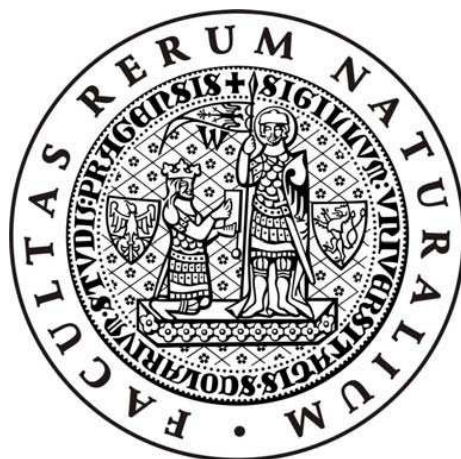


**Přírodovědecká fakulta University Karlovy v Praze
Katedra ekologie**



**Ekologické koreláty predikovaných posunů klimatických areálů
českých ptáků**

The ecological traits correlating with predicted shifts of European breeding ranges in
Czech birds

Michaela Koschová

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Reif, Ph.D.

Konzultant: Mgr. František Kuda

Praha, 2011

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala Mgr. Jiřímu Reifovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce a také za jeho podporu, trpělivost, rady, inspiraci a diskuze. Poděkování patří i Mgr. Františku Kudovi za pomoc a konzultace při zpracování dat a Ing. Luboši Matějčekomu, Dr., který mi umožnil zpracování dat. Dále také mé rodině a přátelům, kteří mě v průběhu celého studia podporovali.

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracovala samostatně,
pouze s využitím literatury a informací, na které odkazuji.
Duben 2011

Obsah:

Abstrakt	5
1. Úvod	7
1.1. Klimatické změny	7
1.1.1 Současné klimatické změny v Evropě (20. století)	8
1.1.2 Predikce klimatických změn pro konec 21. století	9
1.1.3 Shrnutí vlivu klimatu na ptáky	10
1.2. Změny v krajině	14
1.2.1 Změny zemědělské krajiny v evropském kontextu a v ČR	15
1.2.2 Dopad změn v zemědělské krajině na ptačí společenstva	17
1.2.3 Změny v lesních porostech v evropském kontextu a v ČR	18
1.2.4 Vývoj lesů v České republice	19
1.2.5 Dopad změn v zemědělské krajině na ptačí společenstva	19
1.2.6 Změny mokřadních ekosystémů v evropském kontextu a v ČR	20
1.2.7 Dopad změn mokřadních ekosystémů na ptačí společenstva	21
1.2.8 Změny v městských ekosystémech a jejich dopad na ptačí společenstva	21
1.3. Cíle práce	23
2. Materiál a metody	24
2.1. Data klimatického atlasu	24
2.2. Digitalizace atlasových dat	27
2.2.1 Princip digitalizace	27
2.2.2 Provedení digitalizace	32
2.3 Definice vysvětlujících proměnných	38
2.4 Statistická analýza	40
3. Výsledky	41
3.1 Jednorozměrná analýza	41
3.2 Main-effects ANOVA	48
3.3 Analýzy modelů s interakcemi	49
4. Diskuse	54
4.1 Diskuse výsledků	54
4.2 Problematické stránky práce	58
4.3 Závěr diskuse	61
5. Závěr	62
Seznam literatury	64
Apendix	72

Abstrakt

Je známo velké množství studií zabývajících se geografickými areály a jejich budoucí projekcí v souvislosti s klimatickými změnami. Jen několik málo z nich se ale blíže zabývá charakteristikami druhů, které by mohly korelovat s předpovídaným posunem jejich evropských areálů. Objasnění těchto vztahů je přitom velmi významné z hlediska formulace efektivních ochrannářských strategií. Ve své práci jsem na základě map z Klimatického atlasu hnízdního rozšíření ptáků v Evropě spočítala předpokládaný posun klimatických areálů u českých ptáků a testovala vztahy mezi predikovaným posunem a ekologickými vlastnostmi vybraných druhů. Souvislost s tímto posunem vykazoval typ rozšíření v Evropě a typ habitatu. V případě Evropského rozšíření je největší posun předpokládán u druhů s centrálním typem rozšíření, menší pak u druhů se severním a jižním typem rozšíření a nejmenší u druhů široce rozšířených. Z hlediska typu habitatu byl největší posun vypočítán pro lesní druhy a nejmenší pro druhy městské. Naše zjištění ohledně evropského rozšíření jsou celkem předpokládané, zato výsledky týkající se habitatu mohou být vysvětleny nižší citlivostí městských druhů na klimatické změny. Naopak druhy lesních habitatů jsou zřejmě více ovlivněny právě změnou klimatu. Z hlediska legislativní ochrany posunou překvapivě druhy vysoce chráněné své areály nejvíce. Toto zjištění dává jistý podnět pro ochranu ptáků v České republice.

Klíčová slova: Ptáci, změny klimatu, posun areálu, habitat, Česká republika, změny v krajině

Abstract

There are number of future projections of species' geographic ranges developed under conditions of ongoing climate change. However, only a few studies have assessed what are the characteristics of species explaining interspecific variability in the projected range shifts. Examination of such relationships is important for development of effective conservation strategies mitigating the effects of climatic changes. For this purpose, I calculated the predicted shifts of European ranges in Czech birds based on maps in A Climatic Atlas of European Breeding Birds and explored relationships between these predicted shifts and several ecological traits. We found significant effects of the type of European distribution and habitat requirements. Concerning the type of European distribution, the largest shift is predicted in the central species and the northern species compared to widespread and southern species. According to the habitat type, the largest shift showed forest birds in contrast to the urban species which will shift slightly. The former pattern is probably attributable to spatial constrains different among these specific groups (central species are less limited compared to widespread species). The latter pattern could be explained by higher sensitivity of forest species to climatic changes compared to urban birds as species in urban habitats are more limited by other factors than climate. Finally, we have found that species with high level of legal protection will shift more than other species indicating future challenges for bird conservation in the Czech Republic.

Keywords: birds, climate changes, range shift, habitat type, Czech Republic, landscape changes

1. Úvod

Klimatické podmínky rozhodujícím způsobem ovlivňují rozšíření jednotlivých vegetačních pásem, která pak následně ovlivňují hranice areálů organismů na Zemi (Brown & Lomolino 1998, Lomolino et al. 2005). V poslední době bylo zjištěno, že právě klima výraznou měrou působí na změny početnosti jednotlivých ptačích druhů (Crick 2004, Gregory et al. 2009, Jiguet et al. 2010). V některých případech byla zaznamenána i přímá reakce ptáků na náhlé změny klimatu. Bylo prokázáno, že nárůst srážkových úhrnů v jarním období způsobuje nárůst mortality mláďat a následně pak pokles početnosti populace (Schaefer et al. 2008). Dále bylo zjištěno, že druhy s nižší tolerancí k teplotním výkyvům jsou náchylnější k populačnímu poklesu v případě náhlých teplotních změn, jako tomu bylo ve Francii roku 2003 (Julliard et al. 2004). Kromě toho působí klima na ptačí společenstva prostřednictvím jednotlivých článků trofického řetězce, ty pak dále ovlivňují velikost ptačí populace (Visser et al. 1998, Sanz et al. 2003, Both et al. 2006, 2010).

1.1 Klimatické změny

O změnách klimatu bylo již napsáno velké množství prací. V úvodu této práce se tedy budu zabývat spíše jeho dopady na živé organismy, nežli podrobným rozbohem příčin jeho vzniku. Proto tedy jen v krátkosti připomenu hlavní princip tohoto procesu.

Klima naší planety je určeno množstvím energie přicházející od Slunce. Energie v podobě záření nejprve prochází atmosférou a pak dopadá na zemský povrch. Část tohoto záření je pohlcena povrchem (dojde tudíž k jeho ohřátí) a část se odráží. Atmosféra však toto Zemi emitované záření zadrží a pošle zpět k zemskému povrchu. Tento proces, nazývaný skleníkový efekt, je přirozeným jevem, bez kterého by na Zemi nebyl život. Skleníkový efekt způsobuje, že je klima na naší planetě mnohem stabilnější

a teplejší než na jiných planetách. Klíčovým prvkem skleníkového efektu je přítomnost takzvaných skleníkových plynů, které se díky přichozímu záření ohřejí a zvýší tak teplotu svého okolí. Některé z těchto plynů se v atmosféře vyskytují přirozeně, avšak v poslední době dochází zejména kvůli lidské aktivitě (obzvláště při spalování fosilních paliv nebo velkoplošných krajinných změnách) k markantnímu nárůstu jejich koncentrace; naopak jiné by se bez lidského přičinění vůbec v ovzduší nevyskytovaly (IPCC 2007).

Vlivem nárůstu koncentrace skleníkových plynů dochází k nárůstu absorpce radiace a tím i k nárůstu teploty. Proto v posledních desetiletích dochází rychlým klimatickým změnám, které se projevují zejména zvýšenou teplotou, ale i dalšími jevy, jako je rozdílná distribuce srážek a pokles primární produkce (Zhao & Running 2010).

1.1.1 Současné klimatické změny v Evropě (20. století)

Díky složitosti atmosférických procesů nedochází na Zemi všude ke stejným změnám. Do hry zde vstupuje velké množství faktorů, ne jen teplota, která je ve většině případů zmiňována jako klíčová veličina účastnící se klimatických změn, ale také atmosférické proudění a míra vzdušné vlhkosti. Tyto tři veličiny spolu udávají jedinečný ráz klimatu v určité oblasti. Konkrétní příklad můžeme uvést na teplotním růstu, kdy do roku 2007 se Evropa oteplovala více, než je celosvětový průměr, tedy o 1,2°C na 100 let oproti předindustriální éře. Světový průměr nárůstu teploty v tomto období činil 0,8°C (EEA report 2008).

Ale ani v rámci Evropy nejsou změny homogenní. Největší teplotní nárůst je zaznamenán v severních zeměpisných šířkách nad kontinentem (IPCC 2007).

V důsledku intenzifikace globálního hydrologického cyklu a změnám v cirkulaci atmosféry (van Ulden & van Oldenburg 2006) a nárůstu vodní páry v troposféře dochází k nárůstu úhrnu srážek a prodloužení trvání srážek hlavně v severní Evropě zhruba o 10 – 40 %, k poklesu pak dochází v subtropických regionech - zejména ve Středomoří, kde jsou roční úhrny srážek až o 20 % nižší než dříve (IPCC 2007, EEA report 2008). Díky zesílené zimní cirkulaci se v zimním období v oblasti jižní a střední Evropy stále častěji objevují

suché zimy (EEA report 2008), a jelikož zimní období je v jižních oblastech klíčové pro doplnění zásob vody, pak při jeho nedostatku dochází k vysychání celé oblasti Středomoří (Norrat & Douguédroit 2006). V centrální části kontinentu se tento úkaz projevuje celkovým poklesem sněhové pokrývky a i letní období jsou zde sušší (IPCC 2007). Naproti tomu v severní Evropě jsou dnes dešťové srážky mnohem častější (EEA report 2008).

Změny v srážkových úhrnech a nárůst teploty vzduchu s sebou nesou vznik teplotních anomálií jako extrémní srážky a extrémní sucho (EEA report 2008), extrémní hodnoty teplých a chladných dnů a nocí, jejichž frekvence výskytu se přibližně za posledních sto let téměř ztrojnásobila (EEA report 2008), výskyt silných bouřek, krupobití, či teplotních anomálií (konkrétním příkladem může být vlna veder zasahující Francii a část střední Evropy v létě roku 2003 – Julliard et al. 2004, IPCC 2007). Takovéto vlny horka jsou a budou stále častější, déle trvající a intenzivnější (IPCC 2007). Nejvíce jimi budou postiženy oblasti Středomoří (Iberský poloostrov, Itálie, jih Řecka), ale také střední Evropa a Alpy (IPCC 2007).

1.1.2 Predikce klimatických změn pro konec 21. století

Ačkoliv by se na základě vývoje klimatu v minulém století mohlo předpokládat, že se v Evropě teplotní průměr během sta let změní o 1,2°C, nezdá se, že tomu tak bude. Nárůst průměrné teploty totiž není konstantní, ale naopak rostoucí. Na konci 21. století se předpokládá, že teplotní průměr vzroste na 2,5 – 5,5°C (EEA report 2008, Ciscar 2009). Proto se i odhady dopadu klimatických změn pro konec 21. století liší od odhadů týkajících se nastávajících let. Největší teplotní nárůst pro konec tohoto století se očekává v severní Evropě, a to zejména v zimních měsících (EEA report 2008). Teplejší zimy můžeme předpokládat i ve střední Evropě (van Ulden & van Oldenburg 2006). Jižní a západní část kontinentu se pak oteplí zejména v létě. Nejméně se změní teploty na Britských ostrovech (Ciscar 2009).

V budoucnu pravděpodobně dojde i k nárůstu srážkových úhrnů na severu, zejména v zimě (EEA report 2008) a poklesu na jihu. Letní období budou všeobecně sušší

jak v jižní, tak i v centrální části (EEA report 2008, Ciscar 2009). Modely predikující klima střední Evropy se ve svých závěrech občas neshodují obzvláště v období pozdního léta. Některé modely předpovídají suché léto, jiné naopak narůst srážek (van Ulden & van Oldenburg 2006). Navíc můžeme očekávat i nárůst množství bouřek, zesílení jejich intenzity a délky (EEA report 2008).

1.1.3 Shrnutí vlivu klimatu na ptáky

Tím, že se podnebí během posledních několika desítek let mění, dochází i k přetvoření environmentálních podmínek v jednotlivých zeměpisných šířkách. Zejména mírnější zimy budou pak mít za následek posun celých ekosystémů směrem k severu a v horských oblastech do vyšších nadmořských výšek (Parmesan 2006). Ke konci 21. století může tento posun u některých druhů rostlin dosahovat stovky kilometrů. V souvislosti s postupujícími ekosystémy se budou přesouvat i jednotlivé druhy živočichů (EEA report 2008). To znamená, že i ptačí druhy budou posouvat hranice areálů směrem na sever (Thomas and Lennon 1999, Böhning-Gaese & Lemoine 2004, Brommer 2004, Hitch and Leberg 2007, Brommer 2008). Do budoucna se přepokládá, že posun areálů bude ještě daleko výraznější (Huntley et al. 2008).

Ptačí areály však nejsou omezovány pouze klimatem, nýbrž i řadou dalších faktorů: např. příznivostí prostředí, geometrií kontinentů nebo třeba intenzitou lidského pronásledování. Lze tedy předpokládat, že posun areálů vlivem současných klimatických změn nebude mezi druhy invariantní, nýbrž dosti proměnlivý, a to v závislosti na působení oněch dalších ovlivňujících faktorů na jednotlivé druhy. Vliv těchto faktorů můžeme studovat pomocí druhových znaků, které odráží jejich působení. Tak například nedostatečná nabídka nějakého habitatu (třeba lesních porostů vykácených člověkem) bude omezovat posun areálů druhů na něj vázaných. Ve své práci se proto soustředím na prozkoumání mezidruhové variability v predikovaných posunech klimatických areálů

a její vysvětlení následujícími faktory, u nichž byl v minulosti zjištěn výrazný vliv na ptačí rozšíření a početnost:

Nároky na prostředí:

Vlivem rozšíření nebo naopak zánikem některých typů habitatů dochází ke změnám v rozšíření určitých druhů živočichů na tyto habitaty vázaných. V případě ptačích populací tedy dochází například k expanzi lesních druhů pravděpodobně v souvislosti s expanzí lesních porostů (Reif et al. 2007). Pokles extenzivně obdělávaných oblastí na úkor intenzivního zemědělství, neobhospodařování některých oblastí, rozšiřování lesních ploch může být příčinou poklesu distribuce ptáků zemědělské krajiny (Lenzen et al. 2008). Dále byl zaznamenán nárůst rozšíření některých vodních druhů (Koleček et al. 2010). V tomto případě se ale konkrétně v České republice jedná spíše o zesílení ochrany mokřadních ekosystémů, než o plošný nárůst tohoto ekosystému.

Z obecného hlediska se zdá, že druhy ovlivněné změnou habitatu spíše zmenšují areál svého rozšíření, naopak druhy neovlivněné změnou habitatu areál rozšíření zvětšují. Dále druhy, jejichž hnízdní habitat je ovlivněn změnami land-use, nemohou posouvat své areály podle očekávání vypočítaného na základě klimatických modelů (Reif et al. 2010a). Konkrétní otázkou dopadu změn habitatu na ptačí populace se dále zabývám v kapitole Změny v krajině.

Migrační strategie

Podle některých studií v důsledku degradace habitatů, kde ptáci zimují, dochází k nárůstu distribuce rezidentních druhů a k poklesu rozšíření druhů migrujících (Schaefer et al. 2008).

Nárůst v rozšíření druhů zimujících ve Středomoří zaznamenaný na území České republiky by mohl být způsoben expanzí některých nových druhů s touto migrační strategií. Příkladem může být volavka bílá (*Egretta alba*) nebo husice liščí (*Tadorna tadorna*). U těchto druhů je ale za rozšířením areálu na naše území pravděpodobně

zodpovědný nárůst kvality habitatu nežli změny způsobené klimatem (Koleček et al. 2010).

Oproti tomuto dochází z celoevropského hlediska k dlouhodobému poklesu rozšíření dálkových migrantů. Tento pokles může být způsoben snížením kvality či úplnou degradací oblastí sloužících jako odpočinková místa při dlouhých tazích. Takovýmto prostředím jsou například mokřady na jihozápadě Francie v regionu Poitevin. V tomto regionu dochází již po několika let k masivním změnám celého zdejšího mokřadního ekosystému, což se negativně odráží na populacích protahujících dálkových migrantů, zejména kachen (Duncan et al. 1999).

Dalším příkladem poklesu populací dálkových migrantů, kteří v důsledku posunu fenologického cyklu organismů obývajících příslušný habitat, probíhajícího pod vlivem klimatických změn, může být populace drobných hmyzožravých pěvců (např. lejsků černohlavých *Ficedula hypoleuca*), kteří úspěšnost své reprodukce staví na základě časové synchronizace s populační hojností housenek. Ty jsou vázané na velice krátké období výskytu mladých tenkých listů. Jelikož růst a tloušťnutí listů je podmiňováno působením klimatických podmínek, které se v posledních letech v jarních obdobích velice mění a které dálkoví migranti v oblasti svého zimoviště nemohou předvídat, jsou pak velice často v reprodukci neúspěšní. Tyto dílčí neúspěchy se v závěru odráží i na početnosti celé populace těchto dálkových migrantů (Sanz et al. 2003).

Leckteré druhy rezidentních hmyzožravých druhů mohou z tohoto časového nesouladu a tím pádem i nepřítomnosti svých konkurentů značně profitovat, ovšem za předpokladu standardních povětrnostních podmínek panujících v zimním období (Nilsson et al. 2006).

