast pouze Česká republika. Pokryli jsme testovací oblast údaji s environmentálními daty GADM (GADM poskytuje mapy a prostorová data pro všechny země a jejich dílčí divize) pro hranice České republiky (GADM, 2018). Data v trénovací oblasti byla testována na multikolinearitu s variačním inflačním faktorem (VIZ) ExDet (MESGARAN et al., 2014) implementovaným pro ecospat package (Di Cola et al., 2014). Data s vysokou kolinearitou byla z další analýzy automaticky odstraněna. Aby byla zajištěna možnost přiblížení výsledků modelu na projekční plochu, porovná se nový environmentální stav tréninkové a projekční plochy s ExDet (MESGARAN et al., 2014) implementovaným v souboru ecospat (DI COLA et al., 2014). Údaje o výskytu rozdělíme tak, abychom ověřovali a testovali datové soubory stejným způsobem jako environmentální data. Testovali jsme náhodných 30 000 kombinací o životním prostředí v trénovací oblasti a 10 000 v testovací oblasti.

Použili jsme ENMeval (Automaticky rozděljuje data do vyhodnocovacích přihrádek, provádí modely ekologických výklenků v celé řadě nastavení a vypočítává řadu statistik vyhodnocení.) (MUSCARELL et al., 2014) k výběru nejlepší funkce a beta parametru Maxent konfigurace. Proces ladění se skládá ze 160 modelů s 5násobným křížovým ověřováním v kombinaci 8 nastavení funkcí („LQ“, „LQP“, „LQT“, „LQH“, „LQHT“, „LQTP“, „LQHP“, „LQHPT“) a 20 multiplikátorů regulace beta (0,5 - 10 krát 0,5 kroků). Z těchto modelů jsme vybrali kombinaci nastavení, která vytváří model s nejnižší hodnotou AICc (delta AICc = 0) (WARREN et SEIFERT, 2011).

Spustili jsme 10 replikací modelu s 5násobnou křížovou validací (výsledky v 50 modelech) a vytvořili jsme dva soubory: kontinuální rastr vážený podle AUC a průměr binárních výsledků pro prahové hodnoty. K definování prahové hodnoty jsme použili metodu součtu maxima citlivosti a specificity (max (se + sp)). Nejistotu také vizualizujeme jako

směrodatnou odchylku všech replik modelu. Mapa nejistoty ukazuje, kde je nejvyšší variabilita v modelech a kde jsou předpovědi nejméně spolehlivé.

K verifikaci modelu jsme použili čtyři různá hodnocení: Boyceův index, Symetrický index extrémní závislosti (SEDI), citlivost a binomický test. Metriky závislé na prahových hodnotách byly vypočítány metodou prahových hodnot max (se + sp). U Boyceova indexu (BOYCE et al., 2002, HIRZEL et al., 2006) prahová nezávislá metrika je vhodná pro modely pouze s prezencí/absencí a byl vypočítán pomocí funkce `ecospat.boyce`. Symmetric extremal dependence index (FERRO et STEPHENSON, 2011) je alternativa k metrice statistik presence-background models (WUNDERLICH, 2019). SEDI byl vypočítán skriptem R podle WUNDERLICH (2019). Sensitivity (Se, TTP - true positive rate) je metrika závislá na prahové hodnotě a udává podíl předpokládaných přítomností ze všech přítomností. Speciálně pro prahový soubor byl proveden jednostranný binomický test pro výpočet, zda je počet úspěšně předpovězených přítomností na binárním souboru větší, než se předpokládalo a očekávalo. V tomto případě definované podle podílu předpovídané oblasti (PEARSON, 2007). Pro druhý test jsme použili funkci `binom.test` z báze R. SEDI a binomický test souboru byl kalkulován na nejvyšší úrovni spolehlivosti, pokud se vhodný pixel hodnotí jako vhodný pouze tehdy, pokud je vhodný ve všech modelových replikacích (tj. tehdy pokud existuje shoda všech 50 binárních výstupů, tedy průměr konkrétního pixelu je 1). Kód R (stahování dat, předběžné zpracování, modely a vizualizace) je k dispozici v doplňcích a bude k dispozici také na GitHubu. Údaje o výskytu, které nejsou k dispozici pro přímé stažení, budou také poskytnuty stejným způsobem.

4.5 Studie lokalit

Pro zpracování diplomové práce byly vybrány lokality potenciálního výskytu (*G. gryllotalpa*) na území České republiky. Dle habitatových modelů dosavadního výskytu byla vybrána jako jedna z hlavních oblastí Polabská nížina, ve které se vytipovaly oblasti s potenciálním výskytem. Polabskou nížinou neboli Polabím, se chápe široký úval řeky Labe v Čechách mezi městy Jaroměř a Lovosice tvořený rovinou nebo mírnou pahorkatinou o nadmořské výšce mezi 150 až 300 metry. Geologicky a geomorfologicky je součástí České tabule, spadá do teplé a suché klimatické oblasti. Prostírá se na severovýchodě Středočeského kraje (okresy Kolín, Kutná Hora, Mělník, Mladá Boleslav, Nymburk, Praha-východ), na východě přesahuje do krajů Královéhradeckého a Pardubického, na západě do Ústeckého (okres Litoměřice). Rozloha území činí přibližně 5000 km². Díky kvalitní půdě a příznivým klimatickým podmínkám je intenzivně zemědělsky využívána. Jedná se převážně o polní,

intenzivně zemědělsky využívanou krajinu s pěstováním teplomilných plodin. Lesy se vyskytují jen sporadicky, jsou převážně borové, dubové, případně se jedná o zbytky lužních lesů. Část dolního Polabí je také někdy označována souslovím "Zahrada Čech". Polabská nížina je jednou z nejurodnějších oblastí v České republice. Pěstuje se zde například pšenice, ječmen, kukuřice, cukrovka, ale také nejrůznější druhy zeleniny. Ostatní testované lokality byly vybrány nedaleko řeky Ohře, protože se jeví jako nejvhodnější pro potenciální výskyt krtonožky.

Při výběru stanovišť byl brán zřetel převážně na zahrádkářské kolonie, které jsou jedním z primárních biotopů krtonožky, a je zde největší pravděpodobnost jejího výskytu.

4.6 Terénní práce

Na jednotlivých testovacích plochách byl ověřen výskyt druhu pomocí poslechu zpěvu samců v období května a června. Byl vytvořen excelovský soubor, do kterého se zaznamenávaly potřebná data, jako je například název lokality, GPS souřadnice dané lokality, datum ověření výskytu, počasí, popřípadě hodina začátku monitorování. K přesnější lokalizaci byla využita faunistická pole, označovaná také jako čtverce či kvadranty, které jsou metodou tvorby biogeografických map ve faunistice a floristice. Mapa určité oblasti rozdělená na čtverce poté slouží k zanášení zjištěných dat o výskytu daného druhu či taxonu. Výsledné mapy mohou dále sloužit k dalšímu výzkumu druhu nebo lokality a lze dle nich stanovit potřebná ochranná opatření pro péči o dané biotopy. Tato metodika dělí území Střední Evropy na pole o velikosti 6×10 úhlových minut, což v našich zeměpisných šířkách představuje lichoběžníky blízké čtvercům. Těmto "čtvercům" je pak přiřazeno čtyřmístné číslo podle sloupců a řádek, počítaných od severu k jihu a od západu k východu. (viz http://www.biblioteka.cz/Pages/Lokality/MapovaPole_MapoSiteCR.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1). Jednotlivé čtverce pro dané území, které jsou označeny číselným kódem, byly také zapsány do excelovského souboru. Ověření výskytu bylo prováděno v pozdním odpolední a těsně před setměním, jelikož v tomto časovém rozsahu je možné zaznamenat zpěv samců.

V druhé části testování byly vybrány lokality dvě, jedna lokalita byla vždy v místě, kde jsme předpokládali výskyt krtonožky a druhá byla vybrána náhodně v okruhu několika kilometrů vždy od té první. Testovali jsme tyto dvě lokality na výskyt krtonožky. Ostatní parametry byly stejné jako u jednotlivých lokalit, jako jsou například faunistické pole, GPS atd.

