

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie
Studijní obor: Ekologie



Bc. Lenka Váňová

Populační trendy živočichů různých taxonů a regionů
na základě Living Planet Database

Population trends of animals of different taxa and regions
on the basis of the Living Planet Database

Diplomová práce

Školitel: **prof. David Storch, Ph.D.**

Praha, 2021

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 8. 8. 2021

Lenka Váňová

Poděkování

Za veškerou pomoc a rady bych chtěla poděkovat především svému školiteli, prof. Davidovi Storchovi, Ph.D., který vždy pohotově reagoval na mé dotazy, ochotně se mnou probral jakýkoliv problém a měl se mnou velkou trpělivost. Velký dík patří také Mgr. Anně Tószögyové, Ph.D., kterou plně považuji za svou konzultantku, přestože oficiálně tuto funkci neměla. Její nekonečná ochota diskutovat zejména vyhodnocování dat a přátelská komunikace pro mě představovaly nenahraditelnou pomoc. Dále bych chtěla moc poděkovat své sestře i celé rodině za nekonečnou podporu. Stejně tak moc děkuji svému příteli a všem přátelům za jejich trpělivost, pochopení a pozitivní energii, kterou mi dodávali.

Abstrakt

Analýza populačních trendů živočichů se čím dál častěji využívá nejen jako ukazatel vývoje samotných populací, ale také zprostředkovaně vypovídá o stavu biodiverzity. Ta se v posledních letech dostává do povědomí široké odborné i laické veřejnosti, jelikož se hojně diskutuje o jejím bezprecedentním úbytku způsobeném především lidskou činností. K analýze populačních trendů se používá Living Planet Index (LPI), který prostřednictvím meziročních změn abundancí vypovídá o procentuálním poklesu či nárůstu ve velikosti populací. Od prvního zveřejnění indexu (1998) jeho hodnoty stále klesají a pravidelné reporty upozorňují na kritický stav globální biodiverzity. Otázkou však je, do jaké míry je zmíněný index robustní a zda není přespříliš ovlivněn nevyrovnaností dat či v sobě neskrývá nějaké systematické chyby. Tato práce se zaměřila na čtyři taxony obratlovců a kladla si za cíl prozkoumat především míru heterogenity dat a jejich vliv na výsledné hodnoty indexu. Za tímto účelem se pro každou populaci stanovily dva parametry, *Růst* a *Trend*, oba vypovídající o dynamice vývoje velikosti populací. Celkově působí trendy početnosti vyrovnaně, populace s téměř stejnou pravděpodobností klesaly i rostly. Navzdory očekávání se heterogenita v datech neprojevila natolik zásadně, aby na index významně působila a ovlivňovala jej určitým směrem – rozbor trendů v různě definovaných skupinách (na základě typu prostředí, podle taxonu či porovnáním biogeografických oblastí) odhalil jen relativně malé odlišnosti mezi jednotlivými kategoriemi. Přestože některé závislosti byly signifikantní, zkoumané prediktory vždy vysvětlily jen nízké procento variability závisle proměnné a jejich vliv tedy nebyl zásadním způsobem určující. Za klesajícím LPI tak stojí nesrovnalosti jiného původu, například chyby v mechanismu výpočtu indexu či jeho přílišná citlivost na extrémní hodnoty.

Klíčová slova: populace, dynamika, trendy, abundance, Living Planet Index, heterogenita dat

Abstract

The analysis of population trends of animals is increasingly being used not only as an indicator of population changes, but also as an indicator of biodiversity decline. Living Planet Index is one of such indicators, as it shows a proportional decline or increase of all populations by means of mean annual changes in population abundance. Since the first presentation of the index in 1998, its values have been decreasing, which was interpreted as indication of a critical state of global biodiversity. Nevertheless, there are some issues concerning the index. It is unclear to what extent is it robust, if it is not too much influenced by biased data or if it does not comprise a systematic error. This thesis focuses on four vertebrate taxa and its aim is to examine the level of data heterogeneity and their potential influence on the index. For this purpose, two parameters were defined for each population, *Growth* and *Trend*. Overall, the trends in abundances were quite balanced, some populations being decreasing, some increasing, and stable populations were also present. Despite of our expectations, the heterogeneity in the data was not large enough to have a substantial effect on the index. Analysis of trends in variously defined groups (e. g. “biomes”, taxa or biogeographic realms) revealed only little differences between the groups. Although some relationships were significant, the predictors always explained very low percentage of variation in response variables. Declining LPI seems to be determined by different problems, including errors in index calculation or its sensitivity to extreme values.

Keywords: population, dynamics, trends, abundance, Living Planet Index, data heterogeneity

OBSAH

1 ÚVOD	1
1.1 Monitoring biologické rozmanitosti	2
1.2 Databáze pro Living Planet Index	3
1.2.1 Living Planet Reports	3
1.3 Závažnost snižování početnosti populací a jejich příčiny	4
1.4 Living Planet Index	5
1.5 Limity databází a indexů	7
2 METODIKA	8
2.1 Living Planet Database (LPD)	8
2.2 Vlastní analýza	10
2.2.1 Úprava tabulek	10
2.2.2 Parametry <i>Růst</i> a <i>Trend</i>	12
2.2.3 Nulové hodnoty	13
2.2.4 Souhrnné tabulky	14
2.2.5 Hodnoty pro jednotlivé druhy	15
2.2.6 Zpracování dat, použité analýzy	15
3 VÝSLEDKY	17
3.1 Srovnání měřených parametrů <i>Růst</i> a <i>Trend</i>	17
3.2 Obojživelníci (Amphibia)	18
3.3 Plazi (Reptilia)	26
3.4 Ptáci (Aves)	34
3.5 Savci (Mammalia)	49
3.6 Zobecněné lineární modely (GLM)	63
4 DISKUSE	65
4.1 Analýza populačních trendů v kontrastu k Living Planet Indexu	65
4.1.1 Srovnání taxonů	67
4.1.2 Doplnující proměnné k Růstu	67
4.2 Problematika proměnných a prediktorů	68
4.2.1 „Biomy“	70
4.2.2 Řády	71
4.2.3 Nedostatky Living Planet Indexu	72

4.3 Širší souvislosti.....	72
5 ZÁVĚR.....	75
6 SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY.....	76
7 PŘÍLOHY	80
1a Amphibia – lineární regrese, doplňkové grafy pro Růst	80
1b Amphibia – analýza variance, biomy	81
2a Reptilia – lineární regrese, doplňkové grafy pro Růst	83
2b Reptilia – analýza variance, biomy	84
3a Aves – lineární regrese, doplňkové grafy pro Růst	86
3b Aves – analýza variance, biomy	87
3c Aves – analýza variance, řády	89
4a Mammalia – lineární regrese, doplňkové grafy pro Růst.....	90
4b Mammalia – analýza variance, biomy.....	92
4c Mammalia – analýza variance, řády.....	93

1 ÚVOD

V poslední době se stále více dostává do popředí téma poklesu počtu jedinců v populacích (populační abundance) a s tím spojené obavy o navazující úbytek diverzity neboli biologické rozmanitosti, ničení složité sítě mezidruhových interakcí a ztráta mnohých ekosystémových služeb, na nichž je lidstvo závislé. Má práce se zaměřuje právě na populační změny a snaží se je detailněji analyzovat, aby bylo následně možné co nejlépe definovat, na jakých rovinách se změny odehrávají. Tato práce vznikla především z důvodu potřeby reakce na závěry plynoucí ze souhrnných reportů o stavu biodiverzity, které opakovaně deklarují výrazné celkové poklesy v populačních početnostech obratlovců, a to na základě hodnot LPI (Living Planet Index), jednoho z mnoha indikátorů stavu biodiverzity. Na LPI začala organizace WWF (World Wildlife Fund) pracovat roku 1997 spolu s UNEP-WCMC (United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre) (Loh et al., 2005). Výsledky tohoto indexu se pak od roku 1998 prezentují ve výročních zprávách o stavu biodiverzity pod záštitou WWF, od roku 2006 ve spolupráci se ZSL (Zoological Society of London) ('Living Planet Index – Partners and Collaborators', n.d.). Již od počátků se v nich objevují alarmující hlášení varující před stále se zhoršujícím stavem celkové početnosti populací napříč planetou (WWF, 1998, 1999, 2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020a).

LPI slouží mimo jiné i ke sledování plnění tzv. Aichi Biodiversity Targets, což jsou cíle přijaté roku 2010 členy CBD (Convention on Biological Diversity/Úmluva o biologické rozmanitosti), které vznikly za účelem zabránění dalšímu poklesu biodiverzity a kterých mělo být dosaženo do roku 2020 (Buckland et al., 2011; Collen et al., 2008; O'Connor et al., 2015). Většina cílů však zůstala nenaplněna, a obavy z pokračujícího zhoršování stavu tak nabírají na stále větší síle (Collen et al., 2009; Turnhout & Boonman-Berson, 2011; WWF, 2020c). LPI byl také navržen jako jeden z indikátorů pro globální strategii pro biodiverzitu po roce 2020 (Buschke et al., 2021).

Pro správné vyhodnocování stavu biodiverzity je zapotřebí robustních a nesporných indikátorů. A právě LPI se ukazuje relativně problematickým i přesto, že jeho autoři jsou si nedostatků vědomi a slibují na nich dále pracovat (WWF, 2020b). Tyto nedostatky ale mohou zkreslovat prezentované výsledky více, než by bylo akceptovatelné. Jak například ukázali Leung et al. (2020), LPI je přespříliš citlivý na odlehle hodnoty a propagovaný pokles populačních

abundancí obratlovců se zakládá na méně než 3 % populací. V jiné studii dospěli ke zjištění, že z téměř 10 000 populačních sérií obratlovců jich většina, konkrétně 67 %, nevykazovala žádné zásadní změny v početnosti (Daskalova et al., 2020). Zdroj populačních dat se přitom shodoval se zdrojem pro LPI. Buschke et al. (2021) pro změnu zjistili, že klesající trendy v LPI jsou významně ovlivňovány náhodnými fluktuacemi, přičemž mohou zvýraznit globální pokles až o 9,6 %.