Typ rozšíření v Evropě

V Evropě se vyskytují druhy s různým typem rozšíření. Lokalizace výskytu určitého druhu více či méně závisí na jeho klimatických preferencích. Některé druhy jsou adaptovány pro život v oblastech s nízkými teplotami a jsou tedy vázány na severnější oblasti, jiné druhy jsou naopak teplomilné a najdeme je spíše v nižších zeměpisných

šířkách. Na druhou stranu je zde ale velké množství druhů, které z teplotního hlediska zas tak náročné nejsou. Tyto druhy jsou pak schopny osidlovat oblasti s různým typem klimatických podmínek.

V Evropě tedy rozeznáváme druhy jižně rozšířené, druhy severní, druhy preferující centrální část kontinentu a druhy široce rozšířené (přesnější definice těchto termínů je vysvětlena v kapitole Materiály a metody). Zcela jistě si můžeme všimnout, že v případě Evropské avifauny se vyskytují i druhy striktně vázané (zejména) na Atlantské pobřeží a hlouběji do kontinentu již jejich areál nezasahuje. V tomto případě se ale spíše jedná o habitatové preference, nežli o preference určitých klimatických zón.

Vzhledem k tomu, že dochází k teplotnímu nárůstu, vzniká i možnost pro určité druhy osidlovat území, která pro ně byla dříve z teplotního hlediska zcela nevyhovující. U většiny Evropských druhů bylo opravdu pozorováno, že posouvají areál svého rozšíření směrem k severu (Lomolino et al. 2005). S touto kolonizací se pak jistě mění i rozloha areálů určitých skupin ptáků (Gregory et al. 2009).

Nárůst průměrné roční teploty může mít pozitivní vliv na změnu rozšíření některých jihoevropských druhů a naopak zmenšení areálů některých druhů se severním typem rozšíření (Bauer et al. 2008). Nejen že druhy posouvají severní hranice svého rozšíření (pokud je to možné) a mění rozlohu svých areálů, ale v souvislosti s tímto klimatickým posunem byl pozorován i výskyt nových druhů, které se v Evropě doposud nevyskytovaly. Tyto druhy exotického ptactva taktéž osidlují nová území v souvislosti se vznikem nových teplotně dostupných oblastí. Mezi takovéto kolonizátory patří zástupci rodů Anseriformes, Galliformes a Psittaciformes (Bauer et al. 2005). Tyto Africké druhy osidlují zejména oblast jižní Evropy. Do budoucna budeme moci pravděpodobně moci počítat nejen s expanzí dalších druhů do Evropy ale pravděpodobně i s následnou extenzí těchto nově přichozích druhů po evropském kontinentě (Barbet-Massin et al. 2009).

Stupeň zákonné ochrany

Legislativní ochrana by měla mít pozitivní dopad na chráněné druhy oproti druhům nechráněným (Donald et al. 2007). Expanze a populační nárůst některých chráněných ptáků tuto teorii velice podporují. Mezi chráněné vodní druhy, u kterých se díky ochraně jejich habitatu a redukovanému lovu podařilo navýšit jejich stavy, patří některé druhy volavek, kachen či kormoránů. Další takovou skupinou ptáků jsou i dravci (Bauer et al. 2005).

Avšak zdaleka ne všechny země tento trend zaznamenávají. V případě České republiky ochrannářské snahy do značné míry selhávají pravděpodobně v důsledku nízké efektivity přímé ochrannářské činnosti (Kumstátová et al. 2005), která se s největší pravděpodobností není schopna postarat o problematické druhy (Voříšek et al. 2008). Nemůžeme ale říci, že by všechny chráněné druhy nedosahovaly pozitivních výsledků. I u nás se velice daří některým vodním druhům.

1.2 Změny v krajině

Přírodní podmínky a dostupnost zdrojů tvoří jistý soubor předpokladů pro výskyt živočichů. Tato nabídka je v určité míře více či méně unikátní pro danou oblast. Mezi organismy a prostředím a mezi organismy vzájemně panují specifické, komplexní a často velmi křehké vztahy, které při narušení jednoho komponentu často vyvolají řetězovou reakci a mohou se projevit na populaci druhu zdánlivě nezávislého či odlišného. Míra dopadu těchto změn na danou populaci je také ovlivněna schopností druhu vypořádat se s novými podmínkami, přizpůsobit se změnám, popřípadě se přeorientovat na jiný zdroj (s čímž souvisí i míra specializace). Druhová bohatost, abundance a různorodost živočichů je často spjatá s vlastnostmi habitatu, zejména pak se strukturou vegetace.

Mezi hlavní typy prostředí, jimiž se v práci budu zabývat, patří: zemědělská krajina, kam řadíme zejména pole, travní porosty (ať už původní, nebo nově vzniklé) a sady, dále lesy, vodní a mokřadní ekosystémy a městské prostředí. Na následujících stránkách shrnuji základní poznatky o procesech působících na přeměnu těchto čtyř habitatů, jak v celoevropském kontextu, tak i na území České republiky a možné vysvětlení změn populací ptáků obývajících tyto habitaty v kontextu s těmito změnami.

1.2.1 Změny zemědělské krajiny v evropském kontextu a v ČR

Největší změny ve využití půdy v Evropě nastaly v důsledku dlouholetého procesu, který je výsledkem technologických, socio – ekonomických, politických a environmentálních faktorů. Tyto změny se pak odrážejí v narůstající zemědělské produktivitě, na kterou zase reagují programy soustřeďující se na zachování biodiverzity a ochranu životního prostředí a tlaku ze strany narůstající městské populace na zvyšující se poptávku po produktech a výrobcích, které vznikaly šetrnou cestou a nepůsobí tak drasticky na životní prostředí (Bouma et al. 1998, Rabinge & van Diepen 2000).

Tento trend je dnes patrný jak v Evropě západní, tak i v Evropě východní, ačkoliv vývoj těchto dvou regionů byl posledních 50 letech diametrálně odlišný. Kolektivizace probíhající po válce v některých východoevropských zemích měla sice za následek vyšší výnosy, ale horší dopad na životní prostředí v podobě acidifikace, půdní eroze, salinizace, či chemické kontaminace. Změny vedoucí k demokracii na přelomu 80. a 90. let sice dovedly transformovat zemědělství ve smyslu produkce kvalitnějšího zboží za cenu menších výnosů, nicméně i takovéto industrializované zemědělství má na krajinu neblahé dopady. Podle některých studií bude do budoucna možné díky technickému pokroku obhospodařovat jen polovinu z dnešní rozlohy zemědělsky využívané plochy za zachování současné výnosnosti. Tyto nevyužité plochy pak skýtají další potenciál pro další možné využití (zalesnění, zatravnění či zástavbu - Bouma et al. 1998).

Oblast střední Evropy prošla v minulých desetiletích z hlediska změn ve způsobech využití krajiny následujícími procesy: intenzifikací a následnou extenzifikací

zemědělství, intenzivním rozrůstáním městské zástavby, vyčerpávajícím využíváním přírodních zdrojů, deforestací a následným zalesňováním (Feranec et al. 2000).

Zatímco v zemích západní Evropy probíhaly změny pozvolna a plynule, v totalitních zemích byl dopad globálních trendů značně utlumený díky uzavřenému charakteru tehdejší společnosti a ekonomiky.

Dnešní Česko prošlo ve 20. století několika významnými politicko – ekonomickými obdobími, které se zásadně projeví i na současném vývoji krajiny. Agrární reforma z roku 1924 a následná konfiskace veškerého majetku spustila kaskádu reforem využívání krajiny ve velkém. V období po druhé světové válce (1945–1948) došlo k největším přeměnám zejména v oblasti pohraničí. K nejmarkantnějším transformacím celého století ale bezesporu patří vznik kolektivního zemědělství v období socialismu. Centrální systém hospodářství měl zásadní dopad na venkovskou krajinu (a nejen na ní), zejména na její kvalitu a strukturu. Transformace tohoto sektoru se odrazila na kvalitě ekosystému a důsledky této politiky jsou pozorovatelné ještě v dnešní době. Progresivní intenzifikace zemědělství vedla k redukci využívaných ploch především v oblastech záplavových regionů, v okolí rybníků a podél toků. Regulace povodí našich řek (střední tok Labe, dolní tok Moravy) vedla naopak ke zvýšení využití původně travnatých oblastí pro potřeby zemědělství. Obecně ale za socialismu docházelo díky celorepublikovému progresivnímu chovu dobytka k redukci lučních porostů a pastevních ploch, což vedlo k prudkému poklesu biodiverzity a k zániku mnoha druhů rostlin i živočichů (Bičík & Jančák 2006).

Přelomem byl rok 1989, který vnesl další zásadní zvrát ve využití krajiny. Od tohoto roku došlo k velké diferenciaci mezi těmi, co půdu vlastní a těmi, jež ji využívají. Převážná část restituentů dnes půdu pronajímá, nebo ji nechává ladem. Dalším impulzem pro změny byla finanční podpora ze strany Evropské Unie, která podporuje vznik trvalých travních porostů na místo původní orné půdy. Dotace tak způsobily masivní zatravňování, které se vyplácí daleko více, než obhospodařování. (Bičík & Jančák 2006).

1.2.2 Dopad změn v zemědělské krajině na ptačí společenstva

Intenzifikace v zemědělství je hlavním důvodem poklesu populací ptáků zemědělské krajiny v mnoha regionech mírného pásu, zejména v Evropě (Chamberlain et al. 2000). Extenzivní přeměna habitatu vede k poklesu biodiverzity a narušuje rovnováhu celého ekosystému (Gaston 2003).

Důvody k úbytku těchto ptáků se napříč Evropou liší (Reif et al. 2008a). Intenzivní využívání půdy je pravděpodobně klíčovým faktorem poklesu ptačích druhů v oblastech západní Evropy (například Velká Británie - Chamberlain et al. 2000). Tím hlavním důvodem poklesu populace zdejších ptáků je pravděpodobně změna v zastoupení potravních zdrojů (Butler et al. 2009). Naopak ve Švédsku je například hlavní původ poklesu ptáků zapříčiněn změnou rozlohy orné půdy (Wretenberg et al. 2006).

V České republice nejsou příčiny úbytku polních druhů ještě zcela zřejmé. Polní druhy byly v 80. letech relativně početné i přesto, že intenzita hospodaření byla velice vysoká. Krátce na to byl ale zaznamenán markantní pokles populací těchto ptáků. Je tedy zřejmé, že vysoká intenzita zemědělství měla za následek značný pokles populací polních druhů. Možnou příčinou narušení hnízdních podmínek mohlo být používání pesticidů a herbicidů, zánik pásů ohraničujících jednotlivá pole, které mohly sloužit jako refugia, hnízdiště, či biokoridory, nebo dokonce změny jarních obilovin za podzimní. Zajímavostí ale je, že populace zemědělských druhů klesaly i během 90. let, v období po pádu komunismu, kdy intenzita zemědělské výroby klesala (Reif et al. 2008a).

Na polní druhy tedy mají evidentně vliv tyto faktory: intenzita zemědělské činnosti, díky které dochází ke změně habitatu, redukce rozlohy orných ploch, která pro ptáky znamená ztrátu habitatu (Reif et al. 2008a), a dále také horší podmínky na zimovišti u migrujících druhů (Sanderson et al. 2006).

1.2.3 Změny v lesních porostech v evropském kontextu a v ČR

Původní krajina Evropy byla pokryta převážně listnatými stromy. Změny ve skladbě lesa nastaly v 18. století a jsou spojeny s potřebou dřeva v rozvíjejícím se průmyslu a zemědělství. Už od 16. století se začaly upřednostňovat jehličnany, v 18. století se v Evropě jehličnany staly ekonomickou dřevinou a vysazovaly se uměle na úkor listnatých porostů. Na konci 19. století se nacházely listnaté porosty pouze jako přirozený nálet na holých prostranstvích vzniklých požárem nebo připravených pro zalesňování. Monokulturní hospodářství znamenalo růst lesní plochy, ale již druhá a třetí generace porostů vykazovala značnou redukci růstu. Nepřirozená introdukce smrku do nižších poloh přinesla také degradaci půdy, porosty jsou často ohroženy sněhem, větrem a hmyzem (Johann 2005).

Smrk je jednou z nejrozšířenějších a hospodářsky nejvýznamnější dřevin v Evropě. Roste ve svém přirozeném areálu, ale také ve střední a západní Evropě, tedy mimo svůj přirozený areál. Růst, vitalita a resistance porostů smrku ztepilého proti biotickým i abiotickým škodám ale není zdaleka tak vysoká jako u opadavých stromů. Smrk se zpočátku projevuje jako adaptabilní, během dalšího vývoje však dochází k poškozování porostů (Von Teuffel 2005).

Poslední dobou se proto k lesním ekosystémům vztahuje pozornost prakticky ve všech vyspělých Evropských státech. Kde jsou na určitých lokalitách listnaté stromy vysazovány záměrně namísto smrkových lesů.

Při transformaci lesních porostů dochází ke změnám půdní kyselosti, mění se složení mikrobiální populace a nutričních složek ve vegetaci, jsou ovlivňovány kořeny, množství biomasy a vodní bilance. Přeměnou lesních oblastí v listnaté, zvláště u monokultur smrku ztepilého, je omezeno přemnožení škodlivého hmyzu, sníženo nebezpečí sněhových a větrných polomů. Smíšené lesy mohou lépe vzdorovat případným budoucím klimatickým změnám. Na druhé straně má tato transformace i své negativní

stránky: dlouhodobý vývoj nových stromů, větší spotřeba živin, akumulace uhlíku a dusíku, destabilizace vodní bilance a změna půdních podmínek (Kulhavý 2005).

1.2.4 Vývoj lesů v České republice

V České republice docházelo prakticky od začátku 20. století k zalesňování a rozloha lesních ploch tak mírně narůstala. V období socialismu byly naše lesy zasaženy silnou devastací a znečištěním (Feranec et al. 2000). V 80. letech se dokonce předpokládalo, že oblast severních Čech je díky emisím nenávratně ztracená. V současnosti se již tyto tragické podmínky krok po kroku zlepšují a díky tomu se znovu začíná dařit i místním lesům. V dnešní době zaujímá celkový podíl lesů na území Česka 34% (což nás řadí na přední místa v Evropě) a díky podporám ze strany státu můžeme předpokládat nadálý vzestup. K výsadbě dochází zejména v oblastech, kde by orba probíhala jen obtížně, nebo ve vyšších polohách. V posledních desetiletích pak také dochází ke spontánní výsadbě i na místa, která k tomu nejsou předem schválena. Absolutně největší nárůst lesních ploch byl za posledních padesát let zaznamenán v příhraničních horských regionech, zejména na západě (Bičík & Jančák 2004).

1.2.5 Dopad změn v lesních porostech na ptačí společenstva

V trendech početnosti je napříč Evropskými zeměmi velká variabilita. Ale obecně lze říci, že běžné lesní druhy v Evropě ubývají, mezi nimi pak nejvíce habitatoví specialisté, kdežto populace generalistů jsou stabilnější (Gregory et al. 2007).

Oproti celoevropským trendům populace českých ptáků za poslední dvě desetiletí vzrostla (Reif et al. 2007). Avšak nárůst populace v přímé asociaci s aforestací je zaznamenána jen zřídka (Telini-Florenzano 2004). Je ale známo, že populace druhů vázaných na jehličnaté lesy mají v průměru negativní trendy a naopak druhy úzce spjaté s opadavými lesy v nížinách vykazují značný nárůst populace. Dále víme, že plochy

opadavých lesů vzrostly mezi lety 1970 a 2004 o 20% na úkor lesů jehličnatých (Reif et al. 2008b). Není známo, zda je ústup jehličnanů způsoben specifickými podmínkami v České republice, jako jsou kyselé deště (zejména v severních Čechách), nebo celkovým posunem tohoto ekosystému k vyšším zeměpisným šířkám, či obměnou za lesy listnaté.

1.2.6 Změny mokřadních ekosystémů v evropském kontextu a v ČR

Ekologická funkčnost mnoha mokřadních ekosystémů se za poslední dobu velmi přetvořila, a to zejména na západní polokouli (Dugan 1990). Během uplynulých padesáti let se oblasti mokřadních ekosystémů zmenšily o polovinu (Czech & Parson 2002). Krajina byla pozměněna zemědělským využíváním, zástavbou, průmyslovým využitím, turismem, nebo přeměnou hydrologické funkce. Tyto transformace mají velký dopad na evropské populace ptáků.

Mezi nejvýznamnější zásahy je považován zábor půdy ve prospěch zemědělství. Příkladem mohou být mokřady v Camarque ve Francii, kde bylo takto pozměněno už přes 40% původní plochy mokřad (Tamisier & Grillas 1994), která se dnes využívá pro pěstování určitých plodin, jako je rýže. Některé mokřadní druhy pojalý takovouto zemědělskou krajinu jako náhradní domov a na nové prostředí reagují bez větších potíží, populace jiných však v této krajině klesají.

Samotné mokřady trpí kromě jejich úplné likvidace zavážením také znečištěním a nadbytečným přísunem živin vedoucím k eutrofizaci (např. rákosiny nebo vlhké louky).

Mokřady jsou centrem biodiverzity po celé Evropě. U nás byly postupně nahrazovány výstavbou rybníků na místech přirozené akumulace vody. Od třicátých let 20. století pak byly tyto nádrže používány k intenzifikaci rybníční výroby. Na mokřady tak byl vyvíjen stále větší tlak. Po roce 1960 se začala projevovat reakce citlivějších druhů, které postupně vymizely. Obdobná reakce byla za poslední desetiletí pozorována i u příbřežních rákosin, jež jsou významným refugiem zejména pro vodní bezobratlé a další mokřadní živočichy. Jejich ztrátou pak klesá biodiverzita celé lokality. (Sychra 2001).

Mokřady jsou též významné jako místa odpočinku ptáků na tahu. Ztráta takových lokalit či změna jejich kvality pak může mít přímo destruktivní dopad na celou Evropskou populaci (Dugan 1990).

1.2.7 Dopad změn mokřadních ekosystémů na ptačí společenstva

Hnízdní populace ptáků prodělává dramatické změny v celé Evropě a ani Česká republika není výjimkou. Do konce 70. let rostly populace skoro všech druhů vodních ptáků, od roku 1980 až po současnost je ale zaznamenán markantní pokles (Šťastný et al. 2006). Dnes je ale patrné, že některé druhy velice dobře prospívají. Nárůst byl zjištěn u rybožravých ptáků (např. kormoráni, volavky), početnost omnivorních a herbivorních druhů kolísá a ubývají druhy živící se vodními bezobratlými. Hlavní příčinou jsou vysoké obsádky ryb v rybnících (Musil et al. 2011).

1.2.8. Změny v městských ekosystémech a jejich dopad na ptačí společenstva

Lidská populace již od dob průmyslové revoluce přesídluje do městských regionů. V závislosti na populačním růstu tak rostla i městská zástavba. Po pádu komunismu a zrušení zákonů na ochranu příměstských oblastí, které byly až doposud významnou překážkou územnímu plánování (Bičík & Jančák 2004), už v cestě nekontrolovatelné expanzi měst nestojí žádné legislativní překážky.