4.7 Ověření výskytu dle internetových zdrojů

Prohledali jsme internet za pomoci klíčových slov, jako jsou: krtonožka, škody působené krtonožkou, krtonožka na zahrádce, škůdci v lesních školkách, škůdci na zahrádce, škody na zelenině, našel jsem krtonožku, pomoc při škodách krtonožkou, krtonožka obecná likvidace, krtonožka rozmnožování, jak chytit krtonožku. V první části našeho výzkumu jsme se zaměřili na konkrétní nálezy krtonožky od občanů, kteří zaznamenali místo, kde krtonožku našli a doložili fotografií. V druhé části jsme se zaměřili na škody působené krtonožkou na zahrádkách a vytvořili jsme soupis lidí, kteří si stěžovali na škody, které jim krtonožka páchá.

5 Výsledky

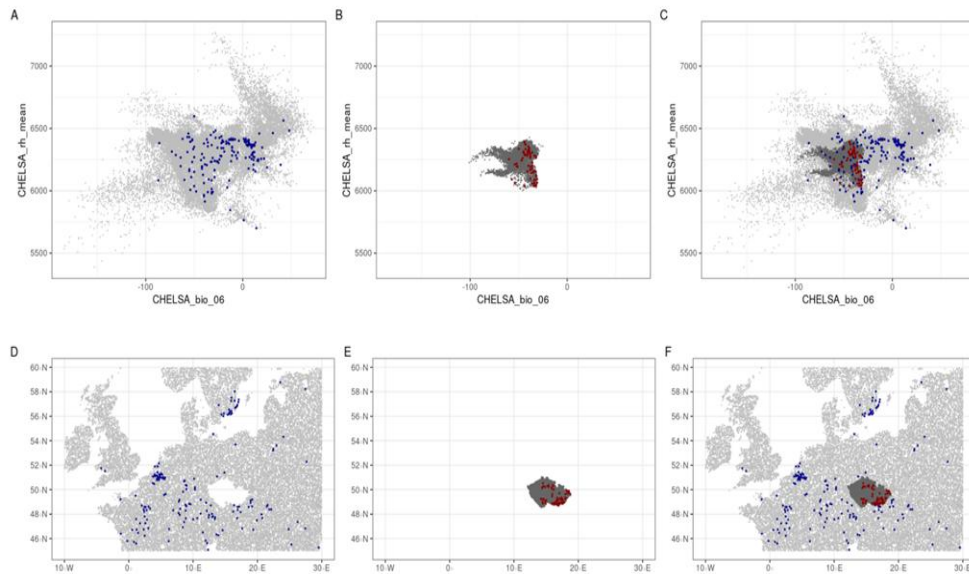
5.1 Údaje o výskytu krtonožek

Po filtrování dat, jsme použili 162 trénovacích a 63 testovacích lokalit. Na základě VIF analýzy (variance inflation factor) jsme odstranili 5 ze 13 environmentálních proměnných. Vysvětlující proměnné byly minimální teplota nejchladnějšího měsíce, Thornthwaitův index aridity, průměrná humidita, minimální teplotou nejteplejšího měsíce, půdní typy fluvisoly a glejosoly, topografický index a hloubka podzemní vody. Test ExDet neprokázal žádné nové prostředí v projekční oblasti (průměr = 0,01, sd = 0,008). Vybraný model zahrnoval funkce beta 2 a "LQT". Nejdůležitější proměnné pro model byly minimální teplota nejchladnějšího měsíce (43 %), střední relativní vlhkost (16 %) a Thornthwaitův index aridity (11 %) (viz Tab. 2.).

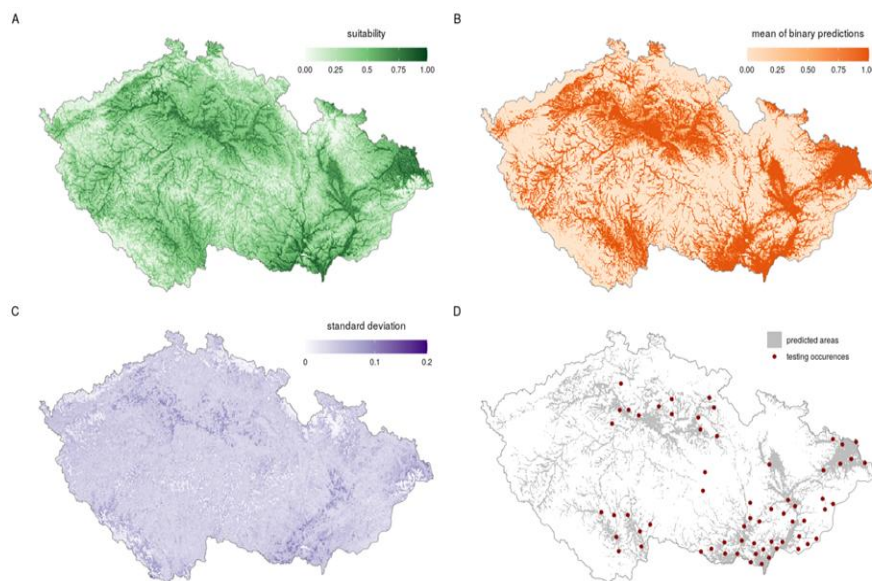
Tabulka č. 2: Průměrný permutační příspěvek proměnné podle parametru Maxent.

Proměnné prostředí	Permutační příspěvek (%)
Minimální teplota nejchladnějšího měsíce	43
Průměrná relativní humidita	16
Thornthwaitův index aridity	11
Fluvisoly	9
Topografický index	8
Minimální teplota nejteplejšího měsíce	6
Hloubka podzemní vody	5
Glejosoly	1

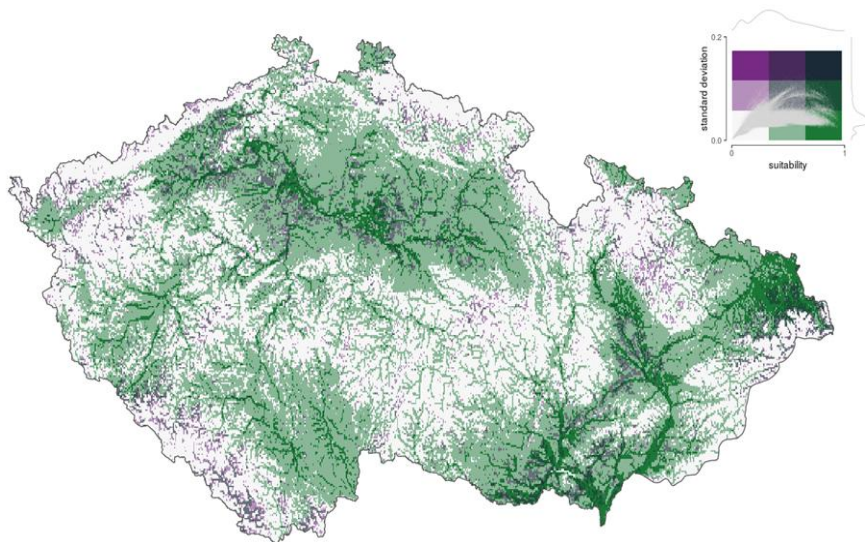
Výsledky ověřovacích testů byly následující: Boyceův index 0,86 (sd 0,08), SEDI 0,62 (sd 0,07) a citlivost 0,77 (sd 0,1) s prahovou hodnotou 0,55 (sd 0,1). Naopak nezávislé ověřovací testy ukázaly Boyceův index 0,81 (sd 0,11), SEDI 0,61 (sd 0,02) a citlivost 0,81 (sd 0,08) s prahovou hodnotou 0,43 (sd 0,04). Střední predikce binárního souboru má hodnotu SEDI 0,56 a signifikantní binomický test ($p < 0,001$) hodnotu 59 % úspěšně predikovaných přítomností (tj. citlivost 0,59) v predikované oblasti a 18 % v testované oblasti. Kontinuální predikce souboru AUC ukazuje Boyceův index 0,96.



Obrázek č. 1: Vizualizace studované oblasti a míst výskytu v environmentálním (A-C) a geografickém (D-F) prostoru. Světle šedá - tréninkové body; tmavě šedá - body pro testování; modrá - výukové události; červená - výskyty testování. Prostor prostředí je definován dvěma proměnnými s větším významem v modelech Maxent.