Jak je vidět, tomuto tématu se v současnosti věnuje už několik studií, v jejichž světle se výrazné populační poklesy na základě LPI zdají podezřelé a příliš povrchní. Z toho plyne potřeba se danou problematikou zabývat i dále a rozebrat ji co nejpodrobněji, což byl právě i cíl této diplomové práce. Vzhledem k pochybnostem ohledně LPI jsme se rozhodli sami podívat na populační trendy a analyzovat je trochu jiným způsobem s cílem zjistit, jak moc budou získané výsledky odpovídat závěrům vyplývajícím z LPI. Living Planet Index pracuje s meziročními populačními změnami, já jsem ale analyzovala přímo parametry populačních sérií jako takových, a to z hlediska populačního růstu a systematickosti trendu (založen na Pearsonově korelačním koeficientu). Nezbytnou součástí práce představovalo detailnější prozkoumání údajů v databázi, z níž LPI čerpá, jejich reálné heterogenity a struktury dostupných dat. Z toho následně vyplynul hlavní cíl mé diplomové práce – zjistit, jak konkrétně se heterogenita projevuje a co ovlivňuje, tedy jak se trendy liší mezi různými taxony, biogeografickými oblastmi, typy prostředí, případně použitými metodami. Konkrétně jsem se ve své práci zaměřila na obojživelníky, plazy, terestrické ptáky a terestrické savce. Bližší informace o LPI a další souvislosti uvádím v následujících kapitolách.

1.1 Monitoring biologické rozmanitosti

Biodiverzita se vyznačuje svou komplexní povahou a význam má jak její úbytek, tak kolísání. Lze ji posuzovat na třech úrovních (genetické, druhové a ekosystémové) (Hoban et al., 2020). Jako jeden z nejhojněji užívaných indikátorů stavu biodiverzity slouží monitorování velikosti populací a proměn počtu jejich jedinců (abundance), který informuje o celkovém zdraví ekosystémů (WWF, 2020a). Pro dosažení určité vypovídací hodnoty je však třeba disponovat dostatečně velkým souborem dat populačních velikostí, což pro jednotlivé badatele i samostatné organizace představuje značné limity. Monitorování početnosti jedinců v rámci populací znamená často celoživotní závazek pravidelného a systematického pozorování a analyzování, přičemž

na větších škálách je téměř nemožné jako jednotlivec zkoumat určité trendy vypovídající o globálnější tendenci (Inchausti & Halley, 2001). Jako nejvhodnější řešení zmíněného nedostatku údajů se ukazují rozsáhlé souhrnné databáze, u nichž je v současnosti kladen důraz i na jejich existenci v digitální podobě a online dostupnost. Takové databáze mohou poskytovat cenné informace jak vědcům, tak i laické veřejnosti, jelikož na jednom místě nabízí velké množství dat potřebných pro odhad proměn biodiverzity a její další analýzu (Ball-Damerow et al., 2019). Údaje v databázích se hojně využívají právě pro rozsáhlejší analýzy za účelem zjistit, v jakém stavu se biodiverzita nachází na větších měřítkách. Čím vhodnější a rozsáhlejší systémy monitoringu tak budou k dispozici, tím efektivnější a ucelenější způsoby ochrany a managementu potřebných lokalit, organismů a životního prostředí celkově bude lidstvo schopné uplatňovat (Turnhout & Boonman-Berson, 2011; Ball-Damerow et al., 2019).

1.2 Databáze pro Living Planet Index

Jednou z takových databází shromažďujících údaje sloužící k posouzení stavu biodiverzity je Living Planet Database (LPD). Jednotlivé záznamy v této databázi mají podobu populačních sérií, které kromě údajů o velikosti (nebo její proxy) dané populace ve zkoumaných letech obsahují informace o její taxonomii (latinské i běžně užívané anglické pojmenování druhu; zařazení do řádu, čeledi apod.; autor pojmenování druhu), geografii (lokalita populace; země; region; geografické souřadnice) a ekologii (systém: terestrický, sladkovodní, mořský; biom; biogeografická oblast). Na základě uvedených populačních dat se pak počítá jeden z indikátorů stavu biodiverzity – tzv. Living Planet Index (LPI), který vypovídá o trendech ve vývoji velikostí populací v rámci studovaných sérií. Zároveň patří mezi indikátory posuzující míru dosažení cílů z Aichi (viz výše) (WWF, 2020b). LPD i LPI se od počátku zabývaly pouze obratlovcí, v posledních letech se však snaží o rozšíření svého zaměření i na jiné skupiny, například hmyz a rostliny (WWF, 2020a).

1.2.1 Living Planet Reports

Zjištěné trendy ve vývoji velikostí populací jsou spolu s dalšími informacemi popisovány v souhrnných zprávách s názvem Living Planet Reports (LPR). Reporty, index i databázi spravuje od roku 1998 (Loh et. al., 1998, podle McRae et al., 2017) Světový fond na ochranu přírody (World Wildlife Fund – WWF) ve spolupráci s Londýnskou zoologickou společností (Zoological Society of London – ZSL). První zpráva byla vydána roku 1998, druhá následovala

hned za rok a opět po roce vyšla třetí, od roku 2000 je však vydávána ve dvouletých intervalech (vždy v sudý rok). Kromě analýzy trendů se tyto reporty věnují otázkám ochrany biodiverzity obecně, popisují aktuální stav biologické rozmanitosti, důvody jejího úbytku, případně nárůstu, a hledají možná řešení situace. Aktuálně poslední zpráva vyšla v roce 2020 a ukazuje průměrný 68% pokles v početnosti populací obratlovců mezi lety 1970 až 2016 celosvětově. Index vždy zpracovává údaje z období od roku 1970 do aktuálního roku zmenšenému o čtyři, protože pro tyto roky blíže současnosti většinou ještě neexistuje dostatečné množství dat. Kromě hodnoty pro všechny studované druhy globálně informují LPRs i o stavu v terestrickém, sladkovodním a mořském systému samostatně a dále se uplatňuje i geografické dělení na oblasti nebo taxonomické členění na třídy či řády nebo ekologické rozlišení podle habitatů, přičemž jednotlivé charakteristiky se mohou dále i kombinovat, díky čemuž může být LPI počítán například konkrétně pro luční motýly (WWF, 2020a, 2020b; Zoological Society of London, 2016).

Největší pokles populační abundance z hlediska systémů nastal podle poslední LPR 2020 v rámci sladkovodních ekosystémů (průměrně o 84 %). Co se týče geografie, až do roku 2018 se v rámci LPR používalo členění na biogeografické oblasti (afrotropickou, palearktickou, nearktickou, neotropickou a indo-pacifickou), které se vymezují na základě historického šíření živočišných i rostlinných druhů a jejich oddělené evoluce. Pro rok 2020 ale bylo zvoleno nové zařazování terestrických a sladkovodních druhů, a to do regionů podle IPBES (the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services = Mezivládní vědecko-politický panel pro biologickou rozmanitost a ekosystémové služby) definovaných na základě sociopolitických hranic (Afrika, Evropa a centrální Asie, Asie-Pacifik, Ameriky – pro účely LPR rozdělené na Severní a Latinskou Ameriku + Karibik) (WWF, 2018, 2020b). V předešlých zprávách se uplatňovalo dělení i v případě mořských ekosystémů na šest oblastí: Arktický oceán, severní mírný Atlantik, tropický a subtropický Atlantik, severní mírný Pacifik, tropický a subtropický Indo-Pacifik, jižní temperát + Antarktida (Zoological Society of London, 2016). Mimo tyto samostatné indexy se například v posledním reportu počítal LPI i čistě pro sladkovodní druhy, evropské motýly, plazy a lesní specialisty (WWF, 2020b).

1.3 Závažnost snižování početnosti populací a jejich příčiny

Už od začátku vysílají zmíněné zprávy alarmující hlášení o stále se prohlubujícím poklesu v početnosti populací, což může dále vést ke snižování biodiverzity, jelikož trendy v abundanci

bývají považovány za indikátor obecné prosperity ekosystémů (WWF, 2020b). Snižování početnosti o určité procento sice nutně neznamená ztrátu celých populací, ale s pokračujícím úbytkem jedinců by mohlo následně docházet i ke ztrátě druhů, případně změně trofických interakcí, celých společenstev i ekosystémových služeb, které určité seskupení organismů původně zajišťovalo, protože k tomu mělo dostatečnou kapacitu. Snižování početnosti s sebou dále nese i možné snižování genetické variability v rámci populace i druhu obecně. Zmenšování populačních velikostí patří k vnitřním příčinám zvyšujícím riziko vymření, stejně jako například zmenšování geografického rozšíření druhů. Přírozeně malá populační velikost nebo rozsah výskytu jako vlastní charakteristiky druhu pak mohou zvyšovat riziko vymření v případě neočekávaných náhlých přírodních katastrof (např. sopečný výbuch) či lidských zásahů (např. těžba) (Pereira, Navarro, & Martins, 2012). Vedle změny velikostí populací je proto velmi důležité znát i míru kolísání (fluktuaci) početnosti. Pokud některé druhy přežívají už od počátků v nízkých populačních hustotách, tak za stálých vyhovujících podmínek budou pravděpodobně takto přežívat i dále, dokud se neobjeví vnější nepříznivý faktor, který by zapříčinil výrazný výkyv v počtu jejich jedinců směrem dolů.