Moderní městské prostředí je vlastně úplně novým typem přírody, který tu do té doby v krajině nikdy nebyl. Vzdálenou obdobou dnešních měst by snad mohly být skalní oblasti. Města jsou každopádně výjimečná a okolním organismům nabízejí neobvyklé kombinace parametrů prostředí. Jsou specifické tím, že modifikují celou řadu abiotických podmínek od teploty, která zejména v zimním období může značně zvýhodnit městské druhy (Zmihorski et al. 2010), hluku, až po světlo, i biotických faktorů (např. nabídku potravy, predační tlak, typ vegetace). Populace organismů, které se

tomuto novému typu prostředí přizpůsobují, vykazují celou řadu odlišných znaků od populací žijících v původních biotopech (Evans et al. 2011).

A ačkoliv se ptačím druhům ve městech všeobecně daří (Jokimaki 1992), tak ne všechny procesy na ně mají pozitivní dopad. Například se stále větším růstem měst je spojená i fragmentace prostředí a pokles biodiverzity (Wilcox & Murphy 1985). Můžeme říci, že městské prostředí snižuje druhovou bohatost, ale způsobuje populační nárůst druhů obývajících tento habitat (Jokimaki 1992). Zcela jistě ne všem druhům městský způsob života vyhovuje. Některé druhy pěvců se například nejsou schopny vypořádat s narůstajícím městským hlukem. Antropogenní nízkofrekvenční hlučnost očividně přehlušuje ptačí zpěv a snižuje tak jejich reprodukční schopnost. Některé druhy, jako je sýkora koňadra (*Parus major*), proto posunuly frekvenci svého zpěvu k vyšším amplitudám, aby tak dosáhly požadovaného úspěchu (Slabbekoorn & Peet 2003). Jiné druhy, jako vrabec domácí (*Passer domesticus*), ale nejsou fyzicky takového frekvenčního posunu schopni, což může vést i k tomu, že městská krajina už není nadále pro takovéto druhy vhodná. Jiné druhy ptáků, např. z čeledi krkavcovitých (Corvidae), naopak v současnosti města stále více preferují.

1.3 Cíle práce

V této práci se zaměřujeme na ocenění mezidruhové variability v předpovídaných posunech evropských klimatických areálů českých ptáků a zjištění jejich vztahu k ekologickým jednotlivých druhů, které by mohly korelovat (Huntley et al. 2007). Tyto charakteristiky jsme vybrali na základě jejich dříve doloženého působení na změnu rozšíření a početnosti českých ptáků (Koleček et al. 2010). Jde konkrétně o: hnízdní habitat, migrační strategii, typ rozšíření v Evropě a stupeň zákonné ochrany.

Cílem je:

- 1) spočítat předpovídaný posun areálů jednotlivých druhů
- 2) zjistit, zda některé z výše uvedených ekologických charakteristik mohou souviset s předpovídaným posunem areálu
- 3) otestovat vliv možných interakcí mezi vysvětlujícími proměnnými
- 4) ověřit absenci možného vlivu společné evoluční historie zkoumaných druhů na zjištěné vztahy
- 5) interpretovat zjištěné vztahy ve světle znalostí biologie zkoumaných druhů a ekologických podmínek v jejich areálech
- 6) formulovat podle těchto zjištění ochranná doporučení, která by snížila dopad klimatických změn na české ptáky

2. Materiál a metody

2.1 Data Klimatického atlasu

Jako zdroj dat vyjadřující posun hnízdních areálů jednotlivých druhů ptáků nám posloužily mapy v Klimatickém atlase hnízdního rozšíření ptáků v Evropě (A Climatic Atlas of European Breeding Birds, Huntley et al. 2007). V atlase jsou zobrazeny budoucí klimatické areály jednotlivých druhů, které byly odvozeny na základě jejich klimatických nároků v současných areálech a údajích o předpokládaných změnách klimatu. Rozšíření jednotlivých druhů bylo převzato z Atlasu hnízdního rozšíření ptáků v Evropě (EBCC Atlas of European Breeding Birds, Hagemeijer & Blair 1997). Podkladem pro tvorbu klimatických map byla rozsáhlá meteorologická data (Leemans & Cramer 1991).

Rozšíření každého druhu je znázorněno třemi mapami: **mapa hnízdního rozšíření** převzatá z Atlasu hnízdního rozšíření ptáků v Evropě, druhou mapou je **mapa současného evropského klimatického areálu** daného druhu a nakonec **mapa evropského klimatického areálu predikovaného pro roky 2070-2099**.

Pro rekonstrukci současného evropského klimatického areálu sloužily tři bioklimatické proměnné získané za třicetileté období 1961 - 1990:

- průměrné teploty nejchladnějšího měsíce v roce
- suma ročních teplot nad 5°C (celkové teploty za vegetační období)
- míra vláhové dostupnosti znázorněná podílem aktuální ku potenciální evapotranspiraci (AE/PE)

Výběr těchto bioklimatických proměnných byl proveden na základě znalostí jejich působení na organismy, kdy byl zjištěn jejich zásadní vliv na např. růst rostlin, reprodukci a přežívání jak rostlin, tak i živočichů, i pro formování oblasti rozšíření organismů na Zemi (Huntley et al. 2007).

Pro rekonstrukci predikovaných klimatických podmínek byly použity tři různé klimatické modely **GCM** (general circulation models): **HadCM3** (Hadley Centre Coupled Model, version 3), **ECHAM4** (Global Climate Model developed by the Max Planck Institute for Meteorology). Všechny tyto modely byly rovněž zahrnuty v syntéze Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (Intergovernmental Panel for Climate Change, IPCC) týkající se klimatických modelů (Cubasch et al. 2001).

Všechny mapy jsou znázorněny v geografické síti UTM o velikosti čtverců 50 x 50 km.

Současné rozšíření jednotlivých druhů z map atlasu Hagemeyer & Blair (1997) bylo ke třem zmíněným klimatickým charakteristikám vztaženo metodou locally weighted regression. Výhodou této metody je vysoká flexibilita, protože nepracuje s žádným předpokladem o formě vztahu (např. linearitě) mezi vysvětlovanou proměnnou a jejími prediktory; vztah mezi proměnnými je odhadován vždy pro určitý interval jejich hodnot, který se posunuje postupně po celém jejich rozsahu. Tento interval činil u zkoumaných proměnných 3 °C (v případě teploty nejchladnějšího měsíce v roce), 300 stupňodnů (v případě sumy denních teplot nad 5°C), resp. 0.1 (u poměru aktuální ku potenciální evapotranspiraci). Touto metodou autoři vypočítali pravděpodobnost výskytu druhu v daném mapovacím čtverci danou kombinací hodnot oněch tří klimatických proměnných. Pro konstrukci současného klimatického areálu každého druhu, bylo nutné tyto pravděpodobnosti převést na prezence či absence pro jednotlivé mapovací kvadráty. Autoři atlasu odmítli použít arbitrární hodnotu pravděpodobnosti 0.5 jako hranici dělicí pravděpodobnost výskytu druhu v daném kvadrátu na prezenci či absenci. Místo toho u každého druhu zvlášť spočítali, pro jaké hodnoty pravděpodobnosti výskytu se odhady poskytnuté regresním modelem nejvíce překrývají se skutečným rozšířením druhu - míru tohoto překryvu kvantifikuje tzv. Cohenova κ . Maximální hodnota κ tedy určila hraniční hodnoty pravděpodobnosti výskytu spočítané modelem a zároveň může sloužit jako vodítko pro ocenění vypovídací schopnosti modelu (tj. klimatických charakteristik) při vysvětlování rozšíření daného druhu.

V dalším kroku se na základě zjištěných vztahů mezi klimatickými proměnnými a rozšířením jednotlivých druhů předpovídalo budoucí rozšíření jednotlivých druhů

pro hodnoty klimatických charakteristik, které byly pomocí výše popsaných scénářů vývoje klimatu nasimulovány pro období 2070-2099. Opět tak byly spočítány pravděpodobnosti výskytu jednotlivých druhů v jednotlivých mapovacích kvadrátech, které byly stejným způsobem jako v případě map současného klimatického rozšíření jednotlivých druhů převedeny na prezence a absence. Jako hraniční hodnoty pravděpodobnosti výskytu pro rozhodnutí o prezenci či absenci druhu v daném kvadrátu byly použity ty, které maximalizovaly κ pro vztah mezi současným rozšířením a současnými klimatickými charakteristikami.

2.2 Digitalizace atlasových dat

2.2.1 Princip digitalizace

Abychom mohli kvantifikovat, jak moc se klimatické areály jednotlivých druhů v budoucnu posunou, pomocí geografického informačního systému (ArcGIS 9, Version 9.2, 2006 ESRI) jsme spočítali průměrné středy klimatických areálů každého druhu, tzn. průměrnou zeměpisnou šířku a průměrnou zeměpisnou délku, a to jednak pro současný potenciální klimatický areál jednotlivých druhů a jednak pro budoucí klimatický areál predikovaný pro roky 2070 – 2099. Protože jsme používali mapy naskenované jako rastrové obrázky z výše popsaného atlasu (Huntley et al. 2007), bylo nutno před provedením tohoto výpočtu vyřešit několik metodických problémů.

Obecně se v programech GIS rozlišují vektorová data a rastrová data. U vektorových dat je základním prvkem bod přímo lokalizovaný souřadnicí [X] a [Y]. Každý vektorový bod má v atributové tabulce svoje atributy. Na základě číselných hodnot souřadnic se pak počítají prostorové statistiky např. geografický průměr (\bar{X} , \bar{Y}).

průměrná souřadnice:

$$\bar{X} = ([X]_1 + [X]_2 + \dots + [X]_n) / n$$

$$\bar{Y} = ([Y]_1 + [Y]_2 + \dots + [Y]_n) / n$$

U rastrových dat je základním prvkem pixel nepřímo lokalizovaný číslem řádku a sloupce v mřížce všech pixelů. Každý pixel má v sobě zapsanou pouze jednu číselnou hodnotu (tzv. identifikátor). Na základě polohy pixelu určené čísly řádků a sloupců se ale v GISu prostorová statistika nepočítá. **Pro výpočet námi potřebných prostorových statistik (geografický průměr, medián...) je tedy nutné získat vektorová data – body.**

Rastrová data rozlišujeme na gridy tvořící rastrový obrázek (JPG, TIFF, ...) a samostatné pseudobarevné gridy. Rastrový obrázek (JPG, TIFF) se skládá z překrytí 3 gridů (3 PÁSEM) nad sebou. Číselné hodnoty pixelů u gridů tvořících rastrový obrázek, vyjadřují „barevnou hloubku“ („spojitou hodnotu odstínu“). Hodnoty „barevné hloubky“ gridů tvořících rastrový obrázek jsou v intervalu $\langle 0, 255 \rangle$. Pokud se při překrytí 3 gridů tvořících rastrový obrázek nad sebou překryjí pixely s hodnotou 255 z 1.gridu, 50 z 2.gridu, 0 z 3.gridu vznikne díky principu skládání barev RGB vjem červené barvy (při překrytí pixelů s hodnotami 255, 255, 0 vznikne vjem žluté aj.). Odstíny barvy vznikají rozptylem hodnot pixelů v každém gridu, který tvoří rastrový obrázek, okolo základní RGB hodnoty barvy (tj. základní žlutá barva vznikne překrytím 3 pixelů nad sebou s hodnotami 255,255,0; další 3 pixely nad sebou lokalizované v mřížce všech pixelů o jeden řádek vedle mají např. hodnoty 254, 253, 3 a tedy tmavší žlutou barvu). **Rastrový obrázek tvořený 3 gridy obsahuje odstíny barev, což zvyšuje složitost dat, která proto nejsou vhodná pro použití v GIS analýzách.**

Cílem metody klasifikace obrazu je sjednotit 3 gridy tvořící rastrový obrázek (neboli sjednotit barvy a její odstíny) do jednoho samostatného pseudobarevného gridu. Číselné hodnoty pixelů u samostatných pseudobarevných gridů vyjadřují typ-kategorii-kvalitu dat (tj. co bylo v rastrovém obrázku žluté, protože se ve 3 gridech překryly pixely 255, 255, 0, může mít po klasifikaci obrazu v rámci výsledného jednoho sloučeného samostatného pseudobarevného gridu libovolnou hodnotu pixelů např. 10 a pak se všem pixelům s hodnotou 10 podle vlastního výběru přiřadí barva – červenou, modrou, původní žlutou.) **Metoda klasifikace obrazu generalizuje odstíny barev do jednotlivých kategorií, které jsou označené libovolnými čísly (např. žluté a jejím odstínům přiřadím hodnotu 1, a dále modré a jejím odstínům přiřadím hodnotu 2). Hodnoty kategorií odpovídají hodnotám pixelů v samostatném pseudobarevném gridu.**

Samostatný pseudobarevný grid (odvozený z rastrového obrázku) obsahuje jednoznačná a zjednodušená data. Rastrová data typu samostatný pseudobarevný grid se v GISu převádí na vektorová data, pro které je možné provádět např. prostorové statistiky.

Před využitím dat z rastrového obrázku v GISu je nutné data zjednodušit metodou klasifikace do pseudobarevného gridu, který je vhodný pro převedení na vektorová data, která jsou vstupem pro prostorové statistiky (geografický střed, medián, ...).

Poloha zobrazení dat v GISu se určuje primárně na základě hodnoty souřadnic dat a následně podle kartografické projekce. Podle souřadnic a projekce rozlišujeme v GISu následující typy dat:

- *Data přímo vytvořená v digitálním prostředí GISu v konkrétních hodnotách souřadnic (př. souřadnice [X] 15° zem. délky a [Y] 49° z.šířky) a zobrazená v původní projekci určené pro tyto souřadnice (WGS84).*
- *Data přímo vytvořená v digitálním prostředí GISu v konkrétních hodnotách souřadnic (př. souřadnice [X] 15° zem. délky. a [Y] 49° z.šířky) a zobrazená v jiné projekci než původně určené pro tyto souřadnice (data souřadnicového systému WGS84 zobrazená na mapě v Křovákově projekci, tzn. původní číslo souřadnice 15° je převedeno na hodnotu souřadnic S-JTSK -500 000).*
- *Data přímo vytvořená v digitálním prostředí GISu v konkrétních hodnotách souřadnic (př. souřadnice [X] 15° zem. délky. a [Y] 49° z.šířky) a bez aktuálně přiřazené projekce (data se zobrazí pouze na originální číselné pozici souřadnic X 15 a Y 49).*
- *Geografická data z externího zdroje (např. naskenované mapy, kresby z Corelu) převedená do GISu, která mají relativní souřadnicový systém (tj. vzdálenost objektů je zachována podle původního měřítka) a neidentifikovanou projekci (tj. nelze provádět transformace mezi projekcemi jako u typu dat b.).*

To znamená, že rastrová data externě vstupující do GISu mají pouze relativní souřadnicový systém (1 pixel = 1 jednotka, ale rozlišení rastru může být např. 1 pixel =

10 metrů), bez souřadnicového systému ve skutečných jednotkách ([°], [m]) není možné identifikovat projekci, tudíž ani provádět transformaci mezi projekcemi (např. z WGS do Křovákova zobrazení).

Rastrová data z externího zdroje (př. naskenované mapy) se v GISu automaticky zobrazují na počátku souřadnicového systému [0;0] v relativním souřadnicovém systému a jejich převod do souřadnicového systému ve skutečných jednotkách se většinou provádí pomocí polynomické transformace. Polynomická transformace obrazu je založena na identifikaci stejných bodů v relativním souřadnicovém systému a následně v souřadnicovém systému se skutečnými jednotkami. Její přesnost je závislá na kvalitní identifikaci párových bodů (relativního a skutečného) a u rozsáhlých území také na volbě cílového souřadnicového systému (tj. u rozsáhlých území musí polynomická transformace proběhnout do původního souřadnicového systému, resp. do původní projekce; každá projekce jinak zkresluje / „deformuje“ území, což není možné řešit polynomickou transformací obrazu; správný průběh začlenění rastrových dat z externího zdroje do GISu je následovný:

Polynomická transformace obrazu z relativního souřadnicového systému do původního souřadnicového systému – následuje přiřazení původní projekce a poté je možné podle převodních rovnic data z původní projekce převést do jiné projekce.

Polynomická transformace obrazu bez přesně identifikovaných bodů a u rozsáhlých území bez identifikace původní projekce a jejího souřadnicového systému je velmi nepřesná.

Rastrová data z externího zdroje s relativním souřadnicovým systémem (tj. systémem pixelů ve sloupcích a řádcích) je možné spravovat v GISu stejnými funkcemi pro rastrová data jako rastrová data s geografickou polohou (tzn. je možná provést klasifikaci obrazu). Rastrová data z externího zdroje (naskenovaná mapa = rastrový obrázek) s relativním souřadnicovým systémem jde převést metodou klasifikace na samostatný pseudobarevný grid, který se dále převede na vektorová data s cílem umožnit

správu těchto dat v GISu stejnými funkcemi pro vektorová data jako pro vektorová data s geografickou polohou.

GIS umožňuje správu rastrových dat s relativním souřadnicovým systémem i správu vektorových dat odvozených od těchto rastrových dat.

GIS umožňuje k vektorovým datům zapisovat do atributové tabulky libovolný počet údajů k objektům vrstvy. Atributy k vektorovým objektům (bodům) je možné přidělovat i z prostorově překrytého gridu (např. z gridu digitálního modelu reliéfu přiřadit bodům nadmořskou výšku; z gridu zeměpisných šířek přiřadit bodům danou hodnotu). Prostorové překrytí gridu a vektorových dat je dáno jejich souřadnicovým systémem (tzn., pokud obě vrstvy mají vytvořený stejný relativní systém – zachování stejné relativní polohy objektů – mají stejné měřítko, mají v podstatě autorem vytvořený vlastní „geografický“ souřadnicový systém).

Pokud není možné spolehlivě převést rastrová data z externího zdroje v GISu z relativního souřadnicového systému do systému skutečných jednotek (z důvodu velkých lokálních deformací – zkreslení území - vlivem nedostatečné polynomické transformace), je možné data spravovat přímo v relativním souřadnicovém systému (převést rastrový obrázek -> pseudobarevný grid -> vektor), popř. vytvořit ze vstupních dat další vrstvy ve stejném relativním systému (např. grid zeměpisných šířek), což umožní správné prostorové překrytí a kombinaci vrstev ve stejném prostoru (např. přiřadit zeměpisnou šířku do atributu bodu).