Obrázek č. 2: A - model souboru vážený podle AUC: 0 - nejméně vhodný; 1 - nejvhodnější. B -průměrný model souboru binárních výstupů prahové hodnoty: 0 - výsledky všech modelů 0; 1 - výsledky všech modelů 1. C - nejistota vyjádřená směrodatnou odchylkou: 0 - nejméně nejistá - shoda všech modelů. D - model souboru představovaný shodou všech binárních výstupů: šedá - predikovaná oblast se střední hodnotou 1; červené body – testované lokality.



Obrázek č. 3: Bivariační mapa spojitě predikce (osa x legendy) a nejistoty představované standardní odchylkou (osa y legendy). Mraky bodů a hustoty představují distribuci hodnot v oblasti. Boyceův index, index symetrické extrémální závislosti (SEDI), citlivost a binomický test.

5.2 Ověření výskytu druhu pomocí poslechu zpěvu samců

Tabulka č. 3: Ověření poslechu zpěvu samců na vybraných lokalitách.

Jsou zde zapsány faunistická pole, název lokality, GPS souřadnice, datum ověření výskytu a pozorování.

Číslo předpokládaného výskytu	Lokalita	GPS	Datum ověření výskytu	Pozorování	
1.	5957	Brankovice	50°02'48.1"N 15°11'17.6"E	23.05.2020	zpozorována
2.	5960	Pardubice VI	50.0429736N, 15.6623550E	26.05.2020	x
3.	5652	Lužec nad vltavou	50.3212983N, 14.3880392E	28.05.2020	x
4.	5856	Poděbrady III	50.1502903N, 15.1458864E	29.05.2020	zpozorována
5.	5960	Rybitví	50.0634692N, 15.6793153E	31.05.2020	x
6.	5760	Mžany	50.2970886N, 15.6792533E	01.06.2020	zpozorována
7.	5961	Sezemice	50.0713756N, 15.8526819E	05.06.2020	zpozorována
8.	5754	Stará Boleslav	50.2082486N, 14.6753000E	06.06.2020	x
9.	5856	Drahelice	50.1757503N, 15.0050028E	08.06.2020	zpozorována
10.	5451	Terezín	50.5118539N, 14.1608717E	10.06.2020	x

Tabulka znázorňuje vybrané lokality (v našem případě zahrádkářské kolonie), které byly vytipovány k ověření výskytu v oblasti potencionálního výskytu krtonožky obecné. Z tabulky je patrné, že na 5 lokalitách byla zaznamenána přítomnost krtonožky a na zbylých 5 se přítomnost neprokázala.

V případě druhé tabulky jsou zapsána stejná data jako u tabulky číslo 1, s tím rozdílem, že zde studujeme vždy dvě lokality. U jedné lokality je vždy předpokládaný výskyt a druhá je

vybrána náhodně, a to v okruhu několika kilometrů vždy od té první. Lokality jsou opět vybrány jako zahrádkářské kolonie. Tabulka ukazuje, že je zde pouze jediný záznam o přítomnosti krtonožky.

Tabulka č. 4: Ověření poslechu zpěvu samců na dvou vybraných lokalitách.

Číslo dvoulokality	Lokalita	GPS	Datum	Předpoklad výskytu	Pozorování	
1.	5550	Budyně nad Ohří	50.4042725N, 14.1259072E	20.06.2020	ano	nezpozorována
	x	x	x			x
	5650	Pohořice	50.3750219N, 14.1536828E	21.06.2020		zpozorována
2.	5550	Libochovice	50.4062636N, 14.0443875E	24.06.2020	ano	nezpozorována
	x	x	x			x
	5650	Libochovice	50.3840503N, 14.0288786E	25.06.2020		nezpozorována
3.	5648	Louny	50.3569886N, 13.7966747E	27.06.2020	ano	nezpozorována
	x	x	x			x
	5648	Louny	50.3327289N, 13.8121356E	28.06.2020		nezpozorována
4.	5747	Měcholupy	50.2666633N, 13.5373694E	30.06.2020	ano	nezpozorována
	x	x	x			x
	5647	Želeč	49.3183372N, 14.6466311E	01.07.2020		nezpozorována
5.	5645	Kadaňská Jeseň	50.3665722N, 13.2637372E	03.07.2020	ano	nezpozorována
	x	x	x			x
	5743	Vysoká	50.2548372N, 12.9022994E	04.07.2020		nezpozorována

5.3 Ověření výskytu druhu pomocí internetových zdrojů

Tabulka č. 5: Nálezy krtonožky obecné zaznamenané na internetu.

	Lokalita	Datum	Zdroj
1.	Týn nad Vltavou	25.08.2020	https://www.facebook.com/groups/bezobratli/permalink/1061722654230305
2.	Znojensko	02.05.2020	https://www.facebook.com/groups/bezobratli/permalink/978740892528482
3.	Mikulov, ulice Žižkova	12.5.2019	https://www.facebook.com/groups/73966889368/permalink/10157740079274369
4.	břeh řeky Moravy	22.06.2014	https://www.poradte.cz/zvirata/6474-nevi-nekdo-co-je-to-za-druh-hmyzu.html
5.	Jižní Čechy okr. ČB	25.06.2019	https://www.poradte.cz/zvirata/11042-co-je-to-za-hmyz.html
6.	Hradčovice, Zlínský kraj		https://www.picuki.com/media/1534721124313662833
7.	Karlovarský kraj	07.09.2020	https://otisdavis.rajce.idnes.cz/2020-09-07_Krtonozka
8.	luzní lesy v okolí soutoku Moravy a Dyje	21.04.2020	https://www.facebook.com/groups/bezobratli/permalink/971154146620490
9.	Zlatá Olešnice	01.10.2020	https://www.facebook.com/groups/bezobratli/permalink/1117053805363856
10.	České Budějovice, Jihočeský kraj	19.07.2020	https://www.facebook.com/groups/bezobratli/permalink/1012447319157839
11.	České Budějovice, U ZŠ v Suchém Vrbném	26.05.2020	https://www.facebook.com/groups/bezobratli/permalink/731926450543262
12.	Ostravsko	08.07.2020	https://www.facebook.com/groups/bezobratli/permalink/759449384457635
13.	koupaliště Konětopy	13.06.2019	https://www.facebook.com/groups/bezobratli/permalink/743645399371367
14.	Hodonín	02.05.2020	https://www.facebook.com/groups/bezobratli/permalink/978466919222546
15.	Kostelecká Lhota	25.05.2013	https://www.youtube.com/watch?v=K-BErosvdok
16.	Jihomoravský kraj	24.05.2020	https://www.facebook.com/groups/1705300462851932/permalink/2851836384864995

Tato tabulka ukazuje konkrétní nálezy krtonožky uveřejněné občany. Každý zdroj je doložen fotografiemi krtonožky a lokalitou, kde byla zaznamenána. V tabulce je zaznamenán výskyt krtonožky na 16 lokalitách.

Tabulka č. 6: Škody působené krtonožkou na zahrádkách zaznamenané na internetu.

	Počet lidí kteří zaznamenali výskyt	Zdroj
1.	5	https://www.chytej.cz/forum/756/krtonozka/?page=1
2.	13	https://skudci.com/krtonozka-obecna
3.	19	https://www.zahrada.cz/forum/skudci/krtonozka-07162/?stranka=5
4.	3	https://www.poradte.cz/vyhledej/?q=krtono%C5%B8ka
5.	1	https://www.babyonline.cz/diskuzni-klub/domacnost-zahrada-chalupareni-rostliny?url=krtonozka-jak-ji-zlikvidovat-rychle-nehu-1068829
6.	3	https://www.mrk.cz/diskuse.php?id=6335&page=1
7.	1	http://www.chovzvirat.cz/zvire/1391-krtonozka-obecna/
8.	1	https://www.bioagens.eu/krtonozka-na-zahrade

Poslední tabulka znázorňuje 8 internetových zdrojů, kde si konkrétní lidé stěžují na škody, které jim krtonožka páchá. Na několika diskuzních fórech jsou to dokonce až desítky škod na zahrádkách i zahradách. Je zde znázorněno, že za posledních 10 let si téměř 50 zahrádkářů stěžovalo na škody krtonožkou.

Oproti zahrádkám, na kterých krtonožka páchá poměrně velké škody, jsme zaznamenali pouze dvě zmínky o škodách v lesních školkách, a to jsou lesní školka Osvětimany (http://www.ldosvetimany.cz/provoz_skolka.html) a lesní školka u Moravského Písku (HOLUŠA et KOČÁREK, 2013).