1.4 Living Planet Index

Výpočet LPI se zakládá na průměrné meziroční změně ve velikosti populací a tyto změny jsou dále hierarchicky průměrovány do dalších úrovní – druhové, biogeografické, systémové či globální. Výchozí rok 1970 nese hodnotu 1 a k němu jsou následně vztahovány měřené populační změny. Od něj se odvíjí i 95% konfidenční interval vyjadřující nejistotu způsobenou tímto výchozím rokem a následnými možnými odchylkami v průběhu následujících let. Vzhledem k exponenciální povaze populačního růstu se pracuje s logaritmovanými hodnotami, které následně umožňují lepší vzájemnou porovnatelnost výsledků. Meziroční změny populací jsou tedy spíše relativní než absolutní. Celkovou míru populační změny pak LPI značí řeckým písmenem lambda (McRae et al., 2017). U druhů vyskytujících se ve více než jedné sérii se v každém roce spočítal geometrický průměr populačních trendů všech jeho sérií, a to za využití statistického modelu GAM (generalized additive modelling). Pomocí tohoto modelu se pro každou populaci s více než šesti záznamy velikosti, bez ohledu na to, zda na sebe roky navazují, vykresluje na základě dostupných dat křivka. Pokud je k dispozici méně než šest měření z let, která ani nejsou v řadě po sobě, předpokládá se konstantní míra meziroční populační změny a

uplatňuje se tzv. řetězová metoda (McRae et al., 2017; Zoological Society of London, 2018). V případech několika populací téhož druhu se meziroční změny jednotlivých populací zprůměrovaly do jediného čísla pro daný druh. Roční míra změny populace v daném roce (d_t) se počítala podle vzorce:

$$d_t = \log_{10}\left(\frac{N_t}{N_{t-1}}\right), \quad [1]$$

N = velikost populace, t = rok. K získání hodnot indexů lze pak použít vzorec:

$$I_t = I_{t-1} * 10^{\bar{d}_t}, I_0 = 1 \quad [2]$$

V souvislosti s nevyváženým zastoupením jednotlivých taxonů je pak od roku 2012 uplatňována nová metoda výpočtu indexu, označovaná jako LPI-D (diversity-weighted), která nahradila původní neváženou metodu LPI-U (unweighted). LPI-D bere v potaz odhadovanou celkovou diverzitu zkoumané skupiny vůči jejímu zastoupení v LPD a každý taxon váží hodnotou odrážející jeho reálnou druhovou bohatost v dané oblasti, matematicky vyjádřeno:

$$\bar{d}_{t,SYS_RM} = \frac{1}{N_T} \sum_{j=1}^{N_T} \bar{d}_{jt} \cdot w_j \quad [3]$$

Platí, že: SYS_RM = konkrétní kombinace oblasti a systému (např. sladkovodní Palearkt), N_T = počet taxonomických skupin v dané oblasti, \bar{d}_{jt} = průměrný populační trend jedné taxonomické skupiny v čase t , w_j = odhadovaný podíl dané skupiny na celkové diverzitě řešené oblasti.

Informace o skutečných diverzitách se čerpaly ze záznamů v databázi The WWF Wildfinder database (suchozemští a sladkovodní savci, ptáci, plazi a obojživelníci), the Freshwater Ecoregions of the World data set (sladkovodní ryby) a the Ocean Biogeographic Information Facility (mořské ryby, plazi a ptáci) (McRae et al., 2017). Tímto vážením se autoři snaží zmírnit zkreslenost výsledků způsobenou nevyrovnaným zastoupením různých taxonů v rámci databáze. Například je známo, že z palearktické a nearktické oblasti obecně pochází největší množství dat o ptačích populacích, ve sladkých vodách i mořích pak vedou data o rybích druzích. Zmíněným třídám obratlovců se pak při výpočtu LPI-D dává v příslušných oblastech/systémech největší váha. LPI-U by oproti tomu vážila jednotlivé taxony jejich procentuálním zastoupením pouze v rámci LPD, bez ohledu na příslušnou reálnou celkovou bohatost v přírodě. Co se týče systémů (terestrický, sladkovodní a mořský), populační série jsou váženy a průměrovány pro každý z nich zvlášť a následně je při výpočtu globálního indexu

každému systému přiřazena stejná váha (McRae et al., 2017; Zoological Society of London, 2018; WWF, 2020b).

1.5 Limity databází a indexů

Přestože jsou databáze dosud nejlepším pomocníkem pro nejrůznější analýzy celkových trendů v přírodě a vzhledem ke svému rozsahu mají pro populační biology, ochránáře, ekology a mnoho dalších odborníků i laiků často nezastupitelnou úlohu, při práci s jakoukoliv databází je stále potřeba mít na paměti její limity a nedostatky. Už jen taxonomické zařazování a nedostatečné zastoupení jednotlivých tříd a řádů organismů představuje značnou komplikaci a může mít na výsledky velký dopad a zkreslovat je. Například obecně existuje větší množství záznamů o populárnějších, větších, medializovaných či snáze pozorovatelných druzích, jakými mohou být velké šelmy nebo stádoví kopytci. Podobně se předpokládá větší zájem o monitoring již ohrožených druhů, které z podstaty věci poklesem abundance trpí, a mohou tak způsobit celkový negativní trend (McRae et al., 2017). Další problém představuje celkový nedostatek dat z tropických oblastí (Collen et al., 2008). Přestože databáze primárně slouží jako médium pro uchování informací a sama o sobě nemůže vkládaná data jakkoliv ovlivnit a změnit, už samotným uspořádáním předurčuje, jakou podobu data musí mít, aby přesně vyhovovala standardům a kategoriím dané databáze (Bowker, 2000; Turnhout & Boonman-Berson, 2011). V případě LPD se mimo jiné jedná o mezery v geografickém pokrytí, zastoupení jednotlivých tříd i biogeografických oblastí. Nejvíce záznamů pochází z nearktické a palearktické oblasti, k čemuž značně přispívá existence velkých monitorovacích programů ptáků (Proença et al., 2017).

Významnou roli v rozšiřování databází hraje i to, kdo do nich může přispívat. Kromě odborných vědeckých studií a článků pochází mnoho příspěvků i z vládních reportů či od neziskových organizací. Významnou pomocí by tak mohlo být přijímání údajů od „běžných občanů“, kteří se vědě věnují jen jako koníčku. Je však potřeba stanovit jasná kritéria a pravidla pro možnost přidávání takovýchto záznamů do databáze. Velký důraz by se měl dále klást na rozšiřování databází a na zvýšení podílů v zastoupení řídky monitorovaných druhů, oblastí, celých taxonů, ohrožených i neohrožených druhů.

2 METODIKA

2.1 Living Planet Database (LPD)

Data ke své práci jsem čerpala přímo z databáze, z níž vychází výsledky uvedené v Living Planet Reports, s nimiž bych své výstupy měla konfrontovat a diskutovat. Hlavním a v zásadě jediným zdrojem dat, se kterým jsem pracovala, se tedy stala Living Planet Database (LPD). Ta představuje jeden z nejobjemnějších zdrojů populačních dat, které máme dnes k dispozici. Mnohem obsáhlejší je sice databáze PREDICTS (Projecting Responses of Ecological Diversity In Changing Terrestrial Systems) (Hudson et al., 2017), ta se však zajímá spíše o vliv různých antropogenních tlaků (znečištění, nadměrný rybolov, zavlékání nepůvodních druhů apod.) na biodiverzitu organismů, ale pouze těch terestrických (Hudson et al., 2014).

Vzhledem ke stanovenému cíli, který se týká porovnatelnosti mých výsledků se závěry Living Planet Reports, jsem ale pro svou práci využívala pouze již zmíněnou Living Planet Database. Stejně jako u jiných podobně zaměřených databází i zde dochází k propojení různě věrohodných zdrojů, poznatků a bádání nespočtu lidí ze všech koutů světa, kteří se rozhodli nějakým způsobem monitorovat početnosti populací organismů. V roce 2020 byly v této databázi k nalezení údaje z více než 3000 zdrojů (WWF, 2020b). Nejvíce záznamů pochází z recenzovaných odborných článků, mezi další zdroje informací se řadí například sekundární zdroje přebírající populační data z jiných hojně citovaných studií, vládní reporty nebo nepublikovaná literatura. Pokud lze zdroj jednoznačně najít a citovat, může být v databázi uplatněn (WWF, 2020b; WWF & ZSL, 2016; ZSL, 2018).

LPD se na počátku zaměřovala pouze na populace obratlovců, pro něž existuje větší množství studií pokrývajících relativně delší období, než by bylo možné dohledat u jiných skupin organismů. Obratlovci (Vertebrata) proto stále jednoznačně převažují nad ostatními taxony, přičemž nejvyššího počtu zastoupených druhů vzhledem k celkovému počtu známých druhů v dané třídě opakovaně dosahují ptáci (Aves; 2018: 1 520 z 8 905) a po nich savci (Mammalia; 2018: 596 z 4 820). Značnou část databáze zaujímaly v roce 2018 také rybí druhy (1 393), to však vzhledem k celkovému počtu druhů ryb (31 607) představuje jen malý zlomek. Co se týče populací, téměř polovinu z nich představovali poměrně nepřekvapivě ptáci (9 341), následování rybami (5 670) a savci (3 119) (WWF & ZSL, 2018). Stále více se však začíná klást důraz

i na rozšiřování sérií hmyzích nebo rostlinných druhů (WWF, 2020a). Aktuálně (počátkem roku 2021) obsahuje tato rozsáhlá databáze údaje o více než 4 700 druzích organismů (nejen obratlovců) ve více než 27 000 populacích rozmístěných po celém světě a pro výpočet globálního LPI bylo použito 20 811 populací 4 392 druhů (WWF, 2020b). Některé populační série obsažené v LPD pochází z Global Population Dynamics Database (GPDD) (Loh et al., 2005; WWF, 2012), databáze, které jsem na počátku své práce chvíli věnovala pozornost, než jsem se plně přeorientovala na LPD. Termínů populační série, série a záznam budu v této práci užívat jako synonym, která charakterizují jednu populaci nějakého druhu a její vývoj na konkrétní lokalitě během určitého časového intervalu.