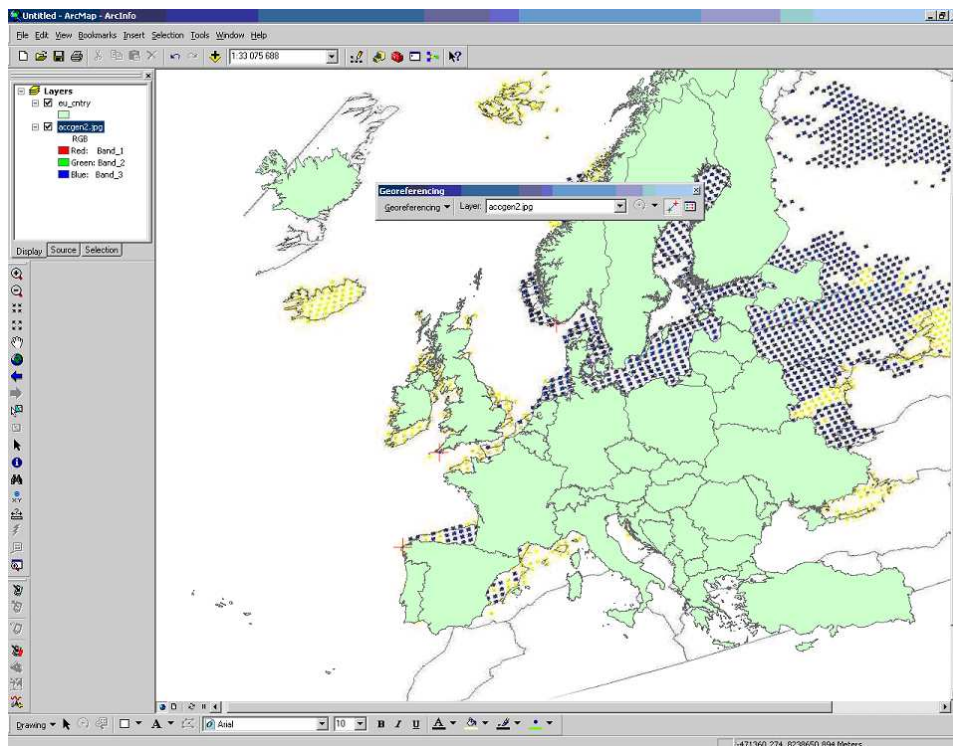
2.2.2 Provedení digitalizace

Mapy z Klimatického atlasu hnízdního rozšíření ptáků v Evropě (Huntley et al. 2007) byly naskenovány ve stejném rozsahu a uloženy do formátu *.JPG

Naskenované mapy ve formátu JPG mají v GISu charakter rastrových dat typu rastrový obrázek, který je tvořený překrytím 3 gridů [spektrálního pásma R (červené barvy), G (zelené barvy), B (modré barvy)] a zobrazuje se v relativním souřadnicovém systému (viz výše).

Při testovacích pokusech převést naskenované mapy z relativního souřadnicového systému do souřadnicového systému ve skutečných jednotkách pomocí polynomické transformace v programu ArcMap (verze ArcGIS 9.2) docházelo k značným lokálním deformacím obrazu, čímž byl výsledek pro další práci nepoužitelný, a proto část práce i nadále probíhala v relativním souřadnicovém systému.

Obr. 1: Ukázka nepřesnosti polynomické transformace map v prostředí programu ArcMap (verze ArcGIS 9.2).

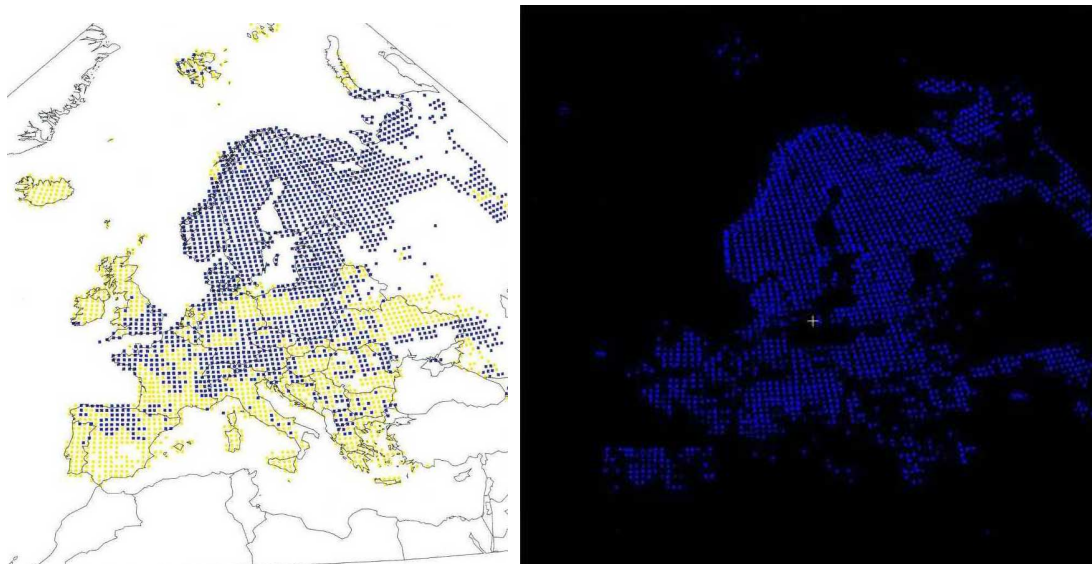


Pro převod rastrového obrázku tvořeného 3 gridy na samostatný pseudobarevný grid byl vybrán program PCI EOScape. Program PCI EOScape obecně slouží k základním operacím s multispektrálními družicovými snímky včetně použití metod klasifikace obrazových záznamů. Jedná se o výběr funkcí pro výukové účely z profesionálního programu PCI Geomatics. Program PCI EOScape byl vybrán vzhledem ke své dostupnosti, poměrně jednoduchému ovládní a vyhovující kvalitě klasifikačních metod za účelem převodu naskenovaných map Klimatického atlasu hnízdního rozšíření ptáků v Evropě (Huntley et al. 2007) na dále využitelná GIS data.

V programu EOScape byly naskenované mapy ve formátu JPG převedeny do formátu PIX (základního formátu sw. EOScape), který umožnil nad daty spuštění metody řízené klasifikace. V rámci metody řízené klasifikace si uživatel sám určuje výběr pixelů jako vzor – tzv. „trénovací plochy“, na jejichž základě jsou následně klasifikovány pixely v celém obrazu. Nadefinované tréninkové plochy byly uloženy do nově vytvořeného čtvrtého segmentu (~ pásma) v souboru PIX.

Výsledkem metody řízené klasifikace nad základními třemi gridy (~pásmy; ~segmenty) RGB rastrových obrázků map klimatického atlasu (Huntley et al. 2007) ve formátu PIX byly samostatné pseudobarevné gridy uloženy do nově vytvořeného pátého segmentu.

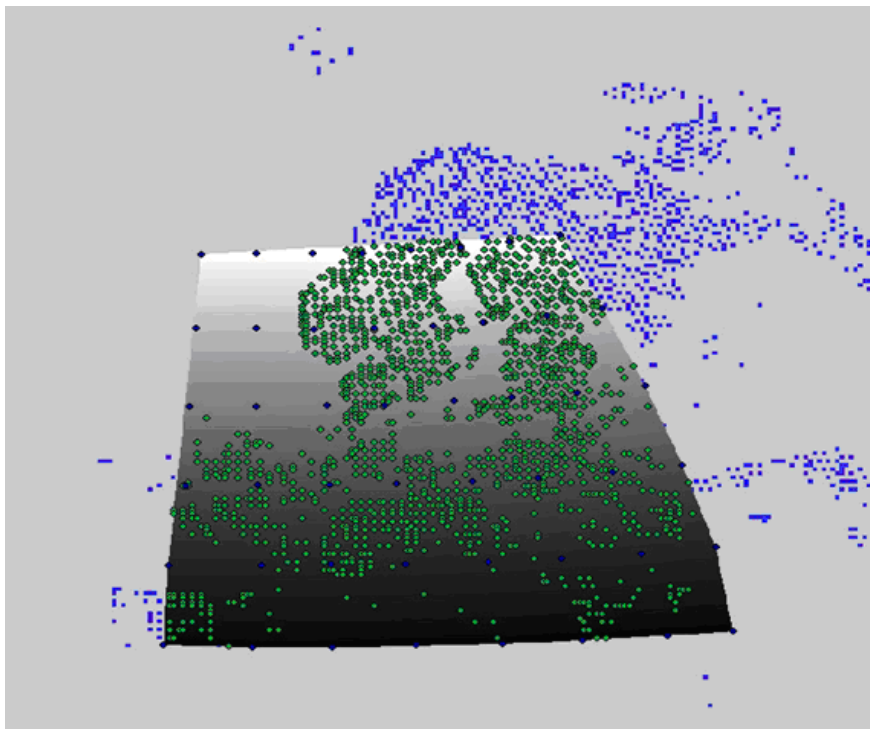
Obr 2 a 3: Znárodnění převodu rastrového obrázku (původní obrázek převzatý z Klimatického atlasu hnízdního rozšíření ptáků v Evropě (Huntley et al. 2007) na samostatný pseudobarevný grid.



Samostatné pseudobarevné gridy vytvořené metodou řízené klasifikace z rastrových obrázků naskenovaných map byly načteny do programu ArcMap (verze ArcGIS 9.2).

V programu ArcMap byla podle naskenovaných map zdigitalizována zeměpisná síť poledníků a rovnoběžek. Vznikla bodová vrstva průsečíků poledníků a rovnoběžek v intervalu 5° v relativním souřadnicovém systému rastrových obrázků.

Obr. 4: Zeměpisná síť poledníků a rovnoběžek vytvořená v programu ArcMap (verze ArcGIS 9.2) – modré body na zelené podkladové mapě na základě mapového výstupu z programu EOScape (modrá podkladová mapa).



Pozn: obr. 4 znázorňuje pouze výřez zeměpisné sítě.

S využitím extenze Spatial Analyst v programu ArcMap byla provedena prostorová interpolace (algoritmem Natural Neighbour) mezi digitalizovanými body. Jako základní známé vstupní hodnoty interpolace byly použity údaje o zeměpisné délce (resp. zeměpisné šířce). Výsledkem interpolace byl grid (spojité pole hodnot, ~ souvislé doplnění údajů o zeměpisné délce resp. šířce mezi vstupními body) zeměpisné délky (data typu ESRI GRID pojmenovaná „grd_lon“), resp. zeměpisné šířky (data typu ESRI GRID pojmenovaná „grd_lat“) s velikostí pixelu 1x1.

V programu ArcMap byla vytvořena vlastní skupina nástrojů Toolbox (ClimAtlas_v4.tbx) obsahující dva účelové modely sestavené v prostředí ModelBuilder pro hromadné zpracování příkazů nad předpřipravenými vstupními daty.

První model (01_AtlasHabit_PtsZero) pracuje se samostatnými pseudobarevnými gridy v předpřipraveném pátém segmentu souboru PIX.

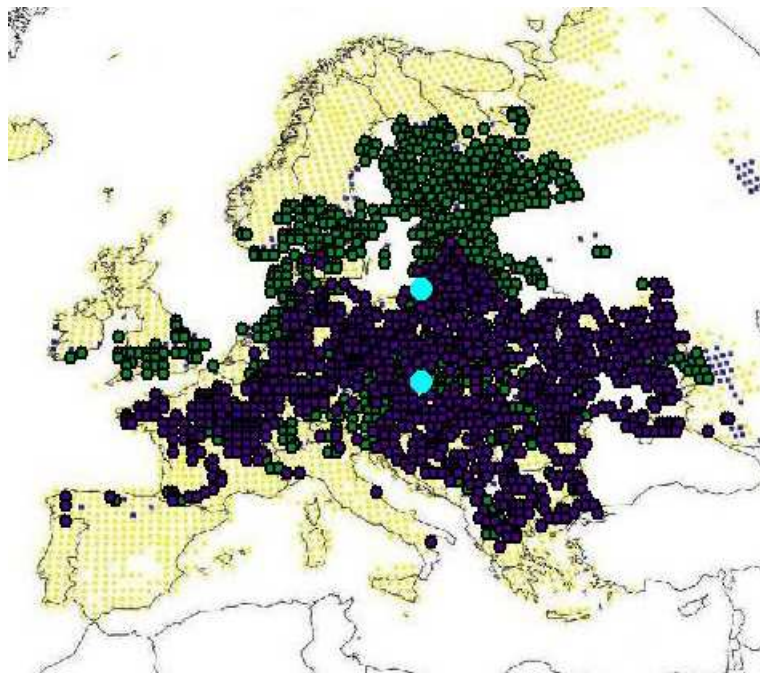
- a. Model změní velikost pixelu u vstupního gridu z pátého segmentu tak, aby jeden vizuální čtverec s informací o hnízdění na mapě odpovídal jednomu pixelu [tj. změna velikosti původních pixelů (~převzorkování; ~ *Resample*) po odzkoušení stanoveno na novou velikost o hodnotě 4].
- b. Převzorkovaná data model ořízne podle rozsahu interpolovaného gridu zeměpisných šířek (resp. délek) v relativním souřadnicovém systému.
- c. Model převede převzorkovaná, oříznutá rastrová data (typu samostatný pseudobarevný grid) na vektorovou bodovou vrstvu.
- d. Do atributové tabulky převedených bodů je každému bodu přiřazena funkcí *Extract Value to Points* hodnota gridu zeměpisné délky, resp. šířky, podle polohy jejich vzájemného překrytí.

Druhý model (02_AtlasHabit_Center4PtsWGS) navazuje na výstupy prvního modelu.

- e. Podle souřadnic zeměpisné délky a šířky zapsaných v atributové tabulce bodové vrstvy z prvního modelu se vytvoří pomocí funkce *Make XY Event Layer* bodová vrstva v souřadnicovém systému skutečných jednotek – tj. z původního relativního souřadnicového systému nascanovaných rastrových obrázků, ve kterém jsou interpolovány i gridy zeměpisné délky/šířky, dochází k převodu do souřadnicového systému WGS a to na základě číselných hodnot zapsaných v atributové tabulce.

- f. Model uloží vrstvu bodů hnízdění s reálnou geografickou polohou (λ, φ) a současně vygeneruje jejich geografický střed a medián.

Obr. 5: Ukázka výstupu programu ArcMap (verze ArcGIS 9.2) – grafické znázornění geografického středu (jižněji situovaný modrý bod) současného klimatického areálu (fialové body) a geografického středu (severněji situovaný modrý bod) predikovaného klimatického areálu (zelené body) u strakapouda prostředního (*Dendrocopos medius*).



2.3 Definice vysvětlujících proměnných

Za české ptáky jsme považovali všechny druhy, které podle údajů z posledního mapování hnízdního rozšíření v letech 2001-2003 v ČR prokazatelně či pravděpodobně hnízily (Šťastný et al. 2006). Pro každý z celkového počtu 206 druhů jsme vypsali následující ekologické charakteristiky z práce Kolečka et al. (2010), které jsme v dalším kroku vztáhli k predikovaným posunům klimatických areálů jednotlivých druhů:

1) U proměnné **typ areálu** jsme provedli rozdělení na druhy severní, což jsou druhy, které zaujímají méně než třetinu jižní Evropy, (za jižní Evropu je považována oblast se severní hranicí pět stupňů jižně od středu České republiky - European Environmental Agency, 2006) jižní druhy zaujímají méně než třetinu severní Evropy (za severní Evropu je považována oblast s jižní hranicí pět stupňů severně od středu České republiky - European Environmental Agency, 2006), druhy centrální jsou takové druhy, jejichž rozloha areálů nedosahuje jedné třetiny ploch severní a jižní oblasti zároveň a druhy široce rozšířené. Rozdělení bylo převzato z publikace Reif et al. 2008c.

typ areálu	zkratka	počet druhů
severní	N	68
jižní	S	52
centrální	C	21
druhy široce rozšířené	W	65

2) Typ preferovaného **habitatu**: zemědělská krajina, lesní krajina, městská krajina a mokřady

Typ habitatu	zkratka	počet druhů
zemědělská krajina	A	47
lesní krajina	F	79
městská krajina	U	19
mokřady	W	61

3) **migrace**, která zahrnovala druhy rezidentní, částečné migranty, druhy migrující na krátké vzdálenosti (Středomoří, západní Evropa) a druhy migrující na dlouhé vzdálenosti.

migrace	zkratka	počet druhů
rezidentní druhy	R	44
částeční migranti	P	22
migrující na krátké vzdálenosti	S	71
dálkoví migranti	L	69

4) Stupeň **zákonné ochrany** dělil druhy na nechráněné, ohrožené, vysoce ohrožené a kriticky ohrožené.

stupeň zákonné ochrany	zkratka	počet druhů
nechráněné	N	97
ohrožené	E	26
vysoce ohrožené	H	53
kriticky ohrožené	C	30

2.4. Statistická analýza

Pro zjištění souvislosti mezi predikovaným posunem klimatického areálu (vysvětlovaná proměnná) a jednotlivými ekologickými charakteristikami (vysvětlující proměnné) jsme použili analýzu variance (ANOVA). Tu jsme provedli v následujících krocích:

1) jednoduchá ANOVA pro každou proměnnou zvlášť

2) main-effects ANOVA, kde jsme porovnávali všechny proměnné najednou v jedné analýze

3) faktoriální ANOVA, kde jsme testovali v modelu se všemi proměnnými vliv možných interakcí mezi vysvětlujícími proměnnými. Vždycky jsme testovali jen jednu dvojnou interakci v jednom modelu, a to jednak kvůli zachování dostatečného počtu stupňů volnosti a jednak z důvodů obtížnosti interpretace interakcí vyšších řádů. Zkonstruovali jsme tedy celkem sedm modelů, které zahrnovaly všechny možné kombinace proměnných ve dvojnou interakci za současného odfiltrování vlivu všech ostatních proměnných.

Pro ověření možného vlivu společné evoluční historie zkoumaných druhů na zjištěné vztahy jsme nakonec všechny analýzy přepočítali pomocí linear mixed-effects modelů s náhodnými efekty druhu, rodu, čeledi a řádu (Jiguet et al. 2010; Reif et al. 2010b). Stálost vztahů po aplikaci těchto modelů poukazuje na to, že fylogeneze, v tomto případě zachycená pomocí taxonomických kategorií, nemá na výsledky významný vliv.

3. Výsledky

Průměrný posun klimatického areálu mezi současností a predikcí pro období 2070 - 2099 byl pro vzorek 206 druhů ptáku hnízdících v ČR 430 km (\pm směrodatná odchylka = 213 km). Největší predikovaný posun byl zjištěn u rákosníka zpěvného (*Acrocephalus palustris* - 1041 km), lejska malého (*Ficedula parva* - 937 km) a břehouše černoocasého (*Limosa limosa* - 935 km), naopak nejnižší hodnoty predikovaného posunu byly zjištěny u druhů vrána obecná (*Corvus corone* - 17 km), konipas bílý (*Motacilla alba* - 19 km) a orel mořský (*Haliaeetus albicilla* - 25 km).