6 Diskuze

Pomocí Ecological niche model jsme nasimulovali vhodné podmínky a oblasti pro výskyt krtonožky obecné. Model je založen na faktorech teploty (minimální teplota nejméně chladnějšího a nejteplejšího měsíce), vlhkosti (průměrná humidita, Thornthwaitův index aridity, hloubka podzemní vody), a typu půd (fluvisoly, gelysoly, topografický index). Potencionální areál je největší na Moravě, především v jižní a střední části, a dále v nižších polohách severní Moravy a Slezska. V Čechách se nejvhodnější podmínky vyskytují především v Polabí a jižních Čechách. V oblastech potencionálního výskytu jsme ověřili výskyt krtonožky na řadě lokalit, což potvrzuje správnost modelu.

Krtonožka je vlhkomilný druh citlivý na chlad (HAHN, 1958), proto krtonožka dosahuje nejvyšší početnosti ve středomořském klimatu (Itálie a jižní Francie) (ALONSO et HERRERA, 1828). Ale i podnebí některých regionů České republiky krtonožce vyhovuje, protože klima ČR je přechodné mezi oceánským a kontinentálním s převahou západních větrů, časté střídání jednotlivých frontálních systémů a poměrně hojným srážkám (<https://www.in-pocasi.cz/archiv/klima.php>).

Potencionální výskyt krtonožky na Moravě takřka identicky souvisí s výskytem zjištěným v období velké početnosti v letech 1941-1944. (ovšem v její okleštěné variantě v rámci Protektorátu Čechy a Morava) V červnu a červenci 1944 jeden pracovník byl schopen nalézt a zničit za 6-8 hodin 50-150 hnízd (ROZSYPAL, KRATOCHVÍL, 1945). Autoři také velice trefně vysvětlují zákonitosti výskytu a absenci, či nízkou početnost, v některých, i když nížinných oblastí (jako např. Boskovická brázda) Moravy. Příčinou jsou mělké půdy na pevném skalním podkladu. Krtonožky potřebují ke svému vývoji půdy hluboké, alespoň 1-2 metrů. Mimo to jsou mnohé půdy této oblasti příliš hrubě písčité, takže i když je hloubka dostatečná, krtonožka tam nežije proto, že tam nemůže stavět svá hnízda. Krtonožka ke stavbě hnízd potřebuje země těžké a vazké, a to aspoň ve hloubce pod zemním povrchem, kam až mohou krtonožky proniknout. Ale i tam, kde jsou v této části půdy hluboké nebo jinak výhodné, bývají buď přespříliš suché (Hrotovicko, Moravsko budějovicko) nebo příliš vlhké (svahové nebo slatinné půdy Vysočiny) (ROZSYPAL, KRATOCHVÍL, 1945).

Preference vhodných typů půd je tedy jedním z klíčových faktorů pro výskyt krtonožky, a proto fluvisoly a glejosoly byly v modelu signifikantní. Krtonožka je adaptována na podzemní život, kde vytváří podzemní tunely, které slouží pro krmení, ochranu a páření (BAILEY et al., 2015). Z tohoto důvodu jsou její nároky na půdní prostředí poměrně vysoké. Krtonožka jako mírně hygrofilní druh se vyskytuje převážně ve vlhčích biotopech (HARZ,

1957). Sice podle BEIERA et HEIKERTINGERA (1954) sice dává přednost sušším lokalitám s kyprými půdami, ale i tito autoři komentují, že dokáže žít poblíž vodních toků, kde je díky své stavbě těla velice dobře chráněná před vlhkostí. Pravdou je, že potřebuje kypré, čerstvé až vlhké půdy, dobře prohrabatelné písčité nebo jílovité půdy. Krtonožky ovšem netolerují trvale zamokřené půdy nebo naopak suché písčité půdy, které neumožňují vykopání dlouhodobých chodbiček (WAEBER, 2003). Druh se však dokáže adaptovat i na velmi vlhké lokality díky své schopnosti plavat, a dokonce se potápět. FIGUER (1892) zmiňuje, že tunely musí být vykopány také v takových půdách, aby odolaly působení deště. Dalším z faktorů, proč krtonožka vyhledává vlhká stanoviště, může být nezbytná vlhkost pro vývoj vajíček. Dle HAHNA (1958) embryo potřebuje pro svůj vývoj vysokou vlhkost půdy a teplotu v hnízdě mezi 15-17 °C, imaga mohou teplotu půdy snést nad 0°C, umírají již při snížení teploty o 1°C. Proto se ověřil náš předpoklad, že nejnižší teploty nejteplejšího měsíce v měsících kladení vajíček byly významné. Na druhé straně krtonožky nesnášejí pokles teplot pod nulu (HAHN 1958), proto jsou rovněž významné nejnižší zimní teploty. DENZEL (1998) uvádí, že krtonožka v Bádensko-Wuttembersku obývá všechny teplé nížiny. Dle TIEFENBRUNNERA (1989) preferuje mírně vysoké teploty (21 °C).

Z našich výsledků vyplývá, že krtonožkou recentně osídlené oblasti se nacházejí v klimaticky příznivých nížinách až středních polohách s půdami dobře zásobenými vodou. O výskytu krtonožek rozhoduje v půdách jinak výhodných hloubka spodních vod během roku. Krtonožky musí totiž během celého roku mít přístup ke spodní vodě, zvláště však v suchých obdobích. Na druhé straně nesmí výkyvy spodních vod dosáhnout příliš vysoko povrchu země, neboť by krtonožky byly vyplaveny, zvláště od podzimu do jara přezimují krtonožky v půdy v hloubce od 1,5-2 m, někdy i hlouběji (ROZSYPAL, KRATOCHVÍL, 1945). Ovšem některé předpovědi výskytu, které nám model ukazuje, nemusí být shodné se skutečným výskytem druhu, protože na dané lokalitě nemusí být přítomen vhodný biotop. Jen menší podíl naší krajiny je tvořen plochami pokrytými lesy, travními porosty, vodní a močálovou vegetací, které reprezentují hlavní biotopy živočichů. Naopak zemědělská intenzivně využívaná část krajiny a oblasti technicko-urbanistické struktury, jsou natolik změněny, že nejsou vhodné pro výskyt většiny živočichů (MILKLÓS, IZAKOVIČOVÁ, 1997). Nejideálnější pro výskyt krtonožky jsou proto zahrady a drobné zahrádkářské kolonie splňující veškeré faktory, které krtonožka ke svému životu potřebuje. Proto jsou sady a zahrady velmi důležitými sekundárními biotopy (WAEBER, 2003). V souvislých lesních porostech krtonožky nežijí (ROZSYPAL, KRATOCHVÍL, 1945).

Na základě studie a zhodnocení výsledků jsme potvrdili výskyt krtonožky obecné na více než polovině námi vytipovaných a studovaných oblastí v Polabí. Vytipované lokality v našem případě jsou zahrádkářské kolonie. Při studování párových lokalit (jedné v oblasti s předpokladem výskytu a druhé vybrané náhodně v okruhu několika kilometrů) v oblasti Poohří, byl potvrzen výskyt pouze v jednom případě v potencionálně vhodné oblasti. Částečně to napovídá, že model není ve zmiňované oblasti zcela spolehlivý nebo zde existují další faktory, jako např. chemická obrana, která krtonožky uměle decimuje. Neznali jsme ani jedinou lokalitu použitou pro testovací dataset z této oblasti.

Z naší studie vyplývá, že se krtonožka stále více uchyluje do zahrádkářských kolonií, kde jsou nejideálnější podmínky pro rozvoj její populace. Současné velkoplošné zemědělství s hlubokou orbou nevytváří ideální podmínky přežití krtonožky. Zemědělské oblasti jsou pro krtonožku nevhodným životním prostorem, neboť s narůstající intenzitou zemědělství, a stále se vyvíjejícími zemědělskými technikami, se toto prostředí stává pro krtonožku neobyvatelné (WAEBER, 2003). DENZEL (1998) zmiňuje, že životní prostor pro krtonožky mimo zahrady se také zmenšuje vlivem meliorací, protože dochází ke zhutňování půdy. Proto dochází k poklesu výskytu krtonožek v intenzivně obhospodařovaných lokalitách. Proto se krtonožka vyskytuje stále častěji tam, kde se nepoužívá chemie a hluboká orba, proto je její výskyt koncentrován převážně na zahradách a zahrádkách (DENZEL, 1998).