Od konce roku 2012 existuje LPD také v online formě (WWF & ZSL, 2018). Díky tomu efektivněji shromažďuje množství údajů o populačních velikostech na jednom místě, je neustále otevřena novým příspěvkům, a průběžně se tak rozrůstá a přibírá nové záznamy o dalších populacích již zmíněných druhů nebo o zcela nových dosud nezastoupených druzích. Například v roce 2013 obsahovala databáze údaje o 2 978 druzích v 11 850 populacích a v roce 2018 se jednalo o více než 3 903 druhů v 19 278 populacích (WWF & ZSL, 2018; WWF, 2020b).

Pro zařazení do této databáze musí každá populační časová řada splňovat určitá kritéria (WWF & ZSL, 2016; WWF, 2020b). Musí v ní být obsažena klíčová informace o velikosti zkoumané populace a o jejím vývoji v čase. Přesná a jediná forma údaje o velikosti není definovaná, proto je poměrně obtížné veškerá data porovnat jednoduchým a jednoznačným způsobem. Jelikož data pocházejí od různých autorů, každý při svém sběru dat mohl uplatňovat odlišné jednotky měření velikostí, přičemž se vždy nejednalo o prostý počet jedinců na daném analyzovaném území. Často se lze setkat i s hustotou jedinců, počtem hnízd, biomasou nebo jinou proměnnou vztahující se k abundanci. Dané jednotky měření však musí být totožné v celé studii, jinak ji nelze do databáze zařadit. Dále je nutné, aby se konkrétní populační série během celého svého průběhu vztahovala pouze k jednomu zvolenému druhu a jeho jasně vymezené lokalitě, která musí být uvedena. Stejně tak není možné v průběhu výzkumu měnit metodu sběru a analýzy dat. Na rozdíl od GPDD, která vyžadovala série s nejméně 10 hodnotami (NERC Centre for Population Biology, 2010), pro zařazení do LPD stačí, aby záznam obsahoval alespoň dvě měření velikosti dané populace v rámci sledovaného období, přičemž měření nemusí probíhat v po sobě

následujících rocích. A pokud měření probíhala v rámci jednoho roku vícekrát, v databázi musí být tyto hodnoty převedeny do jediného čísla (WWF & ZSL, 2016).

V databázi se nachází přehledný seznam mající podobu tabulky, která obsahuje rodové a druhové jméno vzorku, běžně užívané pojmenování v angličtině, lokalitu populace a zemi. V detailním zobrazení konkrétní série se pak v rámci první taxonomické tabulky uvádí latinské jméno a zařazení druhu (třída, řád, čeleď, rod, druh, případně poddruh), anglický název a jméno autora, který druh pojmenoval + v jakém roce. Druhá tabulka se týká geografie a ekologie a obsahuje název konkrétní lokality populace, zemi, region (světadíl), systém (např. terestrický) a biom. Dále je uveden zdroj informací (většinou citace odborného článku) a pochopitelně populační data. Ta zahrnují jednotky, v nichž se velikost populace měřila, metodu sběru dat a nezbytnou součástí jsou samozřejmě hodnoty velikostí populací v jednotlivých letech. Jednotlivé záznamy i soubory více záznamů najednou, počínaje rokem 1970, lze stáhnout ve třech různých formátech: jako textový soubor (.txt), CSV (.xls) nebo JSON.

2.2 Vlastní analýza

2.2.1 Úprava tabulek

V případě větších souborů dat, které se týkaly ptáků a savců, jsem pracovala pouze s terestrickými zástupci a veškeré záznamy jsem rozdělovala podle kontinentů. Plazy (Reptilia) a obojživelníky (Amphibia) jsem stahovala najednou a vzhledem k nižšímu počtu sérií nemělo ani následně smysl dělení na jednotlivé světadíly či biogeografické oblasti (např. afrotropická) jako u savců a ptáků. Ve své práci jsem tedy analyzovala terestrické savce, terestrické ptáky a všechny plazy a obojživelníky, kteří byli v databázi v dané době uvedeni.

V původní podobě obsahovala tabulka 25 sloupců s názvy proměnných a pak dalších 45 sloupců, každý pro jeden rok počínaje letopočtem 1970 a konče rokem 2014. Tabulky jsem totiž stahovala v době platnosti Living Planet Report 2018, jejíž analýzy končily právě v roce 2014. Na internetové stránce databáze však byly k nalezení i údaje novější, od roku 2014 dále, rozhodla jsem se tedy svou tabulku rozšířit o roky 2015, 2016, 2017, 2018 a 2019, a pokud záznam v internetové databázi obsahoval hodnotu i pro některý z těchto doplněných roků, dopsala jsem ji ručně k již stažené příslušné sérii. Co se týče počtu hodnot v sérii, tak ten se rovnal počtu let, v nichž byla pro danou sérii zaznamenána nějaká konkrétní hodnota velikosti populace.

Tabulka 1 Výčet proměnných u každé populační série z LPD (WWF & ZSL, 2016); poté jednotlivě roky 1970 až 2019

proměnná	poznámky
id	identifikační číslo záznamu
zdroj dat	
třída	
řád	
čeleď	
rod	
druh	
poddruh	nepovinné
jméno autora pojmenování druhu + rok	
běžně užívané pojmenování v angličtině	
lokalita populace	
země	
region	název kontinentu, příp. rozsáhlejší oblasti
zeměpisná šířka	
zeměpisná délka	
specifikace souřadnic	vztah ke konkrétní jasně vymezené lokalitě nebo k rozlehlejší oblasti → souřadnice patří bodu ve středu areálu
system	terestrický; sladkovodní; mořský
biom	
biogeografická oblast	např. nearktická
původní druh	ano × ne
nepůvodní druh	ano × ne
invazní druh	ano × ne
jednotky měření abundance	
metoda sběru dat	
transformace dat	vícero měření v rámci jednoho roku → ano; měření jedenkrát ročně → ne

V dalším kroku hrál zásadní roli počet hodnot v sérii, kdy jsem vyřadila příliš krátké série a ponechala jsem jen ty, které obsahovaly alespoň čtyři měření. Dále přibyla další proměnná nesoucí název „typ vzorkování“, kterou jsem vytvořila za účelem alespoň nějaké možnosti porovnání metod, jakými měření velikostí populací probíhalo. Způsob získávání početností napříč celou databází se mezi sebou poměrně hodně lišil, proto bylo vhodné nastavit nějaké základní kategorie, do nichž jsem pak konkrétní metody popsané ve sloupci Metoda sběru dat zařazovala. Do první skupiny s nadřazeným názvem „pozorování“ spadaly všechny metody vyjadřující konkrétní celé nebo zprůměrované počty jedinců zjišťované různými způsoby. Nejvíce se uplatňovalo prosté pozorování, průzkum či monitorování určité oblasti a sčítání (cenzus) spatřených jedinců. V rámci některých studií se počítání po určitých časových intervalech opakovalo a poté se zapsal buď průměrný, nebo maximální počet evidovaných individuí. Hledání jedinců také mohlo opakovaně probíhat v jasně ohraničených a předem vymezených transektech. Druhý typ seskupoval „biasované“ vzorky, u kterých se dalo téměř s jistotou říct, že nebylo možné zachytit všechny jedince na zkoumané lokalitě. Mezi ně jsem řadila například chytání do pastí a sítí, biomasu vajíček, počítání pouze samců nebo naopak samic, počet párů, migranty, odchyty omylem/vedlejší úlovky (bycatch), maximální zimní počty nebo data převzatá z předchozích studií. Třetí typ zahrnoval zjišťování početností pomocí různých modelů, analýz a standardizovaných metod, mimo jiné sem patřily i metody zpětného odchytu značených jedinců (Mark and Recapture), Jolly-Seberův model odhadu populační velikosti, Lincolnův index, odhad početnosti jedinců nebo hnízd pomocí Poissonova či Gaussova rozdělení a podobně. Čtyřka byla přiřazena neznámým a nespecifikovaným metodám a odhadům abundance. Pátou kategorii potom tvořily metody založené na monitorování projevů chování a výskytu samotných živočichů, např. stanovení početnosti podle nalezeného trusu, hnízd či hlasových projevů samců ptáků.

2.2.2 Parametry *Růst a Trend*

Pro sledování vývoje velikostí populací jsem měla stanovené dva parametry, *Růst* a *Trend*. Obojí lze na dostupná data smysluplně použít, a přestože jsou založené na odlišných aspektech populačních změn, je mezi těmito dvěma veličinami pozitivní korelace ve smyslu vztahu mezi nimi, kdy s růstem jedné proměnné vzrůstá i ta druhá (Schober et al., 2018). Konkrétní vztahy jsou zobrazeny v kapitole Výsledky (str. 17).

Parametr *Růst* vypovídá o relativním růstu či poklesu konkrétní sledované populace tím, že poměruje koncovou velikost populace s tou počáteční. Pro výpočet jsem tedy použila dekadický logaritmus podílu velikostí:

$$y = \log(\text{poslední hodnota} / \text{první hodnota}) \quad [4]$$

V případech, kdy se alespoň jedna z hodnot rovnala nule, nebylo pochopitelně možné *Růst* spočítat. Tuto komplikaci jsem se pokusila následně odstranit, viz dále podkapitola Nulové hodnoty.