3.1 Jednorozměrná analýza

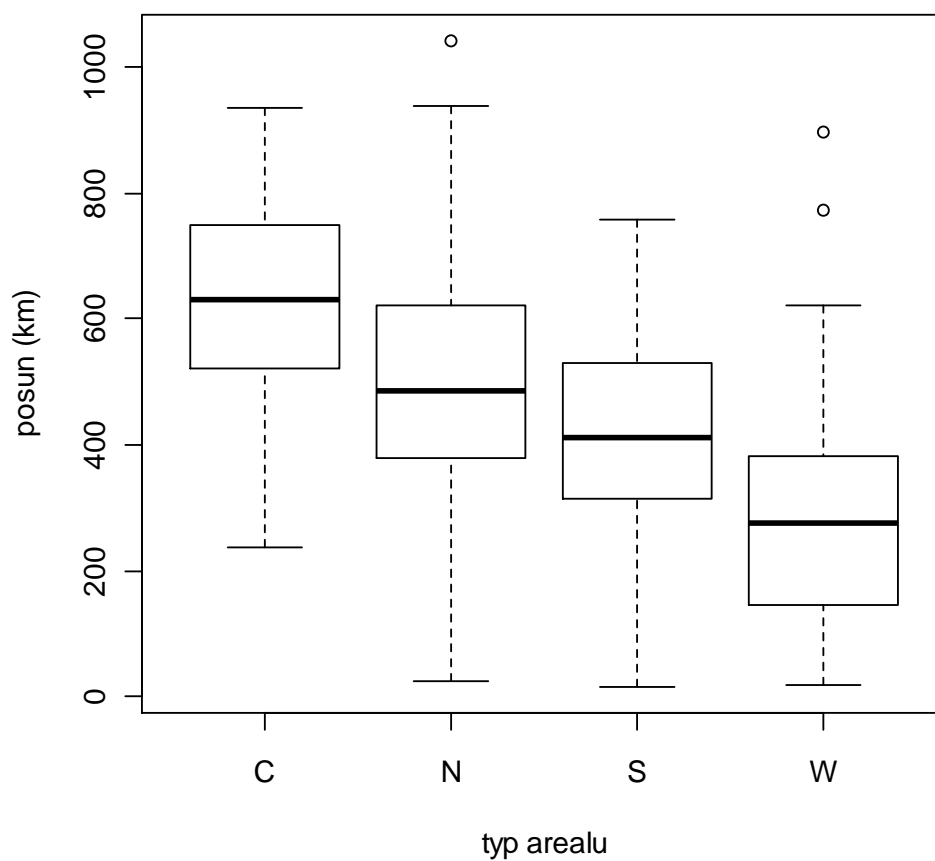
Signifikantní faktory vysvětlující mezidruhové rozdíly v predikovaném posunu byly podle jednorozměrné ANOVY habitat, areál a stupeň zákonné ochrany (Tab. 1).

Tab. 1: Vliv habitatových nároků (habitat), migrační strategie (migrace), typu areálu v Evropě (areal) a stupně legislativní ochrany (ochrana) na predikovaný posun evropských klimatických areálů českých ptáků mezi současností a obdobím 2070-2099 testovaný jednoduchou analýzou variance. Linear mixed-effects model zohlednil při stejné analýze vliv fylogeneze pomocí náhodného efektu taxonomického zařazení jednotlivých druhů.

	jednoduchá ANOVA		linear mixed-effects model	
	F - value	p - value	F - value	p - value
areal	24,29	<0,0001	23,51	<0,0001
habitat	4,63	0,004	4,63	0,004
migrace	1,66	0,177	1,13	0,342
ochrana	2,98	0,033	3,27	0,025

Z hlediska areálu se nejvíce posunou druhy centrální a o něco méně druhy severní. Nejmenší průměrný posun jsme zjistili u druhů široce rozšířených následovanými druhy jižními, viz graf č. 1. V Tab. 2 jsou znázorněny rozdíly v predikovaném posunu evropských klimatických areálů českých ptáků mezi současností a obdobím 2070-2099 mezi jednotlivými skupinami druhů v rámci proměnné areál. V případě habitatu se sídelní druhy posunou méně než polní ($t = 2.43$, $p = 0.016$), lesní ($t = 3.40$, $p < 0.001$) i mokřadní ($t = 3.53$, $p < 0.001$, graf č. 2). Mezi ostatními skupinami v rámci proměnné habitat jsme průkazné rozdíly v průměrném predikovaném posunu nezaznamenali. Průměrný posun jednotlivých skupin v rámci proměnné migrace je znázorněn v grafu č. 3. Z hlediska stupně zákonné ochrany se kriticky ohrožené a silně ohrožené druhy (průměrný posun = 478 km) posunou více než druhy neohrožené ($t = 2,284$, $p = 0,023$ (druhy neohrožené vs. kriticky ohrožené), resp. $t = 2.48$, $p = 0.014$ (druhy neohrožené vs. silně ohrožené)). Viz graf č. 4.

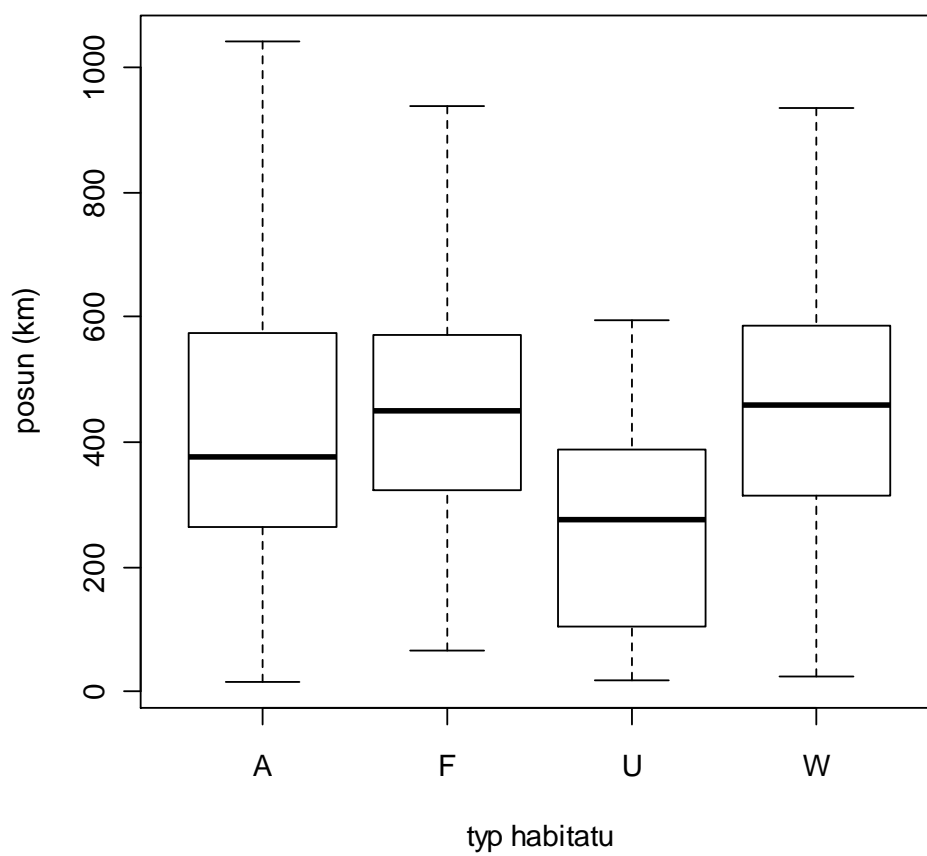
Graf č. 1: Průměrný predikovaný posun evropských klimatických areálů českých ptáků mezi současností a obdobím 2070-2099 u jednotlivých skupin ptáků v rámci proměnné **typ areálu:** druhy s centrálním typem rozšíření (C), severní druhy (N), jižní druhy (S), široce rozšířené druhy (W).



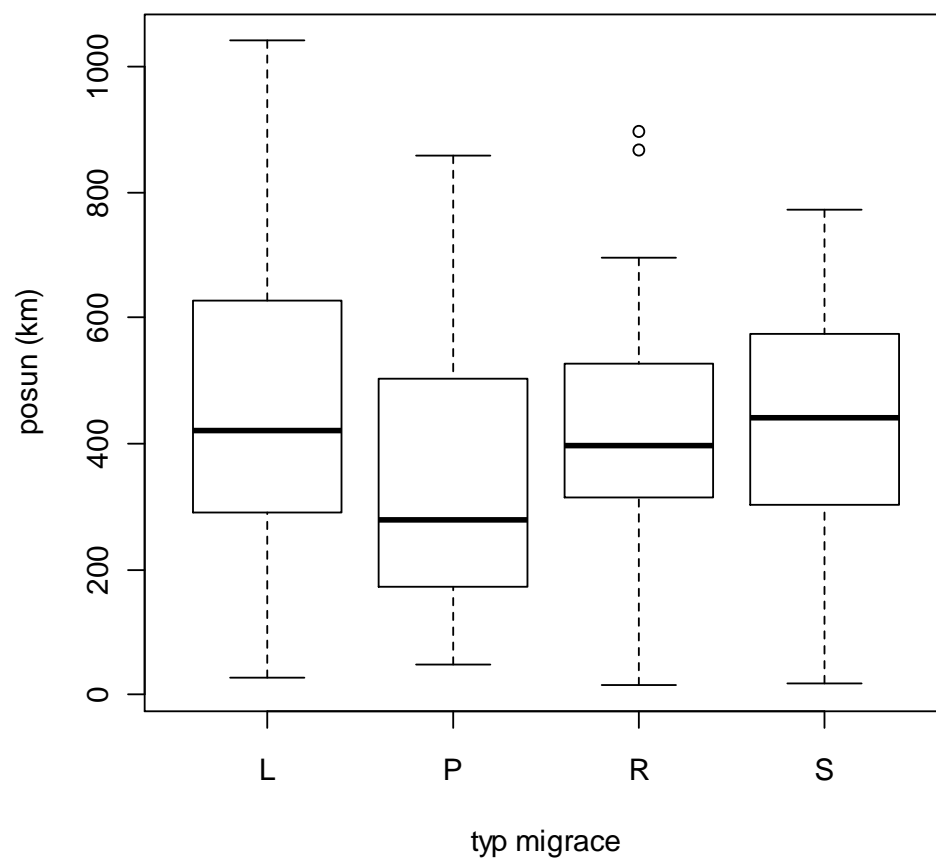
Tab. 2: rozdíly v predikovaném posunu evropských klimatických areálů českých ptáků mezi současností a obdobím 2070-2099 mezi jednotlivými skupinami druhů v rámci proměnné areál.

	t	p - value
centrální-jihní	4.536	<0.001
centrální -severní	3.148	<0.001
centrální – široce rozšířené	7.592	<0.001
jihní - severní	2.100	0.037
jihní - široce rozšířené	3.785	<0.001
severní - široce rozšířené	6.375	<0.001

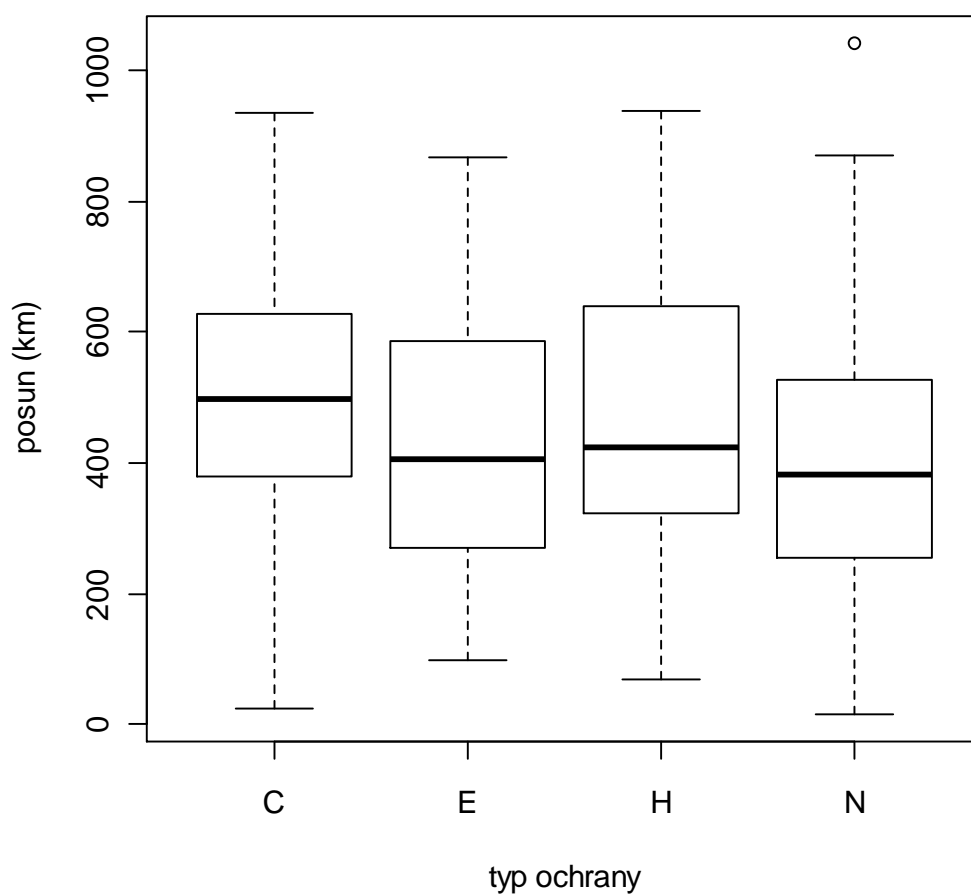
Graf č. 2: Průměrný predikovaný posun evropských klimatických areálů českých ptáků mezi současností a obdobím 2070-2099 u jednotlivých skupin ptáků v rámci proměnné **habitat**: Druhy zemědělské krajiny (A), lesní druhy (F), městské druhy (U), vodní ptáci (W)



Graf č. 3: Průměrný predikovaný posun evropských klimatických areálů českých ptáků mezi současností a obdobím 2070-2099 u jednotlivých skupin ptáků v rámci proměnné **migrace**: dálkoví migranti (L), částeční migranti (P), rezidentní druhy (R), ptáci migrující na krátké vzdálenosti (S).



Graf č. 4: Průměrný predikovaný posun evropských klimatických areálů českých ptáků mezi současností a obdobím 2070-2099 u jednotlivých skupin ptáků v rámci proměnné **stupěň zákonné ochrany**: kriticky ohrožené druhy (C), ohrožené druhy (E), vysoce ohrožené druhy (H), neohrožené druhy (N).



3.2 Main-effects ANOVA

Model testující vlivy všech proměnných najednou ukázal, že statisticky průkaznými faktory zůstaly pouze habitat a areál, stupeň zákonné ochrany byl neprůkazný (Tab. 3).

Tab. 3: Vliv typu areálu v Evropě (areal), habitatových nároků (habitat), migrační strategie (migrace) a stupně legislativní ochrany (ochrana) na predikovaný posun evropských klimatických areálů českých ptáků mezi současností a obdobím 2070-2099 testovaný mnohorozměrnou analýzou variance (Main-effects ANOVA). Linear mixed-effects model zohlednil při stejné analýze vliv fylogeneze pomocí náhodného efektu taxonomického zařazení jednotlivých druhů.

	mnohorozměrná ANOVA		linear mixed-effects model	
	F - value	p - value	F - value	p - value
areal	21,88	<0,0001	21,88	<0,0001
habitat	6,12	<0,0001	6,11	0,001
migrace	1,64	0,182	1,64	0,188
ochrana	1,03	0,379	1,03	0,383

3.3 Analýzy modelů s interakcemi

Signifikantní interakce vyšla mezi vlivem areálu a migrace (Tab. 4) a okrajově nesignifikantní byla i interakce mezi vlivem habitatu a migrace (Tab. 4). Interakce mezi ostatními faktory byly statisticky neprůkazné (Tab. 4). Z podrobnějšího rozboru interakcí vyplývá, že výrazný predikovaný posun klimatického areálu u centrálních druhů oproti druhům široce rozšířeným se týkal pouze těch, kteří migrují, a tedy v rámci rezidentních druhů nebyly rozdíly mezi skupinami druhů s různými typy rozšíření průkazné (Graf č. 5). U migrantů na dlouhé vzdálenosti byl kromě toho zjištěn i rozdíl mezi severními a široce rozšířenými druhy (první jmenované se posunou statisticky průkazně více, Graf č. 5) a mezi jižními a centrálními druhy (druhé jmenované se posunou statisticky průkazně více, Graf č. 5). Podobně v případě vlivu habitatu byl predikovaný posun menší u rezidentů než u migrantů na dlouhé i krátké vzdálenosti (Graf č. 6).