V naší práci jsme se také zaměřili na ověření výskytu druhu pomocí internetových zdrojů, kde jsme zjistili výskyt krtonožky na 16 různých lokalitách. V případě škod, které byly způsobené krtonožkou na zahrádkách jsme zjistili, že za posledních 10 let si téměř 50 zahrádkářů stěžovalo na škody krtonožkou. Krtonožka se živí širokou škálou různých plodin a narušují půdní povrch svým hrabáním. V zemích, kde se krtonožka hojně vyskytuje, je považována za opravdového škůdce, protože poškozují obiloviny, luštěniny, vytrvalé trávy, brambory, zeleninové plodiny, řepu, slunečnice, tabák, konopí, len a jahody (MATHENY et al., 1981, WALKER at NGO, 1982, SCHUSTER et PRICE, 1992). Značným problémem může být také ve školkách, kde mohou být poškozeny mladé rostliny, poškozují kořeny vinné révy, ovoce a dalších stromy. Kontrolní opatření mohou zahrnovat hlubokou podzimní orbou, ošetření půdy mezi řádky plodin, odchytů během zimy, pesticidy, jedové návnady nebo fumigaci půdy (http://www.agroatlas.ru/en/content/pests/Gryllotalpa_gryllotalpa/).

I když je krtonožka tradičně uváděna jako škůdce v lesních školkách (GODAN, 1964) zjistili jsme jen dva odkazy, kde jsou recentně škody zmiňovány, a to v lesní školce Osvětimany (http://www.ldosvetimany.cz/provoz_skolka.html) a lesní školce u Moravského Písku (HOLUŠA, KOČÁREK, 2013). To ovšem neznamená, že se jedná o úplný výčet

lokalit. Je velmi pravděpodobné, že vlastníci školek nemají zájem o zveřejňování škod. V přehledech o výskytu škůdců v lesích, není krtonožka zmiňována ani jednou (vulhm.cz). na Slovensku, avšak jen jednou (KUNCA, 2018). Nicméně, i kdyby krtonožka působila škody v řádově vyšším počtu školek, bude se jednat o malý podíl lesních školek. K 31. 12. 2019 se zabývalo 245 právnických a fyzických osob ve 291 školkařských provozovnách. Celková plocha školkařských provozů k 31. 12. 2019 byla 1 844,57 ha, z toho bylo 1 391,86 ha produkční plochy. Bylo evidováno 1 358,90 ha volných venkovních ploch, 2,81 ha skleníků, 24,55 ha fóliovníků a 5,60 ha pařenišť (http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/zelenazprava/Z_Z_2019.pdf).

I lesní školky mohou být provozovány na stanovištích vhodných pro výskyt krtonožek (WEBER 2003). Pokud se jedná o takovou lokalitu výskyt krtonožky, bude trvalý (jako ve zmiňovaných dvou školkách) a škody se mohou opakovat či být chronické. Navíc obrana je komplikovaná a povolené metody nemusejí být účinné (HOLUŠA, KOČÁREK, 2013).

7 Závěr

Pomocí Ecological niche model jsme definovali oblasti vhodné pro výskyt krtonožky obecné. Hlavními vysvětlujícími proměnnými jsou teploty, vlhkost a typ půd. Oblast výskytu se nemění, ale početnost krtonožek výrazně poklesla.

Ve vhodných oblastech musí ovšem existovat drobné zahrádky s jednoduchým managementem bez hluboké orby, které zajišťují výskyt krtonožek.

Krtonožky jsou pravděpodobně marginální problém v lesních školkách, to ovšem neznamená, že na vhodných lokalitách nebudou působit trvalé škody. Protože obrana je komplikovaná, nejlepší prevencí je nezakládat školky na místech potenciálního výskytu krtonožek.

8 Použité zdroje

AIELLO, L.; MATTHEW, E.; BORIA, A. R.; RADOSAVLJEVIC, A.; VILELA, B.; ANDERSON, P. R. (2015): "Thin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models." *Ecography* 38.5 541-545. <https://doi.org/10.1111/ecog.01132>

ALONSO, M.; HERRERA M. L. (1982): Nueva aportación para el conocimiento de los ortópteros de Navarra. *Graellsie* 38: 3-19.

AMATULLI, G.; MCINERNEY, D.; SETHI, T.; STROBL, P.; DOMISCH, S. (2020): Geomorpho90m, empirical evaluation and accuracy assessment of global high-resolution geomorphometric layers." *Scientific Data* 7.1 1-18. doi: 10.1038/s41597-020-0479-6

AOPK ČR (2011): Nálezová databáze ochrany přírody. [on-line elektronická georeferencovaná databáze; portal.nature.cz]. Verze 2011. Praha. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. [cit 2011-5-10]. Výskyt a rozšíření druhů živočichů, rostlin a hub na území ČR

BAILEY, D. L.; HELD, D. W.; KALRA, A.; TWARAKAVI, N.; ARRIAGA, F. (2015): Biopores from mole crickets (*Scapteriscus* spp.) increase soil hydraulic conductivity and infiltration rates. *Appl. Soil Ecol.* 94, 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.04.011>.

BEIER, M.; HEIKERTINGER, F. (1954): Grillen und Maulwurfsg Grillen. *Neue Brehm-Bücherei*, Heft 119. Wittenberg.

BERGER, H. K. (1984): Tobacco growing in Austria cultivation and infestation by harmful organisms. (Tabakanbau in Österreich - über Kultur und Schädlingsbefall.). *Pflanzenarzt.* 37 (7), 111-112.

BEYER, S.; KLINGER, S. (1992): Heuschrecken-Kartierung im Naturschutzgebiet Bischofsau (Landkreis Coburg). - Unveröff. Bericht im Auftrag der Reg. von Oberfranken, 23 S.

BIOAGENS (2021): BIOAGENS - biologická ochrana rostlin. Dostupné z: WWW <<http://www.bioagens.eu/ferramol-1-kg>>

BOYCE, M. S.; VERNIER, P. R.; NIELSEN, S. E.; SCHMIEGELOW, F. K. A. (2002): Evaluating resource selection functions. *Ecol. Modell.* 157, 281–300 doi:10.1016/S0304-3800(02)00200-4

BRODZIAK, Ł.; GŁOWACKA, B.; HILSZCZAŃSKI, J.; JABŁOŃSKI, T.; ŁUKASZEWICZ, J.; SKRZECZ, I.; TARWACKI, G. (2013): *Metodyka integrowanej ochrony drzewostanów iglastych*. Instytut badawczy leśnictwa Sękocin

BROZA, M.; BLONDHEIM, S.; NEVO, E. (1998): New species of mole crickets of the *Gryllotalpa gryllotalpa* group (Orthoptera: *Gryllotalpidae*) from Israel, based on morphology, song recordings, chromosomes and cuticular hydrocarbons, with comments on the distribution of the group in Europe and the Mediterranean region. *Systematic Entomology* 23: 125–135. doi: 10.1046/j.1365-3113.1998.00048.x

СЕРГЕЕВА, Т. П.; БИНТЯЙ, А. А.; ЛАЗАРЬ, А. С. (2017): "Сообщества прямокрылых (Orthoptera) переходных зон экологически различающихся рядов биогеоценозов заповедных территорий" / Изучение и реабилитация экосистем / «Экологический вестник» : научно-практический журнал., № 2 40: 34-42

DENZEL, P. (1998): *Die Heuschrecken Baden-Württembergs*. - Stuttgart, Ulmer; 580 S.

DI COLA, V.; BROENNIMANN, O.; PETITPIERRE, B.; BREINER, T. F.; D'AMEN, M.; RANDIN, CH.; ENGLER, R.; POTTIER, J.; PIO, D.; DUBUIS, A.; PELLISSIER, L.; RUBÉN, G. M.; HORDIJK, W.; SALAMIN, N.; GUIBAN, A. "ecospat: an R package to support spatial analyses and modeling of species niches and distributions." *Ecography* 40.6 (2017): 774-787. <https://doi.org/10.1111/ecog.02671>

DOLEJŠÍ, A. (1982): *Zelenina na zahrádce*, 1. vydání Praha: Statní zemědělské nakladatelství, 220 s. ISBN 07-082-82.