Druhý parametr *Trend* se shoduje s Pearsonovým korelačním koeficientem r , který vyjadřuje míru vzájemného vztahu mezi dvěma spojitými proměnnými. Jedná se o bezrozměrnou veličinu nabývající hodnot od -1 do 1, kdy 0 značí absenci jakékoli vazby mezi proměnnými a absolutní hodnota rovna 1 naopak vypovídá o silném monotónním lineárním vztahu (Schober et al., 2018). V případě této práce se jednalo o výpočet lineárního korelačního koeficientu mezi časem (roky) a populačními velikostmi v rámci jedné série.

Přestože jsem dále používala pouze Pearsonův korelační koeficient, pro srovnání a úplnost jsem spočítala i koeficient Spearmanův, který je založený na pořadí (Schober et al., 2018).

2.2.3 Nulové hodnoty

Jak jsem zmínila výše, *Růst* nebylo možné spočítat v případech, kdy se první nebo poslední naměřená hodnota rovnala nule. Přestože s těmito hodnotami pracuje RStudio jako s chybějícími a při tvorbě grafů je vynechává, chtěla jsem následně i tyto série nějak zahrnout do analýz, protože jejich množství nebylo úplně zanedbatelné (např. u ptáků to bylo 209 sérií z 3 722). Konkrétní počet nulových hodnot pro každou analyzovanou třídu je uveden v kapitole Výsledky. Nakonec jsem zvolila variantu takovou, kdy jsem počáteční nebo koncové nuly u daných sérií úplně vynechala („škrtna je“), místo nich jsem použila aktuálně první nebo poslední naměřenou hodnotu a novou proměnnou pojmenovala *Růst2*. S tím dále souviselo zkracování délek sérií, změna prvního/posledního záznamu (roku) i snížení počtu hodnot v sérii (o vyřazené nuly). Za tímto účelem jsem u populací s více než třemi údaji doplnila několik dalších sloupců se staronovými proměnnými beroucími v potaz změny po odstranění nul (např. první hodnota2). Znovu jsem tedy zjišťovala počet hodnot v sérii, první a poslední hodnotu, první a poslední

záznam (rok). V dalším kroku jsem počítala *Růst* znovu po odstranění nul a při tvorbě grafů jsem vytvářela pro porovnání oba grafy, s vynechanými nulovými sériemi i s těmi samými sériemi po nahrazení nul nejbližším nenulovým číslem.

2.2.4 Souhrnné tabulky

Souhrnné tabulky obsahovaly kategorie a proměnné potřebné pro mou analýzu. Pracovala jsem především s těmito údaji: řád, rod, druh, poddruh, biom, biogeografická oblast, typ vzorkování, počet hodnot v sérii, první záznam (rok), poslední záznam (rok), délka série, prostřední bod série, první hodnota, poslední hodnota, Pearsonovo r (*Trend*), *Růst*, průměrný růst (0 neupraveny), první hodnota₂, poslední hodnota₂, počet hodnot v sérii₂, *Růst*₂, průměrný růst (0 upraveny), první záznam₂ (rok), poslední záznam₂ (rok), délka série₂ a prostřední bod série₂. Z těchto proměnných jsem vycházela při tvorbě grafů. Proměnnou „biom“ jsem však chápala spíše ve smyslu typu prostředí, jelikož se nejednalo o biomy v pravém slova smyslu podle oficiální klasifikace, ale šlo spíše o dělení uzpůsobené prostředí Living Planet Database, které se navíc mezi jednotlivými třídami lišilo. Pro zjednodušení jsem ale označení „biom“ zachovala a brala ho jako daný technický termín, proto jej v práci většinou uvádím v uvozovkách. Dále tabulky obsahovaly ještě informace o zeměpisné šířce a délce, jednotkách měření abundance, metodě sběru dat a Spearmanově ρ .

V případě biogeografických oblastí jsem používala dělení na těchto šest: afrotropickou, australasijskou + oceánickou, indomalajskou, nearktickou, neotropickou a palearktickou oblast.

Délka série znamenala počet let od prvního k poslednímu záznamu a k jejímu zjištění posloužil tento vzorec:

$$y = \text{poslední záznam (rok)} - \text{první záznam (rok)} + 1 \quad [5]$$

Prostřední bod série jsem počítala pomocí vzorce:

$$y = (\text{první záznam (rok)} + \text{poslední záznam (rok)})/2 \quad [6]$$

Co se týče průměrného růstu (0 neupraveny), počítala jsem jej za účelem získání další užitečné informace, průměrného meziročního růstu dané populace:

$$y = \text{Růst}/(\text{počet hodnot v sérii} - 1) \quad [7]$$

Následně přišlo na řadu zopakování procesu, tentokrát však s upravenými sériemi po odstranění jejich počátečních nebo koncových nulových hodnot. Spočítala jsem tedy $Růst$, průměrný růst (0 upraveny), délku série² a prostřední bod série².

2.2.5 Hodnoty pro jednotlivé druhy

Jak lze předpokládat, v databázi se v hojné míře vyskytují různé populační série, které ale zastupují jeden a týž druh. Pro analýzy na druhové úrovni je tedy potřeba všechny série pro jeden druh seskupit a jejich hodnoty nějakým způsobem zprůměrovat, abychom získali jedno číslo vypovídající celkově o druhu. V rámci této práce jsem pro druhy potřebovala spočítat jejich průměrný $Růst$ a $Trend$.

2.2.6 Zpracování dat, použité analýzy

Veškeré analýzy jsem prováděla v aplikaci RStudio (verze 3.3.3, ©2017, 64 bit). Pro zobrazení četností pozorování jsem využívala frekvenční histogramy, pro porovnání hodnot různých kategorií sloužily boxploty neboli krabicové diagramy.

Kromě již zmíněných sledovaných parametrů, jako jsou $Růst$ nebo $Trend$, jsem také u každé třídy zjišťovala, zda hodnoty $Růstu$ nějak korelují s počtem hodnot v sérii ($Růst \sim$ počet hodnot v sérii), jejich délkou ($Růst \sim$ délka série) nebo prostředním bodem série ($Růst \sim$ prostřední bod série = rok uprostřed období, kdy probíhalo měření pro danou sérii). Znovu jsem vše dělala dvakrát kvůli nulovým sériím. Ke zjištění těchto závislostí bylo zapotřebí modelů lineární regrese, jejichž součástí jsou i diagnostické grafy, které ověřují splnění jejich předpokladů.

Pokud jakákoliv hladina analyzovaných proměnných nebo proměnná sama o sobě zahrnovala pouze jednu sérii, což se stávalo, v analýze jsem s ní dále nepracovala, jelikož nemělo smysl vyvozovat nějaké závěry na základě jediné série. Na grafech pak byla příslušná problematická hladina snadno identifikovatelná díky širokým konfidenčním intervalům či dlouhým chybovým úsečkám.

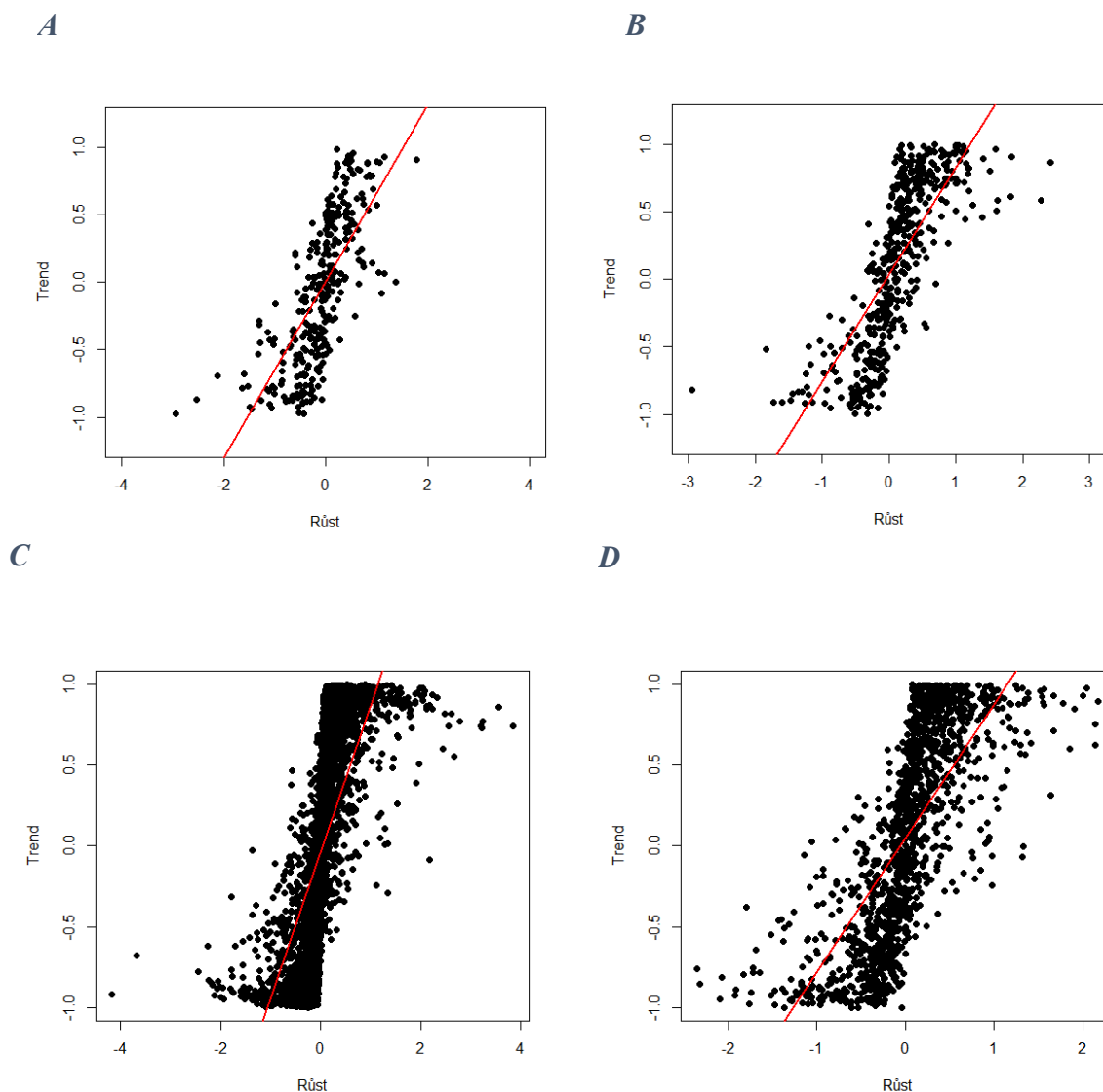
V konečné fázi jsem pro každý taxon zvlášť vytvářela GLM (Generalized linear models/Zobecněné lineární modely) všech zkoumaných proměnných dohromady. Vysvětlovanými proměnnými byly $Růst$, $Růst2$ a $Trend$ a mezi prediktory jsem zařadila řád,