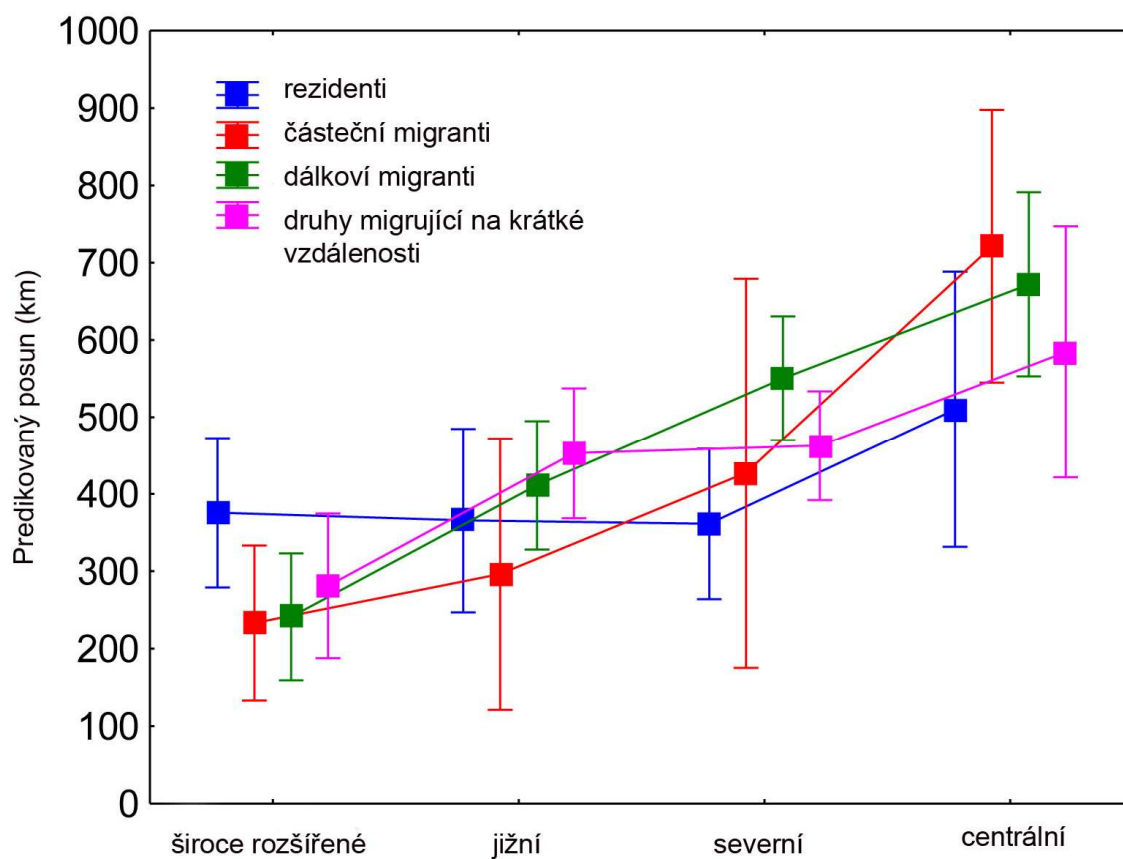
Tab. 4: Vliv možných interakcí mezi vysvětlujícími proměnnými typu areálu v Evropě (areal), habitatových nároků (habitat), migrační strategie (migrace) a stupně legislativní ochrany (ochrana) na predikovaný posun evropských klimatických areálů českých ptáků mezi současností a obdobím 2070-2099 testovaný analýzou modelu s interakcemi. Linear mixed-effects model zohlednil při stejné analýze vliv fylogeneze pomocí náhodného efektu taxonomického zařazení jednotlivých druhů.

linear mixed-effects model

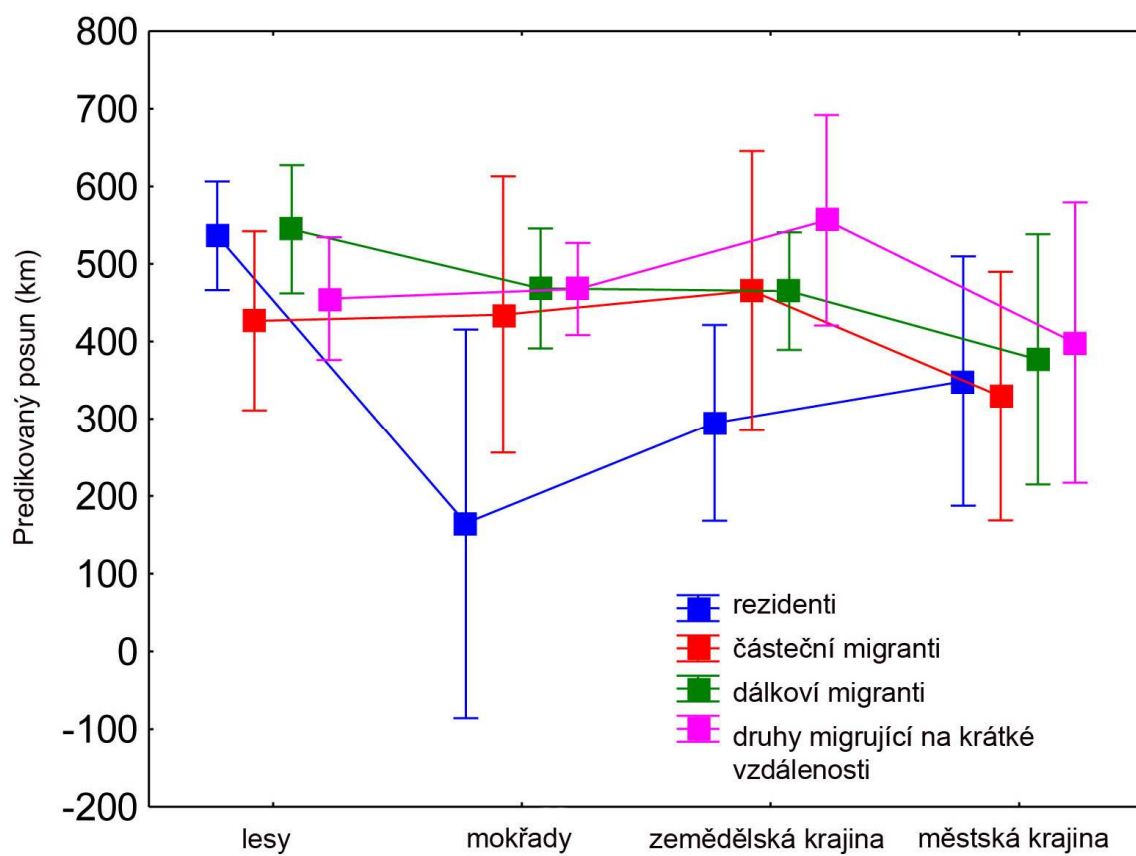
Interakce	F - value	p - value	F - value	p - value
habitat x migrace	1,88	0,057	1, 88	0,070
habitat x areal	1,41	0,187	1,41	0,203
habitat x ohrozeni *)	0,35	0,947	0,27	0,947
migrace x areal	2,27	0,019	2,73	0,009
migrace x ohrozeni	1,34	0,219	1,34	0,234
areal x ohrozeni	1,23	0,276	1,28	0,264

*) pro tuto analýzu v lmm byly sloučeny kategorie silně a kriticky ohrožené kvůli nízkému počtu stupňů volnosti

Graf č. 5: Rozdíly v posunu areálů českých ptáků mezi současností a obdobím 2070-2099 mezi skupinami druhů s různými typy rozšíření v interakci s typem migrace.



Graf č. 6: Rozdíly v posunu areálů českých ptáků mezi současností a obdobím 2070-2099 mezi skupinami druhů s různým typem habitatu v interakci s typem migrace.



3.4 Zhodnocení vlivu fylogeneze

Linear mixed-effects models ukázaly stejné signifikantní faktory jako modely nezohledňující příbuznost jednotlivých zkoumaných druhů (Tab. 1, Tab. 4). Lze tedy předpokládat, že zjištěné vztahy nejsou důsledkem fylogenetické závislosti, a stojí za nimi jiné faktory ovlivňující ekologii jednotlivých druhů.

4. Diskuse

Klima do velké míry formuje rozšíření organismů na Zemi a u některých obzvláště citlivých druhů je jeho hlavní determinantou (Hawkins et al. 2003). Kromě toho teplotní podmínky a dostupnost srážek ovlivňují fungování celých ekosystémů (Begon et al. 1997), kdy se toto fungování při nárůstu či poklesu i jedné z těchto složek může výrazně změnit, často i velmi překvapivým směrem (Zhao & Running 2010). Na druhové úrovni dochází při změně klimatických podmínek k posunu rozšíření do oblastí, kde se klima co nejvíce podobá tomu, které panovalo v původních zeměpisných šířkách (Thomas and Lennon 1999).

Podstatou mé práce bylo za pomoci map klimatického rozšíření publikovaných v Klimatickém atlase hnízdního rozšíření ptáků v Evropě (Huntley et al. 2007) posoudit, jak které skupiny ptáků mohou v budoucnu (během 21. století) posunout svůj areál. V případě středoevropských druhů, jejichž ekologické požadavky jsou dobře prostudované (viz Cramp 1998), jsme se též pokusili odhadnout, zda tyto jejich ekologické charakteristiky do toho, jak se rozšíření druhů v budoucnu posune, mohou významným způsobem promluvit.

4.1 Diskuse výsledků

Po provedení statistických analýz jsme zjistili, že v souboru 206 druhů ptáků prokazatelně či pravděpodobně hnízdicích na území České republiky existuje vztah mezi predikovaným posunem klimatického areálu a některými ekologickými charakteristikami jednotlivých druhů. Nejtěsnější souvislost s predikovaným posunem vykazoval typ rozšíření v Evropě, statisticky významná byla i souvislost s typem habitatu, kde druh hnízdí. Tyto výsledky zpřesňují závěry studií Huntley et al. (2006, 2008), kteří ukázali, že evropská avifauna v druhé polovině tohoto století bude podle výsledků jejich modelů zásadně prostorově reorganizovaná. Naše výsledky naznačují, že mezi druhy existují

systematické rozdíly v těchto prostorových změnách vysvětlitelné jejich ekologickými nároky.

Podle našich výsledků jsou druhy s největším posunem klimatického areálu omezené svým rozšířením na střední Evropu. U těchto druhů tedy můžeme v relativně blízké budoucnosti očekávat v této oblasti značný pokles početnosti jejich populací, protože se centrum jejich rozšíření posune do severnějších oblastí. Oproti tomu druhy, které svým širokým rozšířením pokrývají Evropu od jihu na sever, své areály během 21. století posunou pouze minimálně. Tyto výsledky jsou v souladu se zjištěním, že současné klimatické změny více postihují ekologické specialisty než generalisty (Jiguet et al. 2007), kdy platí, že široké rozšíření mají spíše ekologicky méně specializované druhy (Brown 1984). Zde se nabízí úvaha, jestli se rozšíření generalistů pod vlivem oteplování mění méně proto, že se jejich velké areály už nemají kam posunovat oproti malým areálům specialistů, anebo proto, že ekologický generalismus skutečně umožňuje se těmto druhům lépe vyrovnat s následky oteplování na lokální úrovni, takže pak chybí tlak na posun areálu.

Střední hodnoty v predikovaném posunu vykazují druhy se severním a jižním typem rozšíření, které se posunuly méně než druhy omezené na střední Evropu, ale více než druhy široce rozšířené. Podobně jako u centrálních druhů budeme moci i v případě těchto druhů v budoucnu očekávat určité omezení výskytu, které se již v dnešní době projevuje úbytkem početnosti (Reif et al. 2008c). Také u jižních druhů lze náznak posunu směrem na sever pozorovat i na nedávných změnách rozšíření jak ve střední Evropě (Reif et al. 2010a), tak i v dalších částech kontinentu (Thomas and Lennon 1999, Brommer 2008). Ovšem jak ukazují Reif et al. (2010a), jejich šíření u severních hranic areálu je podmíněno existencí vhodného hnízdního prostředí. Pokud ptáci v severnějších oblastech příznivé prostředí nenajdou, např. v důsledku jeho zničení činností člověka či z důvodu absence specifických podmínek, velmi pravděpodobně nedojde důsledkem změny klimatu k posunu areálu, ale pouze k jeho zmenšení.

Popsané posuny areálů u skupin druhů rozdělených podle typu rozšíření jsou poměrně triviální a očekávatelné, jelikož je formují zejména geometrická omezení a ekologie se uplatňuje v menší míře (viz Šizling et al. 2009). Zajímavější je pohled na další zkoumané proměnné, zejména vliv hnízdního habitatu. Zde je nejpatrnější rozdíl mezi druhy obývajícími městská prostředí, které se mají posunout ze všech skupin nejméně a lesními ptáky, kteří se mají posunout nejdál. Tento výsledek je statisticky průkazný i po odfiltrování vlivu ostatních proměnných, takže nelze odbýt jednoduchým vysvětlením, že např. městské druhy mají největší areály, takže nenacházejí tolik prostoru k šíření. Druhy lidských sídel jsou tedy podle našich výsledků méně citlivé na klimatické změny. Zřejmě proto, že podmínky limitující početnost ptáků ve městech (jako např. dostupnost potravy) nejsou příliš ovlivňovány klimatem, a tudíž nedochází k tak velkému posunu jejich areálů, ale větší roli hrají jiné faktory (např. výstavba).

Naopak klimatické podmínky v lesních ekosystémech ptáky zřetelně ovlivňují, a to jak zejména prostřednictvím omezení potravní nabídky nebo (ve specifických případech) působením zvýšeného predatorního tlaku (Martin 2007). V hnízdní sezóně totiž dochází k výraznějšímu posunu data maximálního výskytu hmyzí potravy, než na jaký jsou inaktivní druhy schopny zareagovat posunem své doby hnízdění, což vede ke snížení hnízdní úspěšnosti a v důsledku toho i k lokálnímu poklesu početnosti populace (Both & Visser 2001, Both et al. 2010). Lesní hmyzožravci, kteří tvoří většinu druhového bohatství temperátních ptačích společenstev (Mönkönnen & Viro 1997), by z tohoto důvodu měli být tlačeni k posunu směrem na sever do chladnějších oblastí, aby tuto disharmonii omezili. Na druhou stranu je může omezovat zpoždění posunu rozšíření jejich hnízdního biotopu, protože lesní porosty vzhledem k dlouhověkosti stromů a jejich relativně pomalému růstu nereagují na růst teplot tak pružně jako živočichové (Harsch et al. 2009).

Výrazně ovlivněné klimatickou změnou se zdají být areály mokřadních druhů. Klimatické modely předpovídají vysušování podnebí jižních oblastí Evropy v průběhu 21. století (Zhao & Running 2010), což se může projevit právě posunem areálů mokřadních druhů do severnějších zeměpisných šířek. Data za poslední dvě desítky let

skutečně ukazují rozšiřování okupancí mokřadních druhů v České republice (Koleček et al. 2010), přičemž řada těchto druhů má centrum rozšíření v jižní Evropě (Hagemeijer & Blair 1997).

Podle našich výsledků nesouvisí (alespoň u českých ptáků) migrační strategie jednotlivých druhů (testovaná samostatně) s predikovaným posunem jejich areálů. Nicméně podrobnější analýza interakcí mezi jednotlivými faktory odhalila, že migrační strategie modifikuje vliv zejména polohy areálu v Evropě a částečně i habitatu. Zde se ukázalo, že efekt těchto faktorů je omezen v podstatě pouze na tažné druhy a z nich je nejvýraznější u dálkových migrantů. Toto zjištění je v souladu se současnými studiemi, podle kterých by se měl vliv klimatických změn projevit více u migrantů (zejména dálkových) než u rezidentů (Both et al. 2006, Möller et al. 2008, Lemoine & Böhning-Gaese 2003). Je tomu tak proto, že migranti (zejména dálkoví) mají do značné míry geneticky determinované časové schéma návratu ze zimovišť na hnízdiště (Berthold 2001), takže nemohou reagovat na oteplení v hnízdní sezóně stejně pružně jako částeční migranti nebo rezidenti (Rubolini et al. 2010). Proto by se mělo rozšíření migrujících druhů posunout více. Na druhou stranu vztah mezi změnami klimatu a migrační strategií není jednoznačný – Schaefer et al. (2008) ukázali, že za určitých podmínek mohou z oteplování klimatu profitovat rezidenti, za jiných zase migrující druhy. Pokud totiž zimní teplota nebude na rozdíl od teploty v hnízdní sezóně vzrůstat, nebudou se populace rezidentů, pro které je zima obdobím nedostatku limitujícím jejich početnost, zvyšovat. Naopak ty druhy migrantů, které jsou behaviorálně flexibilní a mohou na zvýšení jarní teploty reagovat zvýšením hnízdní produktivity (např. opakováním hnízdění), budou za těchto podmínek z oteplování profitovat, pokud na migračních trasách a na zimovištích najdou dostatek potravních zdrojů pro onen vyšší počet potomků z hnízdní sezóny. Naopak zvýšením zimní teploty budou podpořeny populace rezidentů oproti migrantům, protože slabší limitace populací stálých druhů díky stále mírnějším zimám bude znamenat zesílení mezidruhového konkurenčního tlaku na migranty, přičemž díky tomu, že rezidenti obsadí nejkvalitnější teritoria dříve, budou v podmínkách zesílené mezidruhové konkurence zvýhodněni a jejich populace by tedy měly růst na úkor populací migrantů.

Nicméně všechny tyto výsledky se týkaly změn početnosti, a nikoliv posunu areálu. Jedna z mála studií, která dokládá výrazný posun hnízdního rozšíření ve střední Evropě (v tomto případě ovšem altitudinálního) vlivem již proběhnuvších klimatických změn u dálkového migranta (čápa bílého *Ciconia ciconia*), je Tryjanowski et al. (2005).

Velmi důležitým zjištěním naší studie je výraznější predikovaný posun u druhů silně a kriticky ohrožených, než u druhů nechráněných. Znamená to, že k současným ohrožujícím faktorům, které těmto druhům na území ČR ztěžují existenci, jako je např. ničení hnízdních habitatů (Voříšek et al. 2008), se přidává i budoucí klimatická změna, která bude tyto druhy dále vytlačovat z našeho území směrem na sever. Vzhledem k současné nízké efektivitě legislativní ochrany ptáků v ČR (Voříšek et al. 2008) je toto zjištění varující. Na druhou stranu z výsledků mnohorozměrné ANOVY vyplývá, že pro detekované rozdíly v predikovaném posunu klimatického areálu nehraje roli samotný stupeň zákonné ochrany, nýbrž ekologické vlastnosti druhů, které jsou s ním korelované, jako jsou typ rozšíření v Evropě nebo biotopové nároky. Je zjevné, že např. u jižních nebo centrálních druhů, které jsou zároveň předmětem zákonné ochrany a které budou podle predikcí klimatických modelů vystaveny největším tlakům na posun směrem na sever, je třeba dbát na vytvoření dostatečného množství příznivého prostředí (viz též Reif et al. 2010a).

4.2 Problematické stránky práce

S volbou metody dochází k přistupování na kompromisy, jelikož stejně jako je určitá metoda pro konkrétní pokus více vhodná, má i jisté slabé stránky. První problém se skrývá v určení samotného klimatického areálu. Poněvadž nejen klima, ale i geografická omezení (např. horstva nebo pobřeží), typ biotopu a biotické interakce jsou limitujícími pro rozšíření konkrétního druhu (Jiménez – Valverde 2011). Ačkoliv se některé z těchto faktorů za určitých okolností ukazují jako rozhodující činitelé (např. v globálním měřítku je drtivá většina areálů terestrických ptáků definitivně omezena hranice kontinentů, Šizling et al. 2009, nebo naopak v jemném měřítku horských masivů je altitudinální rozšíření

tropických druhů udržováno mezidruhovou kompeticí, Jankowski et al. 2010), v rámci biogeografických oblastí klima skrze produktivitu prostředí omezuje velikost populací a řídí i disperzi organismů (Storch et al. 2006). Lokální biotopové podmínky pak v hrubém měřítku kontinuální areály přetváří na mozaiku osídlených a neosídlených ploch v rámci klimaticky vhodné oblasti (Soberón 2007). Z tohoto důvodu v místech, kde jsou klimatické podmínky pro výskyt konkrétního druhu vhodné, se vůbec tento druh nemusí reálně vyskytovat. To se může při mapování rozšíření ptáků v síti 50 x 50 km, která byla použita pro zde analyzované mapy (Hagemeyer & Blair 1997), projevit dvěma protichůdnými způsoby. Za prvé zde budou existovat klimaticky příznivé kvadráty, které budou neobsazené, protože tam daný druh nebude nacházet vhodný biotop. Za druhé mohou být obsazené kvadráty, jejichž klima bude v průměru pro daný druh nevhodné (a tento průměr vstoupí do klimatických modelů), ovšem tento druh v nich bude přítomen pouze na velmi omezeném území s příznivými mikroklimatickými podmínkami. Oba tyto faktory mohou způsobit zkreslení při kvantifikaci vztahů mezi rozšířením a klimatickými podmínkami, a tím pádem i zkreslení podoby předpovězených klimatických areálů pro druhou polovinu 21. století.