EADES, D.; OTTE, D.; CIGLIANO, MM.; BRAUN, H. (2016): *Orthoptera Species File*. Version 5.0/5.0. <http://orthoptera.speciesfile.org/HomePage/Orthoptera/HomePage.aspx> [2016.02.15]

FABER, A. (1928): Die Bestimmung der deutschen Geradflügler (Orthopteren) nach ihren Lautäußerungen. - *Z. wiss. Insektenbiol.* 23: 209-234.

- FAN, Y. G.; MACHO, M. M.; JOBBÁGY, G. E.; JACKSON, B. R.; OTERO, C. C. (2017): Hydrologic regulation of plant rooting depth, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol 114, No 40, 10572–10577, doi: 10.1073/pnas.1712381114.
- FARTMANN, T. (1997): Biozöologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna auf Magerrasen im Naturpark Märkische Schweiz (Ostbrandenburg).-In: MATTES, H. (Hrsg.): Ökologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna in Brandenburg und Westfalen.-Arbeiten aus dem Inst. f. Landschaftsökologie Westfälische Wilhelms-Universität, Bd. 3, Münster: 1-62.
- FERRO, C.; STEPHENSON, D. (2011): Extremal dependence indices: Improved evaluation measures for deterministic forecasts of rare binary events. *Weather and Forecasting* 26(5): 699–713. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-10-05030.1>
- FLÜGEL, H. J. (2010): Wiederfund der Werre *Gryllotalpa gryllotalpa* (L., 1758) an der Werra bei Heringen (Nordosthessen) und weitere Heuschreckennachweise aus dem Landkreis Hersfeld-Rotenburg. *PHILIPPIA* 14(2): 129-134
- FIGUIER, L. (1892): *The Insect World. A New Edition Revised and Corrected by P. Martin Duncan*, p. 296.
- FISCHER, L. H. (1848): Über einige Orthopteren Freiburgs. *Entomol. Ztschr. Stettin* 9: 223-224
- FRUTSCHI, B.; GUTT, F.; STÜSSI, S. (2014): *Pflanzenschutz im Gartenbau Grundlagen zum Erwerb der Fachbewilligung. JardinSuisse, Aarau; Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. ISBN 3-9522576-4-8*
- FYODOROVA, A.; ZHANTIEV R. D.; GOKHMAN V. E.; (1991): Karyotypes of the mole-cricket (orthoptera, gryllotalpidae) of the european part of the USSR and the caucasus, *Biological Faculty, State University of Moscow*
- GODAN, D. (1964): Untersuchungen über den Einfluß tierischer Nahrung auf die Vermehrung der Maulwurfsgrille (*Gryllotalpa gryllotalpa* L.).-*Z. Angew. Ent.* 51: 207-224.
- GODAN, D. (1967): Die Nahrung der Maulwurfsgrille und ihr Einfluß auf Massenwechsel und Bekämpfung. *Mitt. Dtsch. Entomol. Ges.* 26(4): 55-59.

- GOMBOC, S.; ŠEGULA, B. (2014): Pojoče kobilice Slovenije/Singing Orthoptera of Slovenia. Napevi/Songs. EGEA, Zavod za naravo, Ljubljana. 240 stran, ISBN: 978-961-93692-0-3
- GOROCHOV, A. (1993): Grylloidea (Orthoptera) of Saudi Arabia and adjacent countries. Fauna of Saudi Arabia. Ciba-Geigy Ltd., Basle, 13: 79–97.
- GREIN, G. (1990): Zur Verbreitung der Heuschrecken (Saltatoria) in Niedersachsen und Bremen. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 6/90: 10(6): 133-196.Hannover
- HAHN E. (1958): Untersuchungen über die Lebensweise und Entwicklung der Maulwurfsgrille (*Gryllotalpa vulgaris* Latr.) im Lande Brandenburg. DOI: 10.21248/contrib.entomol.8.3-4.334-365
- HARZ, K. (1957): Die Geradflügler Mittel-europas.-Jena, Guetav Fischer, 494 S
- HARZ, K. (1960): Geradflügler oder Orthopteren (Blattodea, Mantodea, saltatoria, Dermaptera). - In: DAHL, F. (Hrsg): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise. 46. Teil. Jena, Gustav Fischer. 232 S.
- HAYASHI, Y.; YOSHIMURA, J.; DEREK, A. R.; KUMITA, T.; SHIMIZU, A. (2018) Four types of vibration behaviors in a mole cricket, PLoS ONE, 10.1371/journal.pone.0204628, 30304041
- HAYSLIP, N. C. (1943): Notes on biological studies of mole crickets at plant city, Florida. Florida Entomologist 26, 33–46.
- HIRZEL, A. H.; LE LAY, G.; HELFER, V.; RANDIN, C.; GUISAN, A. (2006): Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. Ecological Modelling 199: 142–152. doi:10.1016/j.ecolmodel.2006.05.017
- WAEBER. G. (2003) Heuschrecken in Bayern. Helmut Schlumprecht, 480 S., 312 Grafiken, 170 Farbfotos, 91 Karten, geb. ISBN 978-3-8001-3883-2.
- HENGL, T.; MENDES, J.; HEUVELINK, G. B. M.; GONZALEZ R. M.; KILIBARDA, M.; BLAGOTIĆ, A.; SHANGGUAN W.; WRIGHT, M. N.; GENG, X.; BAUER-MARSCHALLINGER, B.; GUEVARA A. M.; VARGAS, R.; MACMILLAN, A. R.; BATJES, H. N.; LEENAARS, G. B. J.; RIBEIRO, E.; WHEELER, I.; MANTEL S.;

KEMPEN, B. (2017): "SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning." PLoS one 12.2: e0169748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>

HEUSINGER, G. (1988): Heuschreckenschutz im Rahmen des Bayerischen Arten- und Biotopschutzprogrammes - Erläuterungen am Beispiel des Landkreises Weißenburg-Gunzenhausen. Beiträge zum Artenschutz 6: 7-31. München.

HOCHKIRCH, A.; NIETO, A.; GARCÍA CRIADO, M.; CÁLIX, M.; BRAUD, Y.; BUZZETTI, F. M.; CHOBANOV, D.; ODÉ, B.; PRESA ASENSIO, J. J.; WILLEMSE, L.; ZUNA-KRATKY, T.; BARRANCO VEGA, P.; BUSHELL, M.; CLEMENTE, M. E.; CORREAS, J. R.; DUSOULIER, F.; FERREIRA, S.; FONTANA, P.; GARCÍA, M.D.; HELLER, K-G.; IORGU I. Ş.; IVKOVIĆ, S.; KATI, V.; KLEUKERS, R.; KRISTÍN, A.; LEMONNIER-DARCEMONT, M.; LEMOS, P.; MASSA, B.; MONNERAT, C.; PAPAPAVLOU, K. P.; PRUNIER, F.; PUSHKAR, T.; ROESTI, C.; RUTSCHMANN, F.; ŞIRIN, D.; SKEJO, J.; SZÖVÉNYI, G.; TZIRKALLI, E.; VEDENINA, V.; BARAT DOMENECH, J.; BARROS, F.; CORDERO TAPIA, P. J.; DEFAUT, B.; FARTMANN, T.; GOMBOC, S.; GUTIÉRREZ-RODRÍGUEZ, J.; HOLUŠA, J.; ILLICH, I.; KARJALAINEN, S.; KOČÁREK, P.; KORSUNOVSKAYA, O.; LIANA, A.; LÓPEZ, H.; MORIN, D.; OLMO-VIDAL, J. M.; PUSKÁS, G.; SAVITSKY, V.; STALLING, T. AND TUMBRINCK, J. (2016): European Red List of Grasshoppers, Crickets and Bush-crickets. Luxembourg: Publications Office of the European Union, doi: <http://dx.doi.org/10.2779/60944>, ISBN 9789279617515

HOLUŠA, J.; KOČÁREK, P. (2013): Krtonožka obecná *Gryllotalpa gryllotalpa* (Linnaeus, 1758). Lesnická práce (13), Příloha I-IV

HOWARD, D. R.; HILL, P. S. M. (2006): Morphology and calling song characteristics in *Gryllotalpa major* (Orthoptera: Gryllotalpidae). Journal of Orthoptera Research 15: 53-57.