„biom“ (sloučené do méně hladin), biogeografickou oblast a typ vzorkování, přičemž pro oba *Růsty* se k vysvětlujícím proměnným přidaly ještě počet hodnot v sérii, délka série a prostřední bod série. Rozdělení jsem považovala za normální (Gaussovo). U každého modelu jsem pro každý prediktor spočetla parciální adjustovaný koeficient determinace (adjusted R-squared), který obecně penalizuje přílišnou složitost modelu a bere například v potaz mnoho parametrů na malý počet pozorování. Z něj jsem pak v procentech vyjádřila míru variability závisle proměnné vysvětlené daným prediktorem – viz tabulka na str. 64 (Lepš & Šmilauer, 2016).

3 VÝSLEDKY

3.1 Srovnání měřených parametrů *Růst* a *Trend*

Mezi námi zvolenými parametry, *Růstem* a *Trendem*, vyšla v případě všech čtyř analyzovaných tříd (obojživelníci, plazi, terestriční ptáci a terestriční savci) poměrně silná korelace (obr. 1). Hodnota korelačního koeficientu se pohybovala mezi 0,71 a 0,76.



Obrázek 1 Korelace mezi dvěma parametry, *Růstem* a *Trendem*, pro populace obojživelníků (A), plazů (B), ptáků (C) a savců (D)

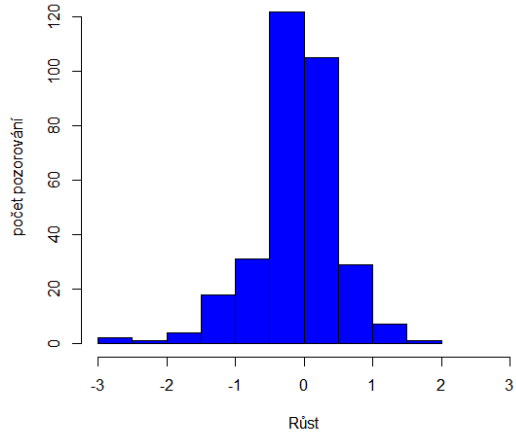
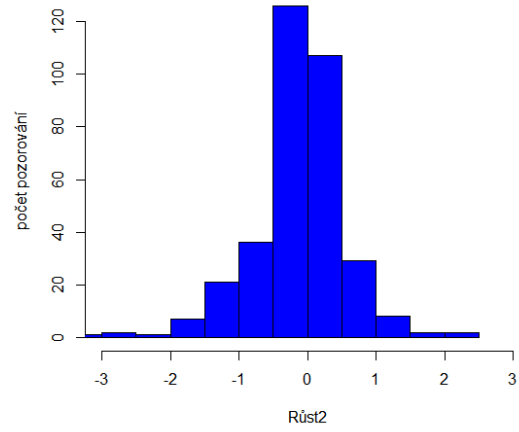
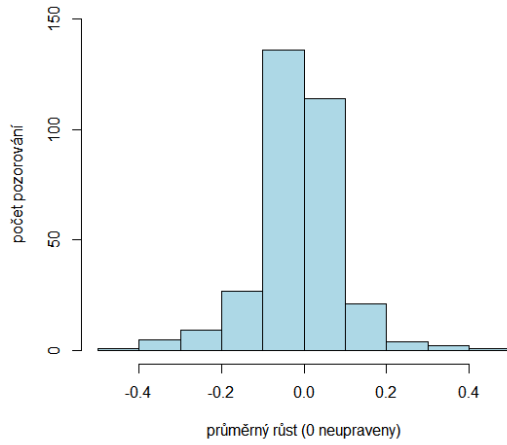
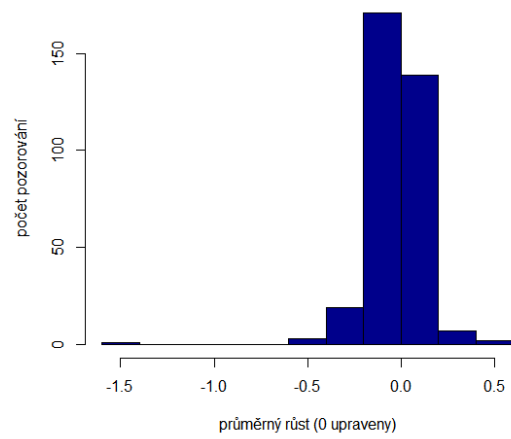
V případě vztahů mezi závisle proměnnou a kategoriálním prediktorem jsem ověřovala i odlišnost jednotlivých hladin faktoru od nuly, a to za pomoci vynesení grafů s chybovými

úsečkami (průměr a střední chyba průměru). Vliv prediktoru na závisle proměnnou i míru její variability vysvětlenou prediktorem jsem získávala za využití analýzy variance (ANOVA), pro konkrétní rozdíly mezi všemi hladinami nezávisle proměnné jsem následně uplatňovala jeden z post hoc testů (*TukeyHSD*) a výsledky těchto mnohonásobných porovnání jsem si zobrazovala pomocí písmenkového kódu (příkaz *cld*).

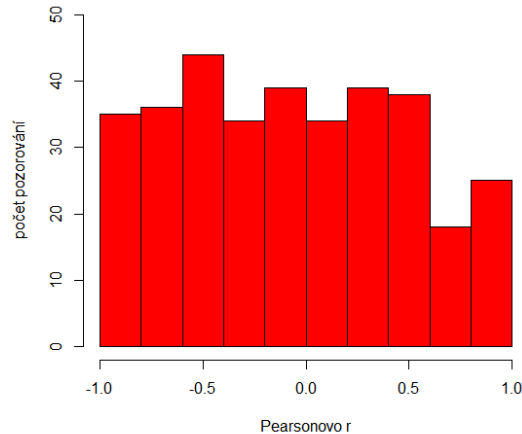
3.2 Obojživelníci (Amphibia)

Databáze Living Planet Database obsahovala 679 populačních sérií obojživelníků, ale naše kritérium alespoň čtyř měření velikosti populace splnilo pouze 342 z nich, tudíž jsem dále pracovala jen s těmito sériemi. Záznamy jsem si ještě rozdělila na řády, přičemž řád červoři (*Gymnophiona*) bohužel nebyl vůbec zastoupen, zbylo tedy jen dělení na žáby (*Anura*) tvořící větší část, konkrétně 255 záznamů (před uplatněním kritéria jich bylo 507), a ocasaté (*Caudata*), kteří měli zastoupení v 87 sériích (z původních 172).

Následující histogramy mají vždy na ose x hodnoty *Růstu* nebo *Trendu* rozdělené do shodně velkých intervalů a osa y vypovídá o frekvenci výskytu měření spadajících do daného intervalu (Lepš & Šmilauer, 2016). V rámci *Růstu* jsem vždy tvořila grafy dva, nejdříve s vynechanými nulovými sériemi a následně s těmito sériemi ponechanými, ale upravenými (*Růst2*) – jejich počáteční či koncové nuly byly smazány a hledalo se časově nejbližší nenulové číslo. Podle grafů na obrázku 2 (A, B) lze usuzovat, že odebrání zmíněných nul, kterých bylo celkem 22 (v 342 sériích), nehrálo roli a v obou případech mírně převažovaly populace s klesající tendencí. Z obrázku 3 týkajícího se *Trendu* není klesající tendence populací tolik zřejmá, přesto lze ale vidět, že záporné hodnoty korelačního koeficientu mírně převažují i zde. Průměrný růst populací (obr. 2, C a D) nabývá ve větší míře záporných hodnot. Průměrné meziroční přírůstky jsou tedy spíše úbytky.