Toto zkreslení se může mezi druhy lišit v závislosti na jejich vlastnostech, zejména velikosti těla. Předpokládá se, že větší druhy zaujímají v průměru větší území a vyžadují rozlehlejší plochy habitatů než druhy malé. Je možné, že použitá kvadrátová síť s vhodnými klimatickými podmínkami nebude zachycovat tyto větší druhy.

Dalším důvodem pro nižší efektivitu tohoto modelu je i fakt, že některé druhy též nemusí obsazovat klimaticky vhodná území z důvodu lovu (vodní ptáci, dravci - Huntley et al. 2007).

Problematickou skupinou jsou ptáci preferující hnízdiště na pobřeží, na ostrovech či v mokřadech. Tyto druhy mají na hnízdní habitat často specifické požadavky (určitý typ substrátu, salinita atp.). Tyto konkrétní faktory se obvykle vyskytují roztroušeně, tudíž jejich zastoupení v pobřežních oblastech je značně nerovnoměrné. U mořských ptáků navíc vstupuje do hry i potravní nabídka ovlivněná oceánským

proděním, výstupnými proudy a dalšími oceánografickými faktory. V důsledku tohoto pak mokřadní druhy často neosidlují predikované oblasti, i přestože jsou z klimatického hlediska vhodné. Nicméně mezi ptáky hnízdícími v České republice se mořské druhy nevyskytují (Šťastný et al. 2006).

Určitým problémem je územní záběr Klimatického atlasu hnízdního rozšíření ptáků v Evropě. Mapy klimatických areálů nezahrnují úplné klimatické požadavky druhů. Do této skupiny patří zejména druhy hnízdící v severní Africe (v porovnání s Hagemeyer & Blair 1997 and Snow & Perrins 1998). Tento fakt může způsobit do jisté míry zkreslení predikce budoucích klimatických areálů (Jiménez-Valverde et al. 2011) vzhledem k podhodnocení předpovídaného rozšíření v jižní části areálů (Barbet-Massin et al. 2010). Nicméně, naše studie se zaměřuje primárně na oblast střední Evropy a konkrétně na druhy hnízdící v České republice. Klimatické areály těchto konkrétních druhů jsou dostatečně pokryty v mapách tohoto atlasu (Huntley et al. 2007), a proto je tento zdroj zkreslení v našich výsledcích pravděpodobně poměrně malý.

K jistým nepřesnostem došlo ale i v rámci digitálního zpracování dat z důvodu výběru oblasti, s níž jsem pracovala. Při digitalizaci jsem do výběru nezahrnula území Ruska a to z důvodu ne zcela věrohodného datového zastoupení samotného atlasu (Hagemeyer & Blair 1997).

V neposlední řadě jsou i některé metody, jako například klimatické modely, dnes již trochu zastaralé. Ačkoliv existují i novější modely klimatických areálů (např. GFDL CM2.X, SGCM, ECHAM5), údaje v Huntley et al. (2007) jsou dostupné pro všechny evropské ptačí druhy a úzká korelace mezi současným potenciálním klimatickým areálem jednotlivých druhů a jejich současným skutečným rozšířením ukazuje, že klimatické areály jsou v tomto zdroji pravděpodobně velmi věrně podchyceny (Huntley et al. 2008).

4.3 Závěr diskuse

Nalezené souvislosti mezi predikovaným posunem areálů jednotlivých druhů a jejich ekologickými charakteristikami slouží k hrubé orientaci v možných dopadech budoucích klimatických změn na středoevropskou avifaunu. Tyto výsledky mohou ukázat cesty dalším studiím, které by se měly zaměřit na odhalení kauzálních vztahů mezi klimatickou změnou a změnou rozšíření ptáků.

5. Závěr

Ve své práci jsem se snažila zjistit, zda druhy budou v budoucnu vlivem klimatických změn posouvat hranice svých areálů dále k severním šířkám. K tomuto výsledku jsem bez výjimky dospěla u všech zkoumaných druhů. Mým dalším záměrem bylo zjistit, zda tento predikovaný posun souvisí s ekologickými charakteristikami daných druhů; tedy s typem rozšíření, s habitatem, který daný druh osidluje, s migrační strategií a s mírou legislativní ochrany daného druhu. Zjistila jsem, že predikovaný posun koreluje s typem rozšíření (více rozšířené druhy se posunou méně), což jsou poměrně očekávané výsledky vzhledem k souvislosti tohoto faktoru s omezujícím účinkem geometrie kontinentů. Další (a zajímavější) souvislost byla prokázána s typem habitatu, kdy jsem zjistila, že městské druhy ptáků se posunou méně, než druhy obývající jiné typy prostředí. Vysvětluji si to menší závislostí městských druhů na klimatických podmínkách; o jejich rozšíření rozhodují jiné faktory spojené s městským prostředím, a tedy i vliv budoucích klimatických změn na tyto druhy bude menší. Vliv typu rozšíření v Evropě i vliv hnízdního biotopu interagují s migrační strategií - oba tyto vlivy se projevují více u druhů tažných než u druhů stálých, což souhlasí se současnými poznatky jiných studií popisujících vyšší citlivost migrantů na právě probíhající klimatické změny. Z pohledu legislativní ochrany jsem zjistila větší posun u druhů přísněji chráněných, který však vymizel po zahrnutí dalších výše popsaných faktorů do statistického modelu. Ochrana druhů tedy zřejmě souvisí s jejich habitatovými nároky a/nebo typem rozšíření v Evropě, které mají s predikovanými posuny areálů těsnější vazbu. Na druhou stranu mé zjištění znamená, že bychom se měli připravit na možné opuštění našeho území řadou nyní chráněných druhů ptáků. Žádný z popsaných vztahů nebyl ovlivněn fylogenetickou příbuzností zkoumaných druhů, kterou jsem vyjádřila a do statistické analýzy zahrнула pomocí taxonomických kategorií.

Otázkou, jak klimatické změny působí na ptačí společenstva a jaký dopad na ně mají některé další faktory, se zabývá mnoho studií. Přestože je známo, že jak změny

v krajině, tak změny klimatu na ptačí společenstva působí, je stále ještě nejasné, který z těchto dvou faktorů má na dynamiku populací větší vliv. Ba co víc, není snadné rozluštit interakce mezi rozdílnými faktory, které působí na stejnou skupinu stejným způsobem. Proto je velice obtížné při studiu jednotlivých faktorů jednoznačně říci, zda ten či onen faktor má bezprostřední dopad na pokles populace (Lemoine 2007). Dle mého názoru by rozluštění těchto otázek mělo být prioritou pro další formulaci ochranných opatření. Protože pokud bude legislativa stavěna jen na kusých informacích, nikoliv na komplexním obrazu, pak se ochranné snahy budou mít účinkem. Na tuto práci je v budoucnu možné navázat právě výše zmíněným výzkumem.

Literatura

ArcGIS 9, Version 9.2, 2006 ESRI

Barbet-Massin M., Walther B. A., Thuiller W., Rahbek C. and Jiguet F. (2009) Potential impacts of climate change on the winter distribution of Afro-Palaeartic migrant passerines. *Biology. Letters*, 5, 248-251.

Bauer H.-G., Peintinger M., Heine G., Zeitler U. (2005) Veränderungen der Brutvogelbestände am Bodensee – Ergebnisse der halbquantitativen Gitterfeldkartierung 1980, 1990 und 2000. *Vogelwelt*, 126:141–160.

Bauer H.- G., Lemoine N. C. and Peintinger M. (2008) Avian species richness and abundance at Lake Constance: diverging long-term trends in Passerines and Nonpasserines. *Journal of Ornithology*, (2008) 149:217–222.

Begon M., Harper J. L. and Townsend C. R. **Ekologie.** (1997) Jedinci, populace a společenstva. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc

Berthold P. (2001) Bird Migration. 2nd ed. Oxford (United Kingdom): Oxford University Press.

Bičík I., Jančák V. (2004): The transformation of the Czech agriculture after 1990. In: Drbohlav, D., Kalvoda, J., Voženílek, V. (2004): Czech geography at the Dan of the millenium. ČGS, Palacky University in Olomouc, Olomouc, s. 279–292.

Bičík I. , Jančák V. (2006): Czech agriculture in the integrating Europe. *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, č. 48, s. 155–165.

Böhning-Gaese K. and Lemoine N. (2004). Importance of climate change for the ranges, communities and conservation of birds. *Adv. Ecol. Res*, 35, 211-236.

Both C. and Visser M. (2001) Adjustment to climate change is constrained by arrival date in long-distance migrant bird. *Letters to Nature*, 411: 296-298.

Both C., Bouwhuis S., Lessells C. M and Visser M. E. (2006) Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature*, 441, 81-83.

Both C., Van Turnhout C.A.M., Bijlsma R.G. (2010) Avian population consequences of climate change are most severe for long-distance migrants in seasonal habitats. *Proceeding of the Royal Society Biological Sciences*, Vol: 277, 1685, 1259-1266.

Bouma J., Varralyay G., Batjes N.H. (1998) Principal land use changes anticipated in Europe Agriculture. *Ecosystems and Environment*, 67, 103–119.

Brommer J.E. (2004). The range margins of northern birds shift polewards. *Ann. Zool. Fenn.*, 41, 391–397.

Brommer J.E. (2008) Extent of recent polewards range margin shifts in Finnish birds depends on their body mass and feeding ecology. *Ornis Fennica*, 85, 109 – 117.

Brown J. H. (1984) On the relationship between abundance and distribution of species. *The American Naturalist*, Vol. 124, No. 2, p 255 – 279.

Brown J.H. and Lomolino M.V. (1998) *Biogeography* (2nd ed). Sinauer, Sunderland, MA

Butler S.J., Brooks D.R., Feber R.E., Storkey J., Vickery J.A., Norris K. (2009) A crosstaxonomic index for quantifying the health of farmland biodiversity. *Journal of Applied Ecology*, 46, 1154–1162.

Ciscar J. C. (2009) Climate change impacts in Europe - Final report of the PESETA research project

Cramp S. (1998) *The Complete Birds of the Western Palearctic on CDROM*. Oxford University Press, Oxford, UK

Crick H. Q. P. (2004) The impact of climate change on birds. *Ibis*, 146, 48-56.

Cubasch U. (2001) Projections of future climate change, in *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, edited by J.T. Houghton et al., 525-582, Cambridge Univ. Press, New York.

Czech H. A. and Parson K. C. (2002) *Agricultural Wetlands and Waterbirds: A Review*, *Waterbirds* 25(Special Publication 2): 56-65.

Donald P.F., Sanderson F.J., Burfield I.J., Bierman S.M., Gregory R.D., Waliczky Z. (2007) International Conservation Policy Delivers Benefits for Birds in Europe. *Science* ,317:810–813.

Dugan P.J. (Ed.) (1990) *Wetland Conservation: A review of current issues and required action*. IUCN, Gland, Switzerland. 96 pp.

Duncan P., Hewison A. J. M., Houte S., Rosoux R., Tournebize T., Dubsi F., Bureli F. and Bretagnolle V. (1999) Long-term changes in agricultural practices and wildfowling in an internationally important wetland, and their effects on the guild of wintering ducks. *Journal of Applied Ecology*, (1999) 36, 11-23.

EEA report (2006). *Agriculture and the Environment in the EU Accession Countries: Implications of Applying the EU Common Agricultural Policy* European Environment Agency, Copenhagen, Denmark

EEA report (2008) Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment , No 4/2008

Evans K. L., Chamberlain D. E., Hatchwell B. J., Gregory R. D. and Gaston K. J. (2011) What makes an urban bird?. *Global Change Biology*, 17: 32–44.

Feranec J., Suri M., Otahel J., Cebecauer T., Kolář J., Soukup T., Zdeňková D., Waszmuth J., Vajdea V., Vijdea A.-M., Nitica (2000) Inventory of major landscape changes in the Czech Republic, Hungary, Romania and Slovak Republic 1970s–1990s. *Int J Appl Earth Obs Geoinf*, 2:129–139.

Gaston K.J. (2003) The structure and dynamics of species geographic ranges. Oxford: Oxford University Press.

Gregory R. D., Willis S. G., Jiguet F., Voříšek P., Klvaňová A., et al. (2009) An Indicator of the Impact of Climatic Change on European Bird Populations. *PLoS ONE* 4(3): e4678.

Gregory R.D., Voříšek P., van Strien A., Meyling A.W.G., Jiguet F., Fornasari L., Reif J., Burfield I.J. (2007) Population trends of widespread woodland birds in Europe. *Ibis* 149:78–97.

Hagemeijer W.J.M., Blair M.J. (1997) The EBCC atlas of European breeding birds. Their distribution and abundance. T & AD Poyser, London

Harsch M. A., Hulme P. E., McGlone M. S. and Duncan R. P. (2009) Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline reponse to climate warming. *Ecology Letters* 12: 1040 – 1049.

Hawkins B. A., Porter E. E. and Felizola Diniz-Filho J. A. (2003) Produktivity and history as predictors of the latitudinal diversity gradient of terrestrial birds. *Ecology*, June, Vol. 84, No. 6 : 1608-1623.

Hitch A. and Leberg P. (2007) Breeding distributions of North American bird species moving north as a result of climate change. *Conservation Biology*, 21, 534 – 539.

Huntley B., Collingham Y. C., Green R. E., Hilton G. M., Rahbek C. and Willis S. G. (2006). Potential impacts of climatic change upon geographical distributions of birds. *Ibis*, 148, 8-28.

Huntley B., Green R.E., Collingham Y.C., Willis S.G. (2007) A climatic Atlas of European Breeding Birds. Lynx Edicions, Barcelona

Huntley B., Collingham Y. C., Willis S. G. and Green R. E. (2008) Potential impacts of climate change on European breeding birds. *PLoS ONE*, 3, e1439.

Chamberlain D.E., Fuller R.J., Bunce R.G.H., Duckworth J.C. and Shrubbs M. (2000). Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of Applied Ecology*, 37, 771–788.

IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University

Jankowski J.E., Robinson S.K., Levey D.J. (2010) Squeezed at the top: Interspecific aggression constrains elevational ranges in tropical birds. *Ecology*, 91(7):1877-84.

Jiguet F., Julliard R., Thomas C. D., Dehorter O., Newson S. E. and Couvet D. (2007) Thermal range predicts bird population resilience to extreme high temperatures. *Ecology Letters*, 9, 1321-1330.

Jiguet F., Gregory R.D., Devictor V., Green R.E., Vorisek P., van Strien A., Couvet D. (2010) Population trends of European birds are correlated with characteristics of their climatic niche. *Global Change Biology*, 16: 497-505.

Jiménez – Valverde A., Barve N., Lira-Noriega A., Maher S.P., Nakazawa Y., Papes M., Soberon J., Sukumaran J. and Peterson T. (2011) Dominant climate influences on North American bird distributions. *Global Ecology and Biogeography*, 20, 114-118.

Johann E. (2005) Historie výskytu sekundárních smrkových porostů v Evropě. *Zprávy lesnického výzkumu*, svazek 50, č. 1/2005

Jokimaki J. (1992) Rovaniemen kaupunkilinnusto (Summary: Effects of Urbanization on the structure of breeding bird assemblages in Rovaniemi). Lapin maakuntamuseo, PS – varisuora, Kemi, Finland.

Julliard R., Jiguet F. and Couvet D. (2004). Common birds facing global changes: what makes a species at risk? *Global Change Biology*, 10, 148-154.

Koleček J., Reif J., Šťastný K., Bejček V. (2010) Changes in bird distribution in a Central European country between 1985–1989 and 2001–2003. *Journal of Ornithology*, 151:923–932.

Kulhavý J. (2005) Ekologické dopady přeměny. *Zprávy lesnického výzkumu*, svazek 50, č. 1/2005

Kumstátová T., Nová P., Marhoul P., eds. (2005) Hodnocení projektů aktivní podpory ohrožených živočichů v České republice. AOPK, Praha.

Leemans R. and Cramer W. (1991) The IIASA database for mean monthly values of temperature, precipitation and cloudiness of a global terrestrial grid. No. RR-91-18. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxemburg. Austria.

Lemoine N., Bauer H.-G., Peintinger M., Bohning-Gaese K. (2007) Effects of climate and land-use change on species abundance in a Central European bird community. *Conservation Biology*, 21:495–503.

Lemoine N. and Böhning-Gaese K. (2003), Potential Impact of Global Climate Change on Species Richness of Long-Distance Migrants. *Conservation Biology*, 17: 577–586.

Lenzen M., Lane A., Widmer-Cooper A., Williams M. (2008) Effects of land use on threatened species. *Conserv Biol* 23:294–306.

Lomolino M.V., Riddle B.R. and Brown J.H. (2005) Biogeography, 3rd edn. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA

Martin T.E. (2007). Climate correlates of 20 years of trophic changes in a high-elevation riparian system. *Ecology*, 88, 367–380.

Møller A. P., Rubolini D. and Lehikoinen E. (2008) Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *PNAS* October 21, 2008, vol. 105, no. 42 p 16195–16200.

Mönkkönen M. and Viro P. (1997) Taxonomic diversity of the terrestrial bird and mammal fauna in temperate and boreal biomes of the northern hemisphere. *J. Biogeogr.* 24: 603-612.

Musil P., Musilová Z., Haas M., Pokorný J. (2011) Vliv trofických podmínek na početnost a reprodukční úspěšnost vodních ptáků. Mokřady a klimatická změna, konference ke 40. výročí Ramsarské smlouvy, Blansko 2011

Nilsson A.L.K, Nilsson J. A., Alerstam T. and Bäckman J. (2006) Migratory and resident blue tits *Cyanistes caeruleus* differ in their reaction to a novel object. *Naturwissenschaften*, Vol. 97, No. 11, 981-985.

Norrat C. and Douguédroit A. (2006) Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean. *Tudor. Appl. Climatol.* 83. 89 – 106.

Parmesan C. (2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 37, 637-669.

program PCI EOScape

Rabbinge R. and van Diepen C. A. (2000) Changes in agriculture and land use in Europe. *European Journal of Agronomy*, 13 (2000) 85–100.

Reif J., Voříšek P., Šťastný K., Bejček V., Petr J. (2007) Population increase of forest birds in the Czech Republic between 1982 and 2003. *Bird Study*, 54:248–255.

Reif J., Voříšek P., Šťastný K., Bejček V., Petr J. (2008a) Agricultural intensification and farmland birds: new insights from a central European country. *Ibis* 150:596–605.

Reif J., Storch D., Voříšek P., Šťastný K., Bejček V. (2008b) Bird-habitat associations predict population trends in central European forestland farmland birds. *Biodivers Conserv*, 17:3307–3319.

Reif J., Voříšek P., Šťastný K., Koschová M., Bejček V. (2008c) The impact of climate change on long-term population trends of birds in a central European country. *Anim Conserv* 11:412–421.