INGRISCH, S.; NIKOUEI, P.; HATAMI, B. (2006) A new species of mole crickets *Gryllotalpa* Linnaeus, 1758 from Iran (Orthoptera: Gryllotalpidae). Entomologische Zeitschrift 116(5): 195–202. ISSN : 0013-8843

INATURALIS (2020): California Academy of Sciences Dostupné z: WWW <<https://www.inaturalist.org>>

IN-POCASI. Klima České republiky [online]. Copyright © 2021, InMeteo, s.r.o. Dostupné z: WWW<<https://www.in-pocasi.cz/archiv/klima.php>>

IORGU, I. Ş.; IORGU, I. E.; PUSKÁS, G.; IVKOVIĆ, S.; BORISOV, S.; GAVRIL D. V.; CHOBANOV P. D. (2016): "Geographic distribution of *Gryllotalpa stepposa* in south-eastern Europe, with first records for Romania, Hungary and Serbia (Insecta, Orthoptera, Gryllotalpidae)." *ZooKeys* 605: 73-82. <https://doi.org/10.3897/zookeys.605.8804>

JAFARI, S.; KAZEMI, M. H.; LOTFALIZADEH, H. (2015) Acoustic burrow structures of European mole crickets, *Gryllotalpa gryllotalpa* (Orth.: Gryllotalpidae) in Northwestern Iran. *North-Western Journal of Zoology* 11(1): 58–61. http://biozoojournals.ro/nwjz/content/v11n1/nwjz_141206_Jafari.pdf

KARAEVA, V. SH. 1959; KLECHKOVSKII, E. R. 1967; KOBAKHIDZE, D. N. 1960; KRYZHANOVSKII, O.L. et DANTSIG, E.M., eds. 1972; SHCHEGOLEV, V.N., ZNAMENSKII, A.V. et BEI-BIENKO, G. YA. 1934; ZHANTIEV, R.D. 1991. Pests *Gryllotalpa gryllotalpa* (L.) - Common Mole Cricket [online]. Copyright © Ridex © 2003-2009, Dostupné z: WWW<http://www.agroatlas.ru/en/content/pests/Gryllotalpa_gryllotalpa/>

KARGER, N. D.; CONRAD, O.; Böhner, J.; KAWOHL, T.; KREFT, T.; SORIA-AUZA, W. R.; ZIMMERMANN, E. N.; LINDER, P. H.; KESSLER, M. (2017): Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Sci Data* 4: 170122 <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>

KAZEMI, M. H.; JAFARI, S.; LOTFALIZADEH, H. M.; MASHHADI-JAFARLOO, VAHDANI MANAF, N. (2012): Sound production in European mole cricket, *Gryllotalpa gryllotalpa* (L.) (Orthoptera: Gryllotalpidae) a north-western population of Iran. *Journal of Field Crop Entomology* 1: 1-10 [in Persian]

KERKHOF, W. (2007): Waarnemingen van de veenmol *Gryllotalpa gryllotalpa* in de duinen van noord-holland (orthoptera). – *Nederlandse faunistische mededelingen* 26: 27-30. ISSN 0169-2453.

KIM, I.; CHA, S.Y.; KIM, M.A.; LEE, Y.S.; LEE, K.S.; CHOI, Y.S.; HWANG, J.S.; JIN, B.R.; HAN, Y.S. (2007): Polymorphism and genomic structure of the A+T-Rich region of mitochondrial DNA in the oriental mole cricket, *Gryllotalpa orientalis* (Orthoptera: Gryllotalpidae). *Biochemical genetics* 45: 589-610.

KOČÁREK P., HOLUŠA J., VLK R., MARHOUL P. (2013): Rovnokřídli (Insecta: Orthoptera) České republiky. Academia, Praha, ISBN 978-80-200-2173-1

KRAFFT, A. F. (1712): Der Sowohl Menschen als Viehe Grausamen Thiere, schädlichen Ungeziefer Und Verderblichen Gewürmer Gantzliche Ausrottung Anderer Theil. Das ist: Eigentliche Beschreibung der in Deutschland unterschiedlichen Naturen, Arten, Begatt- und Fortpflanzung der Ungeziefer. Wie auch der sich allda aufhaltende reissender Thiere Naturen, Arten und Eigenschafften, als Bären. Nebst einem hierzu nöthigen Unterricht, wie dieses Ungeziefer zu des Menschen und Viehes Nutzen und Schaden zu gebrauchen, und dann wie solches zu fangen, oder gar auszurotten. Mit grosser Mühe und Fleiß zusammen getragen und allen Haus-Vätern, sowol in Städten, als auf dem Land wohnenden, zu wohl meinenden und nützlichen Bericht, heraus gegeben und mitgetheilet, Durch einen Liebhaber Oeconomischer Wissenschaften. Nürnberg: Verlegts Johann Leonhard Buggel.

KRIŠTÍN A., BENJAMÍN JARČUŠKA & PETER KAŇUCH (2020): An annotated checklist of crickets, grasshoppers and their allies (Orthoptera) in Slovakia. Zootaxa 4869 (2): 207–241 doi :10.11646/zootaxa.4869.2.3

KROEHLING, A. (2001): Die Maulwurfsgrille in Bayerns Gärten: Ergebnisse der Umfrage im "Gartenratgeber" vom November 1998.- Gartenratgeber 3/2001: 82-84.

KŘÍSTEK, J.; URBAN, J. (2013). Lesnická entomologie. 2. vydání. Praha: Academia. 448 s. ISBN 978-80-200-2237-0.

KUNCA A. (ED) (2011): Výskyt škodlivých činiteľov v lesoch Slovenska za rok 2010 a ich prognóza na rok 2011. Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 99 pp. ISBN 978 - 80 - 8093 - 219 - 0

KUNCA A. (ED) (2018): Výskyt škodlivých činiteľov v lesoch slovenska v roku 2016 A prognóza ich vývoja na rok 2017. Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 84 pp. ISBN 978 - 80 - 8093 - 232 – 9.

LINNAEUS, (1758): from Iran (Orthoptera: Gryllotalpidae). Entomologische Zeitschrift 116(5): 195–202.

LI, T. C.; SHAO, M. A.; JIA, Y. H.; JIA, X. X.; HUANG, L. M. (2018): Small-scale observation on the effects of the burrowing activities of mole crickets on soil erosion and hydrologic processes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 261, 136–143. Dostupné z: WWW. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.010>.

MALINOWSKI, H.; WORETA, D.; STOCKI, J. (1996): Problems of the occurrence and management of Melolonthinae in polish Forestry. In: Keller S. IOBC/WPRS Working Group "Integrated Control of Soil Pests" Subgroup "Melolontha" OILB/ SROP Groupe de Travail "Lutte Integree contre les Organismes du Sol" Sous-Groupe "Melolontha" Proceedings of the meeting Compterendu de la reunion. IOBC / wprs Bulletin Bulletin OILB / srop Vol. 19(2): 21-26.

MATHENY, E. L. (1981): Contrasting feeding habits of pest mole cricket species. *J. Econ. Entomol.* 74: 444-445.

MATHENY, E. L.; TSEDEKE, A.; SMITTLE, B. J. (1981): Feeding response of mole cricket nymphs (Orthoptera: Gryllotalpidae: *Scapteriscus*) to radiolabeled grasses with and without alternative foods available. *J. Georgia Entomol. Soc.* 16, 492–495.

MARTENS, J.M.; GILLANDT, L. (1985): Schutzprogramm für heuschrecken in Hamburg. - Naturschutz und Landschafts-pflege in Hamburg, Schriftenreihe der Umweltbehörde 10, 56 S.

MESGARAN, M. B.; Roger, D. Cousens,; Bruce, L. W. (2014): "Here be dragons: a tool for quantifying novelty due to covariate range and correlation change when projecting species distribution models." *Diversity and Distributions* 20: 1147-1159. doi :10.1111/ddi.12209

MIKLÓS, L.; IZAKOVIČOVÁ, Z. (1997): Krajina ako geosystém. Bratislava: VEDA, 153 s. ISBN 80-224-0519-1

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. (2020): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019 [online]. Těšnov 17, 110 00 Praha 1, www.eagri.cz, Copyright © Ridex 2020 [cit. 06.11.2020] Dostupné z: WWW<http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/zele_nazprava/ZZ_2019.pdf>

MORRIS, G.K. (1979): Mating system, paternal investment and aggressive behavior of acoustic Orthoptera. *Florida Entomologist* 62(1): 9-17.

MUSCARELLA, R.; et (2014): "An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models." *Methods in ecology and evolution* 5.11 (2014): 1198-1205.