A**B****C****D**

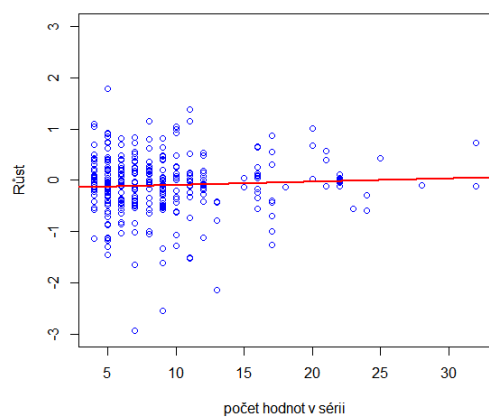
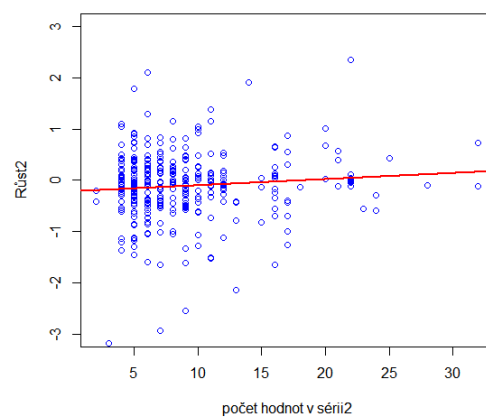
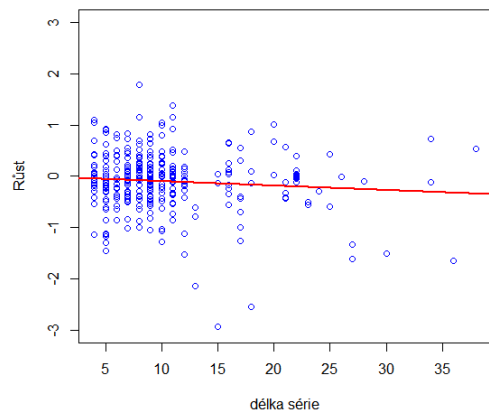
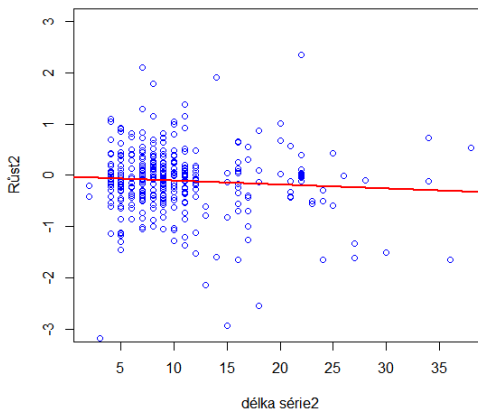
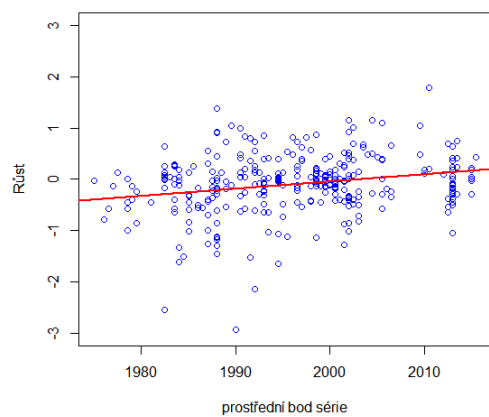
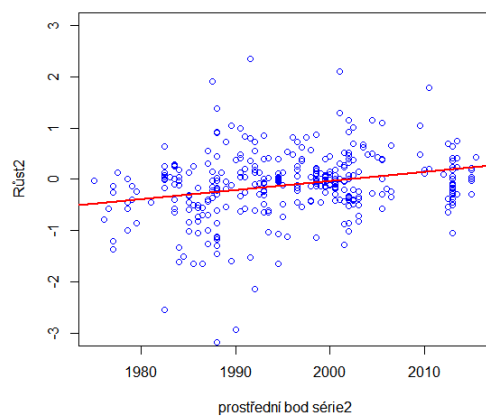
Obrázek 2 Frekvenční histogramy pro Růst (A), Růst2 (B), průměrný růst (0 neupraveny = nulové série vynechány) (C) a průměrný růst (0 upraveny = poč. nebo konc. nuly smazaný) (D) populací obožitelníků



Obrázek 3 Frekvenční histogram pro Trend populací obyčitelníků

Z hlediska závislosti *Růstu* na třech (potažmo šesti – při započítání proměnných vztahujících se k *Růstu*²) různých doplňkových proměnných (počet hodnot v sérii, délka série a prostřední bod série) se ukázalo, že ve většině případů žádná statisticky průkazná závislost neexistuje. V příloze 1a uvádím pro úplnost diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese, které kontrolují linearitu vztahů, normální rozdělení residuálů, homogenitu rozptylu a odlehlé hodnoty. Nezávislost pozorování byla dodržena na základě metodiky sběru dat, alespoň jsme to tak předpokládali (Lepš & Šmilauer, 2016).

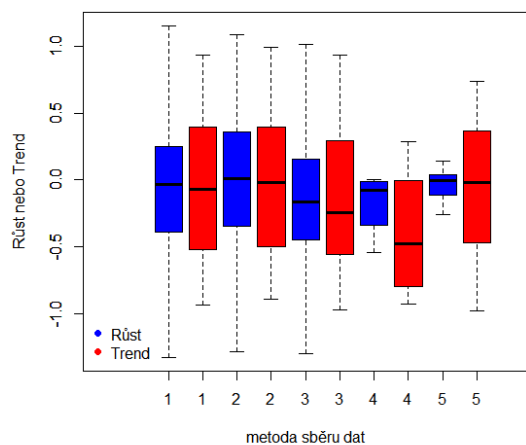
Závislost mezi *Růstem* a počtem hodnot v sérii nebo *Růstem*² a počtem hodnot v sérii² nebyla ani v jednom případě průkazná. Ukázalo se však, že regresní přímka měla lehce stoupající tendenci, což bylo způsobeno faktem, že vícekrát měřené populace spíše vykazovaly pozitivní *Růst* než ty, které obsahovaly jen nízký počet hodnot velikosti. Naopak vztah mezi *Růstem* a délkou série jevil lehce klesající tendenci. Závislosti ale opět nebyly statisticky průkazné. Zároveň je třeba si povšimnout nesplnění homogenity variance na základě třetího diagnostického grafu (obrázek 4c v příloze 1a), což může výsledek značně zkreslovat. V případě závislosti *Růstu* na prostředním bodu série se tentokrát jednalo o průkazné závislosti. Obě p-hodnoty vycházely < 0,0001 a z obrázků 4E, F je zřejmý pozitivní vztah mezi proměnnými, což znamená, že pozitivnější *Růst* vykazovaly ty série, jejichž měření probíhala blíže současnosti.

A**B****C****D****E****F**

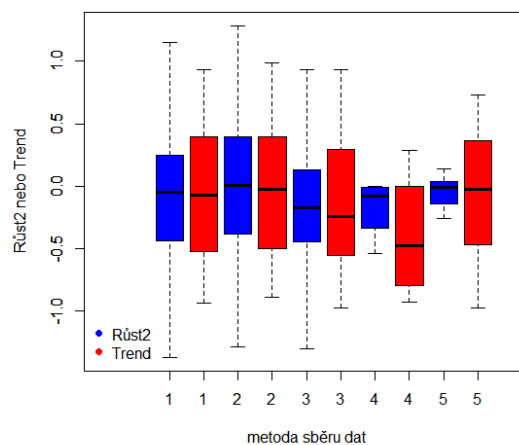
Obrázek 4 Závislost Růstu na počtu hodnot v sérii (A), délce série (C), průměrným bodu série (E) a závislost Růstu2 na počtu hodnot v sérii2 (B), délce série2 (D) a průměrným bodu série2 (F) u populací obojživelníků

Při srovnávání 5 typů vzorkování (viz obr. 5) v rámci *Růstu* i *Trendu* se ukázalo, že s výjimkou čtvrté skupiny se průměry pro *Růst* a pro *Trend* v každé ze skupin víceméně shodovaly. Neznámé metody (4) ale obsahovaly pouze čtyři série, a to mohlo nesoulad jejich dvou boxplotů zásadně ovlivnit. Žádná z metod sběru dat tedy nevykazovala určitou tendenci odlišnou od ostatních, a volba konkrétní metody tudíž neměla na výsledné hodnoty vliv. Při pohledu na jednotlivé kategorie si lze také všimnout, že kategorie 3 (= určování početnosti pomocí modelů apod.) dosahuje celkově nižších hodnot *Růstu* i *Trendu* než ostatní skupiny, ale ani v jednom případě nelze tento rozdíl prohlásit za signifikantní. Ani v jednom ze tří vztahů se mezi žádnou z dvojic neukázal signifikantní rozdíl.

A

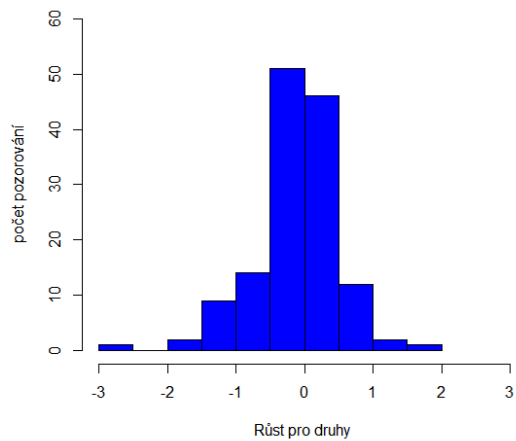
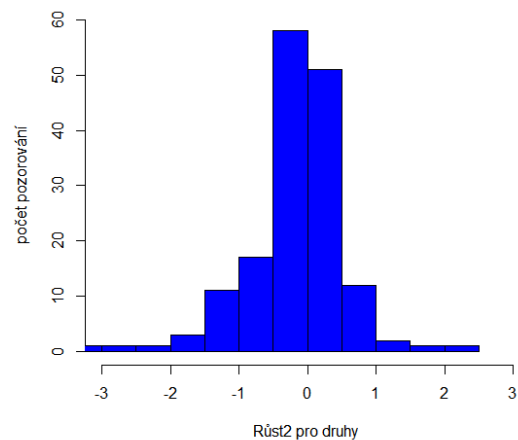


B

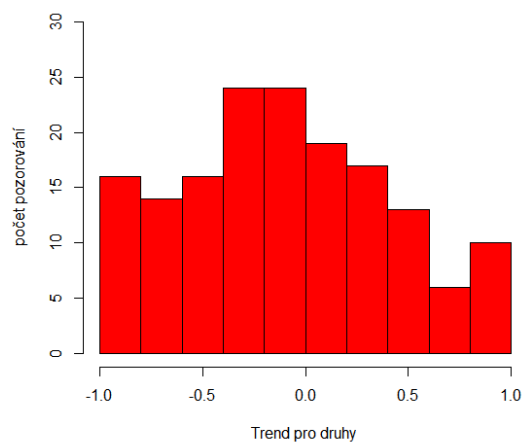


Obrázek 5 Porovnání pěti metod sběru dat pro *Růst* (A)/*Růst2* (B) i *Trend* (A i B) u populací obojživelníků – 1 = pozorování, 2 = biasované vzorky, 3 = modely, 4 = nespecifikováno, 5 = projevy chování a výskytu živočichů; boxploty zobrazují medián a mezikvartilové rozpětí (dolní 1. – horní 3. kvartil), úsečky minimální a maximální hodnotu

Další krok představovalo sloučení populací do druhů. Stejně jako u celkového *Růstu* (obr. 2) i zde dále převažují klesající populace, jak ukazuje obrázek 6. Podobně i u *Trendu* pro druhy (obr. 7) lze vidět, že větší množství populací druhů vykazuje záporný růst, přičemž tato převaha je patrnější než pro celkový *Trend* (obr. 3).