Reif J., Šťastný K. and Bejček V. (2010a) Contrasting effects of climatic and habitat changes on birds with northern range limits in central Europe as revealed by an analysis of breeding bird distribution in the Czech Republic. *Acta Ornithologica*, Vol.45, No.1, 83-90.

Reif J., Telenský T., Šťastný K., Bejček V., Klvaňa P. (2010b): Relationship between winter temperature and breeding bird abundance on community level: importance of interspecific differences in diet. *Folia Zool.*,59 (4) 313 – 322

Rubolini D., Saino N., Moller A.P. (2010) Migratory behaviour constrains the phenological response of birds to climate change. *Climate research*, Vol. 42, 1, 45-55.

Tryjanowski P., Sparks T. H. and Profus P. (2005) Uphill shifts in the distribution of the white stork *Ciconia ciconia* in southern Poland: the importance of nest quality. *Divers. Distrib.* 11: 219–223.

Sanderson F.J., Donald P.F., Pain D.J., Burfield I.J. and van Bommel F.P.J. (2006) Long-term population declines in Afro-Palearctic migrant birds. *Biol. Conserv.*, 131, 93–105.

Sanz J.J., Potti J., Moreno J., Merino S. and Frias O. (2003) Climate change and fitness components of a migratory bird breeding in the Mediterranean region. *Global Change Biol.*, 9, 461–472.

Schaefer H.-C., Jetz W., Böhning-Gaese K. (2008) Impact of climate change on migratory birds: community reassembly versus adaptation. *Global Ecol Biogeogr.*, 17:38–49.

Slabbekoorn H. and Peet M. (2003) Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature* 424, 267.

Snow D. W. and Perrins C. M. (1998) The birds of the Western Palearctic. Concise edition. Oxford University Press, London.

Soberón J. (2007) Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters*, 10, 1115-1123.

Storch D., Davies R.G., Zajíček S., Orme C.D.L., Olson V., Thomas G.H., Ding T.S., Rasmussen P.C., Ridgely R.S., Bennett P.M., Blackburn T.M., Owens I.P.F. and Gaston K.J. (2006) Energy, range dynamics and global species richness patterns: Reconciling mid-domain effects and environmental determinants of avian diversity. *Ecology Letters*, 9: 1308-1320.

Sychra J. (2001) Rozsáhlé rákosiny jako refugium pro společenstva mokřadních bezobratlých v rybničním litorálu. Mokřady a klimatická změna, konference ke 40. výročí Ramsarské smlouvy, Blansko 2011

Šizling A.L., Storch D. and Keil P. (2009) Rapoport's rule, species tolerances, and the latitudinal diversity gradient: geometric considerations. *Ecology*, 90: 3575-3586.

Šťastný K., Bejček V., Hudec K. (2006) Atlas of breeding bird distribution in the Czech Republic (in Czech with English summary). Academia, Prague

Tamisier A. and Grillas P. (1994) A review of habitat changes in the Camargue: an assessment of the effects of the loss of biological diversity on the wintering waterfowl community. *Biol. Conserv.*, 70: 39-47.

Tellini-Florenzano G. (2004) Birds as indicators of recent environmental changes in the Apennines (Foreste Casentinesi National Park, central Italy). *Ital. J. Zool.*, 71, 317-324.

Thomas Ch. and Lennon J. (1999) Bird extend their range northwards. *Nature*, 399, 673-673.

Tryjanowski P., Sparks T. and Profus P. (2005) Uphill shifts in the distribution of the white stork *Ciconia ciconia* in southern Poland: the importance of nest quality. *Diversity and Distributions* 11: 219-223.

Van Ulden A. P. and Van Oldenburg J.G. (2006) Large-scale atmospheric circulation biases and changes in global climate model simulations and their importance for climate change in Central Europe. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 6, p 863-881.

Visser M. E., van Noordwijk A. J., Tinbergen J. M. & Lessells C. M. (1998) Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (*Parus major*). *Proc. R. Soc. Lond., B* 265, 1867-1870.

Von Teuffel K. (2005) Současné rozložení druhotných porostů smrku ztepilého v Evropě. *Zprávy lesnického výzkumu*, Svazek 50, č. 1/2005

Voříšek P., Reif J., Šťastný K., Bejček V. (2008) How effective can be the national law in protecting birds? A case study from the Czech Republic. *Folia Zool.* 57:221–230.

Wilcox B. A. and Murphy D. D. (1985) Conservation strategy – the effects of fragmentation on extinction. *American Naturalist*, Vol. 125, 6, 879-887.

Wretenberg J., Lindström Å., Svensson S., Thierfelder T., Pärt T. (2006) Population trends of farmland birds in Sweden and England: similar trends but different patterns of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology*, 43: 1110-1120.

Zhao M. and Running S. W. (2010) Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 2000 Through 2009. *Science*, Vol. 329, No. 5994, p 940 – 943.

Zmihorski M., Halba R., Mazgajski T. D. (2010) Long-term spatio-temporal dynamics of corvids wintering in urban parks of Warsaw, Poland. *Ornis Fennica* 87:61–68.

Apendix

Druh	Posun (km)	Typ habitatu	Typ migrace	Typ areálu	Stupeň ochrany
<i>Accipiter gentilis</i>	384,77	F	R	W	E
<i>Accipiter nisus</i>	372,85	F	P	W	H
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	506,55	W	L	S	H
<i>Acrocephalus palustris</i>	1040,80	A	L	N	N
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	400,65	W	L	W	N
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	281,62	W	L	N	N
<i>Actitis hypoleucos</i>	259,72	W	L	W	H
<i>Aegithalos caudatus</i>	466,00	F	R	W	N
<i>Aegolius funereus</i>	493,60	F	R	N	H
<i>Alauda arvensis</i>	382,26	A	S	W	N
<i>Alcedo atthis</i>	278,30	W	P	S	H
<i>Anas acuta</i>	459,49	W	S	N	C
<i>Anas clypeata</i>	766,45	W	S	N	H
<i>Anas crecca</i>	586,55	W	S	N	E
<i>Anas penelope</i>	274,97	W	S	N	N
<i>Anas platyrhynchos</i>	268,83	W	P	W	N
<i>Anas querquedula</i>	483,50	W	L	N	H
<i>Anas strepera</i>	694,41	W	S	C	E
<i>Anser anser</i>	490,81	W	S	N	N
<i>Anthus campestris</i>	418,93	A	L	S	H
<i>Anthus pratensis</i>	575,47	A	S	N	N
<i>Anthus spinoletta</i>	757,19	A	S	S	H
<i>Anthus trivialis</i>	301,44	F	L	W	N
<i>Apus apus</i>	120,01	U	L	W	E
<i>Aquila heliaca</i>	856,59	F	P	C	N
<i>Aquila pomarina</i>	719,47	F	L	C	C
<i>Ardea cinerea</i>	458,47	W	S	W	N
<i>Ardea purpurea</i>	457,31	W	L	S	C
<i>Asio flammeus</i>	610,23	A	S	N	H
<i>Asio otus</i>	485,94	A	P	W	N
<i>Athene noctua</i>	298,41	U	R	S	H
<i>Aythya ferina</i>	668,98	W	S	N	N
<i>Aythya fuligula</i>	455,33	W	S	N	N
<i>Aythya nyroca</i>	521,14	W	S	C	C
<i>Bonasa bonasia</i>	472,79	F	R	N	H
<i>Botaurus stellaris</i>	747,21	W	S	C	C
<i>Bubo bubo</i>	488,54	F	R	W	E
<i>Bucephala clangula</i>	468,61	W	S	N	H

Druh	Posun (km)	Typ habitatu	Typ migrace	Typ areálu	Stupeň ochrany
<i>Burhinus oedicnemus</i>	476,03	A	L	S	C
<i>Buteo buteo</i>	363,79	F	P	W	N
<i>Caprimulgus europaeus</i>	467,53	F	L	W	H
<i>Carduelis cannabina</i>	254,09	U	S	W	N
<i>Carduelis carduelis</i>	275,29	U	P	S	N
<i>Carduelis flammea</i>	66,96	F	R	N	N
<i>Carduelis chloris</i>	109,56	U	P	W	N
<i>Carduelis spinus</i>	496,98	F	S	N	N
<i>Carpodacus erythrinus</i>	810,84	A	L	N	E
<i>Certhia brachydactyla</i>	525,59	F	R	S	N
<i>Certhia familiaris</i>	622,14	F	R	N	N
<i>Ciconia ciconia</i>	587,56	U	L	S	E
<i>Ciconia nigra</i>	674,08	F	L	S	H
<i>Cinclus cinclus</i>	147,09	W	R	W	N
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	529,39	F	S	S	N
<i>Columba livia f.domestica</i>	276,78	U	R	W	N
<i>Columba oenas</i>	770,92	F	S	W	H
<i>Columba palumbus</i>	136,10	F	S	W	N
<i>Corvus corax</i>	136,58	F	R	W	E
<i>Corvus corone</i>	16,64	A	R	S	N
<i>Corvus frugilegus</i>	594,43	U	P	C	N
<i>Corvus monedula</i>	275,82	U	P	W	H
<i>Coturnix coturnix</i>	333,49	A	L	S	H
<i>Crex crex</i>	614,55	A	L	N	H
<i>Cuculus canorus</i>	80,27	A	L	W	N
<i>Cygnus olor</i>	813,86	W	P	C	N
<i>Delichon urbica</i>	89,84	U	L	W	N
<i>Dendrocopos leucotos</i>	895,37	F	R	W	H
<i>Dendrocopos major</i>	380,82	F	R	W	N
<i>Dendrocopos medius</i>	620,51	F	R	C	E
<i>Dendrocopos minor</i>	383,89	F	R	N	N
<i>Dendrocopos syriacus</i>	616,07	F	R	S	H
<i>Dryocopus martius</i>	341,55	F	R	N	N
<i>Egretta alba</i>	281,64	W	S	S	H
<i>Egretta garzetta</i>	651,08	W	L	S	H
<i>Emberiza citrinella</i>	355,56	A	R	W	N
<i>Emberiza hortulana</i>	380,79	A	L	W	C
<i>Emberiza schoeniclus</i>	92,29	W	S	N	N
<i>Erithacus rubecula</i>	335,48	F	S	W	N
<i>Falco cherrug</i>	617,28	F	P	C	C

Druh	Posun (km)	Typ habitatu	Typ migrace	Typ areálu	Stupeň ochrany
<i>Falco peregrinus</i>	47,52	A	P	W	C
<i>Falco subbuteo</i>	382,14	F	L	W	H
<i>Falco tinnunculus</i>	84,42	U	P	W	N
<i>Falco vespertinus</i>	413,46	A	L	C	C
<i>Ficedula albicollis</i>	613,83	F	L	C	N
<i>Ficedula hypoleuca</i>	692,14	F	L	N	N
<i>Ficedula parva</i>	937,44	F	L	N	H
<i>Fringilla coelebs</i>	91,42	F	S	W	N
<i>Fulica atra</i>	393,83	W	S	W	N
<i>Galerida cristata</i>	218,81	A	R	S	E
<i>Gallinago gallinago</i>	599,18	W	S	N	H
<i>Gallinula chloropus</i>	347,06	W	S	W	N
<i>Garrulus glandarius</i>	161,65	F	P	W	N
<i>Glaucidium passerinum</i>	323,09	F	R	N	H
<i>Grus grus</i>	717,96	W	S	N	C
<i>Haliaeetus albicilla</i>	24,71	W	R	N	C
<i>Himantopus himantopus</i>	315,16	W	L	S	N
<i>Hippolais icterina</i>	739,11	F	L	N	N
<i>Hirundo rustica</i>	101,76	U	L	W	E
<i>Charadrius dubius</i>	359,84	W	L	W	N
<i>Charadrius hiaticula</i>	28,95	W	L	N	N
<i>Charadrius morinellus</i>	146,44	A	S	N	C
<i>Chlidonias hybridus</i>	547,42	W	L	S	N
<i>Chlidonias niger</i>	916,69	W	L	C	C
<i>Ixobrychus minutus</i>	497,29	W	L	S	C
<i>Jynx torquilla</i>	331,64	A	L	W	H
<i>Lanius collurio</i>	318,82	A	L	N	E
<i>Lanius excubitor</i>	521,61	A	P	W	E
<i>Lanius minor</i>	346,55	A	L	S	H
<i>Lanius senator</i>	350,39	A	L	S	H
<i>Larus cachinnans</i>	456,23	W	S	S	N
<i>Larus canus</i>	538,34	W	S	N	N
<i>Larus melanocephalus</i>	237,34	W	S	C	H
<i>Larus ridibundus</i>	468,05	W	S	N	N
<i>Limosa limosa</i>	934,63	W	L	C	C
<i>Locustella fluviatilis</i>	707,61	A	L	C	N
<i>Locustella naevia</i>	738,84	A	L	N	N
<i>Loxia curvirostra</i>	520,93	F	P	N	N
<i>Lullula arborea</i>	326,89	F	S	S	H
<i>Luscinia luscinia</i>	832,94	A	L	N	H

Druh	Posun (km)	Typ habitatu	Typ migrace	Typ areálu	Stupeň ochrany
<i>Luscinia megarhynchos</i>	245,43	A	L	S	E
<i>Mergus merganser</i>	167,02	W	S	N	C
<i>Merops apiaster</i>	393,27	A	L	S	H
<i>Miliaria calandra</i>	245,30	A	P	S	C
<i>Milvus migrans</i>	524,11	F	L	S	C
<i>Milvus milvus</i>	372,64	F	S	S	C
<i>Motacilla alba</i>	18,56	U	S	W	N
<i>Motacilla cinerea</i>	393,38	W	S	S	N
<i>Motacilla flava</i>	282,56	A	L	W	H
<i>Muscicapa striata</i>	160,78	F	L	W	E
<i>Netta rufina</i>	677,46	W	S	S	H
<i>Nucifraga caryocatactes</i>	866,68	F	R	N	E
<i>Numenius arquata</i>	539,16	W	S	N	C
<i>Nycticorax nycticorax</i>	570,36	W	L	S	H
<i>Oenanthe oenanthe</i>	168,08	A	L	W	H
<i>Oriolus oriolus</i>	254,59	F	L	S	H
<i>Otis tarda</i>	379,94	A	R	S	C
<i>Otus scops</i>	427,76	F	L	S	C
<i>Pandion haliaetus</i>	486,50	W	L	N	C
<i>Parus ater</i>	526,93	F	R	W	N
<i>Parus caeruleus</i>	185,61	F	P	W	N
<i>Parus cristatus</i>	621,57	F	R	W	N
<i>Parus major</i>	86,00	F	P	W	N
<i>Parus montanus</i>	472,02	F	R	N	N
<i>Parus palustris</i>	542,42	F	R	C	N
<i>Passer domesticus</i>	85,77	U	R	W	N
<i>Passer montanus</i>	348,70	A	R	S	N
<i>Perdix perdix</i>	499,86	A	R	C	E
<i>Pernis apivorus</i>	405,61	F	L	N	H
<i>Phalacrocorax carbo</i>	292,91	W	S	N	E
<i>Phasianus colchicus</i>	419,08	A	R	C	N
<i>Phoenicurus ochruros</i>	483,19	U	S	S	N
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	231,12	F	L	W	N
<i>Phylloscopus collybita</i>	320,51	F	S	W	N
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	432,27	F	L	N	N
<i>Phylloscopus trochiloides</i>	870,43	F	L	N	N
<i>Phylloscopus trochilus</i>	566,58	F	L	N	N
<i>Pica pica</i>	82,40	A	R	W	N
<i>Picoides tridactylus</i>	390,81	F	R	N	H
<i>Picus canus</i>	695,39	F	R	N	N

Druh	Posun (km)	Typ habitatu	Typ migrace	Typ areálu	Stupeň ochrany
<i>Picus viridis</i>	561,33	F	R	S	N
<i>Platalea leucorodia</i>	635,20	W	S	S	C
<i>Podiceps cristatus</i>	399,96	W	S	N	E
<i>Podiceps grisegena</i>	733,61	W	S	N	H
<i>Podiceps nigricollis</i>	725,77	W	S	C	E
<i>Porzana parva</i>	778,87	W	L	C	C
<i>Porzana porzana</i>	688,19	W	L	N	H
<i>Prunella collaris</i>	686,73	A	S	S	H
<i>Prunella modularis</i>	339,46	F	S	W	N
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	420,65	F	P	N	N
<i>Rallus aquaticus</i>	427,79	W	S	S	H
<i>Recurvirostra avosetta</i>	286,69	W	S	S	C
<i>Regulus ignicapillus</i>	532,31	F	S	S	N
<i>Regulus regulus</i>	423,50	F	S	N	N
<i>Remiz pendulinus</i>	316,86	W	S	S	E
<i>Riparia riparia</i>	97,07	A	L	W	E
<i>Saxicola rubetra</i>	411,92	A	L	N	E
<i>Saxicola torquata</i>	322,60	A	S	S	E
<i>Scolopax rusticola</i>	621,07	F	S	N	E
<i>Serinus serinus</i>	419,65	U	S	S	N
<i>Sitta europaea</i>	495,75	F	R	W	N
<i>Sterna hirundo</i>	232,71	W	L	N	H
<i>Streptopelia decaocto</i>	305,44	U	R	S	N
<i>Streptopelia turtur</i>	263,45	A	L	S	N
<i>Strix aluco</i>	541,96	F	R	W	N
<i>Strix uralensis</i>	502,92	F	R	N	C
<i>Sturnus vulgaris</i>	230,51	F	S	W	N
<i>Sylvia atricapilla</i>	302,55	F	S	W	N
<i>Sylvia borin</i>	421,39	F	L	W	N
<i>Sylvia communis</i>	147,34	A	L	W	N
<i>Sylvia curruca</i>	379,65	U	L	N	N
<i>Sylvia nisoria</i>	638,70	A	L	C	H
<i>Tadorna tadorna</i>	210,83	W	S	W	N
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	456,48	W	S	S	E
<i>Tetrao tetrix</i>	325,87	A	R	N	H
<i>Tetrao urogallus</i>	377,21	F	R	N	C
<i>Tringa ochropus</i>	720,59	F	S	N	H
<i>Tringa totanus</i>	510,56	W	S	N	C
<i>Troglodytes troglodytes</i>	221,84	F	S	W	N
<i>Turdus iliacus</i>	537,64	F	S	N	H

Druh	Posun (km)	Typ habitatu	Typ migrace	Typ areálu	Stupeň ochrany
<i>Turdus merula</i>	128,45	F	P	W	N
<i>Turdus philomelos</i>	236,69	F	S	W	N
<i>Turdus pilaris</i>	574,41	F	S	N	N
<i>Turdus torquatus</i>	69,50	F	S	N	H
<i>Turdus viscivorus</i>	265,59	F	S	W	N
<i>Tyto alba</i>	396,35	U	R	S	H
<i>Upupa epops</i>	313,96	A	L	S	H
<i>Vanellus vanellus</i>	373,58	A	S	N	N