NICOLAI, C. G. (1734): *Beschreibung von allerlei Insecten in Deutschland, nebst nützlichen Anmerkungen und nöthigen Abbildungen von diesem kriechenden und fliegenden inländischen Gewürme.* - Berlin, 28-29.

PADHI, A.; YOUNG R. E.; HOFFART, C.; SARRATT, T.; FANCHER, J.; STEFFEN, M. A.; HILL, P. S. M. (2010): Investigating genetic relationships within Gryllotalpidae: a molecular hypothesis. *Journal of Orthoptera Research* 19: 357-360.

Dostupné z: WWW<<https://www.jstor.org/stable/25822722>>

PETROVA, V.; JANKEVICA, L.; SAMSONE, I. (2013): Species of Phytophagous Insects Associated with Strawberries in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, vol. 67, No. 2 (683), p. 124-129. doi: 10.2478/prolas-2013-0019

PEARSON, R. G. "Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners." *Synthesis. American Museum of Natural History* 50 (2007): 54-89. URL: ncep.amnh.org/linc/

PETERSON, T. A.; SOBERÓN, J.; PEARSON, G. R.; ANDERSON, P. R.; MEYER, M. E.; NAKAMURA, M.; ARAÚJO, B. M. (2011): *Ecological niches and geographic distributions (MPB-49).* Vol. 49. Princeton University Press, ISBN: 9780691136882

PONIATOWSKI, D.; DEFAUT, B.; LLUCIÀ-POMARES, D.; FARTMANN, T. (2009): [2010] *The Orthoptera fauna of the Pyrenean region - a field guide.* *Articulata Beiheft* 14: 1-143

ROTH von SCHROECKENSTEIN (1802): *Verzeichnis der Halbkäfer, Netzflügler, Wespen, ungeflügelten insekten, wanzen und Fliegen, welche um den Ursprung der Donau und des Neckars dann um den unteren Theil des Bodensees vorkommen.* Tübingen

PATOČKA, J. (2006): *Ze soukromého života krtonožky.* *Vesmír* 85(6): 322-323
<http://www.plantwise.org/KnowledgeBank/Datasheet.aspx?dsid=26042>

PEŠKA, M. *Lesní družstvo Osvětmany* [online]. Copyright © GS-Daliborka, 2002 [cit. 1.6. 1931]. Dostupné z: WWW<http://www.ldosvetimany.cz/provoz_skolka.html>

SARDET, E.; ROESTI, C.; BRAUD, Y. (2015): Orthoptères de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Meze, 304 pp. ISBN: 9782366621556

ROZSYPAL, J.; KRATOCHVÍL, J. (1945): Výskyt a rozšíření krtonožky na Moravě. Entomologické listy 8: 99-103

SPRENGER, J. (2011): „Die Landplage des Raupenfraßes“ Wahrnehmung, Schaden und Bekämpfung von Insekten in der Forst- und Agrarwirtschaft des preußischen Brandenburgs (1700-1850). Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen sowie der genannten Universität. ISBN 978-3-930037-76-6

SEZEN, K.; DEMIR, I.; DEMIRBAĞ, Z. (2004): Study of the bacterial flora as a biological control agent of *Agelastica alni* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). *Biologia*, 59: 327-331.

SEZEN, K.; KATI, H.; NALÇACIOĞLU, R.; MURATOĞLU, H.; DEMIRBAĞ, Z. (2008): Identification and pathogenicity of bacteria from European shot-hole borer, *Xyleborus dispar* Fabricius (Coleoptera: Scolytidae). *Annals Microbiology*, 58: 173-179.

SCHMIDT, G. H. (1990): Verbreitung von *Leptophyes*-Arten (Saltatorpota: Tettigoniidae) in Mittel- und Nordwesteuropa. Braunschw. Naturkundl. Schr. 3(3): 841-852.

SCHUSTER, D. J.; PRICE, J. F. (1992): Seedling feeding damage and preference of *Scapteriscus* spp. mole crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae) associated with horticultural crops in west-central Florida. *Florida Entomologist* 75, 115–119.

SCHWENKE, W. (1972): Ordnung Orthoptera, Geradflügler. In: Schwenke (Hg.): Die Forstschädlinge Europas. Bd. 1: Würmer, Schnecken, Spinnentiere, Tausendfüßler und hemimetabole Insekten. Parey, Hamburg, S. 91-104

ŠEFROVÁ, H.:(2015): Hmyz (Insecta) škodící na řepě. Harmful factors in sugar Beet – animal pests: insects (insecta). Listy Cukrovarnické a Řepářské, 131 (12): 379-382

ŠOP, SR.; Dostupné z: WWW<https://inspirujmese.cz/wpcontent/uploads/2019/08/2015_03_kims_inspirujmese.pdf>

THIERY, I.; FRACHON, E.:(1997): Identification, isolation, culture and preservation of entomopathogenic bacteria. In Lacey A. L. (Ed.) *Manual of Techniques in Insect Pathology*, 55-73.

THOMAS, W. A. (1928): The Porto Rican mole cricket. USDA Farmers' Bulletin 1561. 8 p.

TIEFENBRUNNER W. A. (1984): *Gryllotalpa gryllotalpa* (Gryllotalpidae) – Grabverhalten und Fortbewegung im Gang. Film Zf 1881, im Verleih des ÖWF, Encyclopedia Cinematographica.

TIEFENBRUNNER, W. A. (1989): Untersuchungen zur Substratpräferenz und zur Grabaktivität von *Gryllotalpa gryllotalpa* (L.) 1758, Vcrh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 126 (1989): 197-206

Title, P. O.; Jordan B. B. (2018): "ENVIREM: an expanded set of bioclimatic and topographic variables increases flexibility and improves performance of ecological niche modeling." *Ecography* 41.2: 291-307. <https://doi.org/10.1111/ecog.02880>

WAEBER, G. (2001): Erfolgskontrolle der Optimierungsmaßnahmen im Wiesmet-Gebiet zwischen Ornbau und Muhr am See-Tiergruppe Heuschrecken.-Un-veröff. Bericht im Auftrag der Reg. von Mittelfranken, 27 S.

WAEBER, G. (1999): Erfolgskontrolle von Entbuschungsmaßnahmen auf Magerrasen in drei Gebieten Oberfrankens -Tiergruppe Heuschrecken. - Unveröff. Bericht im Auftrag des Bayer. Landesamter f. Umweltschutz, 27 S.

WALKER, T. J.; NGO, D. (1982): Mole crickets and pasture grasses: damage by *Scapteriscus vicinus*, but not by *S. acletus* (Orthoptera: Gryllotalpidae). *Florida Entomologist* 65, 300–306.

WARREN, D. L.; SEIFERT, S. N. (2011): "Ecological niche modelling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria." *Ecological applications* 21.2: 335-342.

WUNDERLICH, R.; LIN Y. P.; ANTHONY, J.; PETWAY, J.; (2019): Two alternative evaluation metrics to replace the true skill statistic in the assessment of species distribution models. *Nature Conservation* 35: 97-116.

Dostupné z: WWW<<https://doi.org/10.3897/natureconservation.35.33918>>

YANG, X.; SHAO, M.; Lia, T.; Jiae, Y.; Jiach, X.; Huangc, L.; (2020): A preliminary investigation of the effect of mole cricket (*Gryllotalpa unispina* Saussure; *Orthoptera*:

Gryllotalpidae) activity on soil evaporation in semiarid Loess Plateau of northwest China, *Geoderma* 363, 114144.

ZHANTIEV, R.; KORSUNOVSKAYA, O.; SOROKIN, N.; CHUKANOV, V. (2003): Sound signals in mole crickets from Eastern Europe. *Zoologicheskii Zhurnal* 82(11): 1339–1346. [In Russian]

ZICHA, O. Biolib, Mapa rozšíření [online]. Copyright © Ridex 1999 - 2021[cit. 09.02.2004]. Dostupné z: WWW < <https://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id158/>>

ZICHA, O. Biolib, Zařazení v systému [online]. Copyright © Ridex 1999 - 2021[cit. 09.02.2004]. [online]. < <https://www.biolib.cz/cz/taxonposition/id165/>>

ZUNA-KRATKY, T.; LANDMANN, A.; ILLICH, I.; ZECHNER, L.; ESSL, F.; LECHNER, K.; ORTNER, A.; WEIBMAIR, W.; WÖSS, G. (2017): Die Heuschrecken Österreichs. *Denisia* 39: 880 pp. ISBN: 978-3-85474--330-9