A**B**

Obrázek 6 Frekvenční histogramy pro Růst (A) a Růst2 (B) po sloučení populací obojživelníků do druhů



Obrázek 7 Frekvenční histogram pro Trend po sloučení populací obojživelníků do druhů

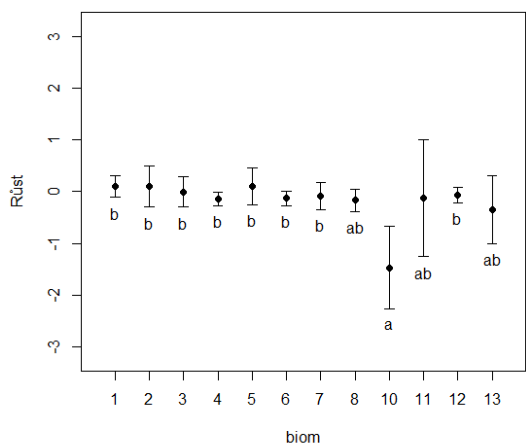
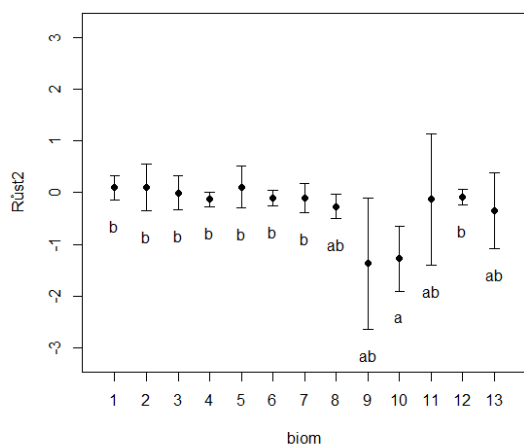
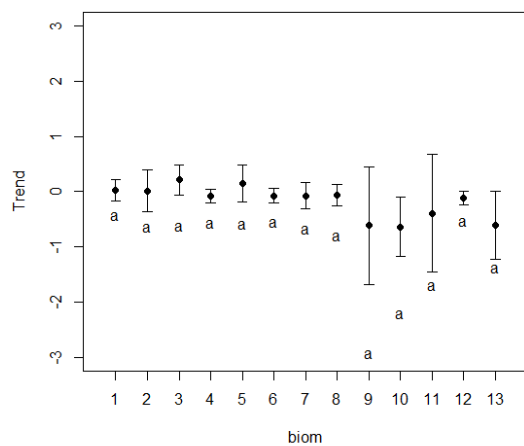
Po rozdělení na jednotlivé „biomy“ (Box 1) se dle výsledků analýzy variance ukázalo, že hladiny faktoru (jednotlivá prostředí) vesměs nemají na závisle proměnnou signifikantní vliv. Výjimku představoval *Růst2*, kde mezi některými prostředími statisticky významné rozdíly existovaly ($p < 0,05$), z celkového pohledu však jejich rozdílnost vysvětlila jen zhruba 7 % variability závisle proměnné, tudíž ani v tomto případě nehraje typ prostředí zásadní roli.

Příslušné diagnostické grafy pro ověření splnění předpokladů modelu jsou k dispozici v příloze 1b.

Obrázek 8 obsahuje grafy porovnávající jednotlivé „biomy“ prostřednictvím písmenkového kódu. Aby se vliv některého z „biomů“ významně odlišoval od ostatních, musel by být označen zcela jiným písmenem (nebo jejich kombinací) než zbytek. Ani u jednoho z parametrů (*Růst*, *Růst2*, *Trend*) ale nevykazovalo průkazný rozdíl od ostatních žádné z prostředí. Odlišnost tropických a subtropických suchých listnatých lesů (10) a jejich umístění v záporných hodnotách je pravděpodobně ovlivněno nízkým počtem sérií (pouze čtyři).

Box 1 „Biomy“ obojživelníků

- 1) velká jezera
- 2) polární sladké vody
- 3) listnaté a smíšené lesy mírného pásu
- 4) dolní říční toky mírného pásu
- 5) jehličnaté lesy mírného pásu
- 6) záplavová území a mokřady mírného pásu
- 7) horní říční toky mírného pásu
- 8) trop. a subtrop. pobřežní řeky
- 9) trop. a subtrop. jehličnaté lesy
- 10) trop. a subtrop. suché listnaté lesy
- 11) trop. a subtrop. louky a pastviny, savany a křoviny
- 12) trop. a subtrop. deštné lesy
- 13) suché sladkovodní a bezodtoké pánve

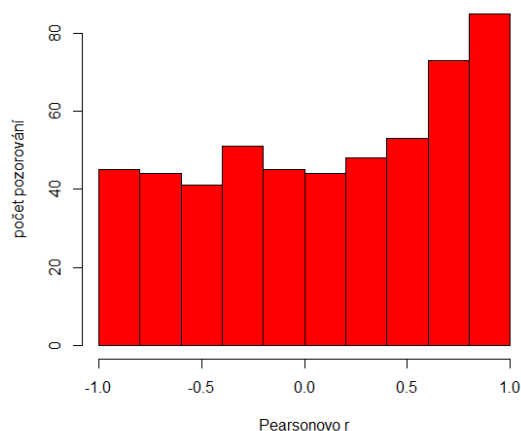
A**B****C**

Obrázek 8 Analýza variance a post-hoc Tukeyův test mnohonásobného porovnání – rozdíly v Růstu (A)/Růstu2 (B) a Trendu (C) mezi populacemi obožitelníků žijícími v různých „biomech“; „biomy“ 9 a 11 zastoupeny pouze jednou sérií; body odpovídají fitovaným hodnotám průměru a úsečka znázorňuje konfidenční interval

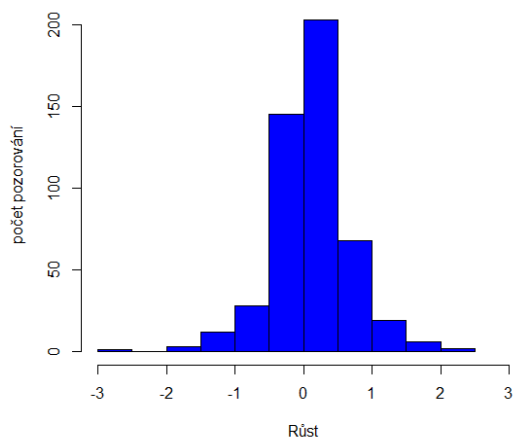
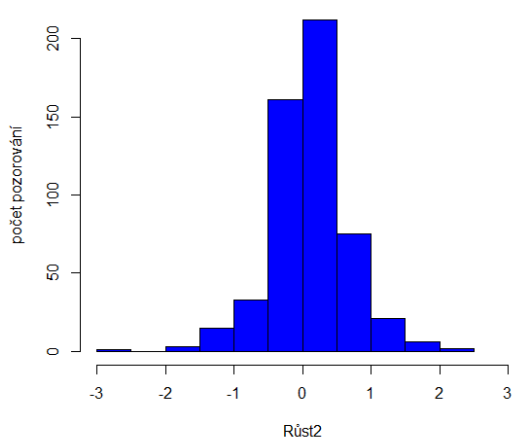
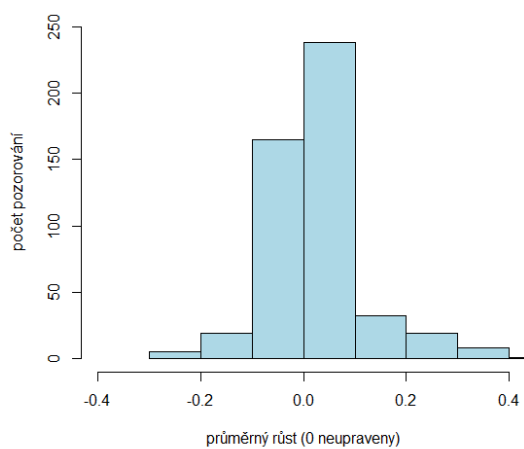
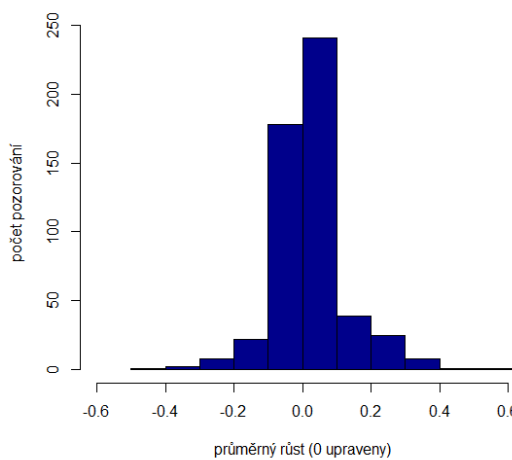
3.3 Plazi (Reptilia)

Z databáze jsem získala celkem 762 populačních sérií plazů, po vyřazení těch s méně než 4 údaji o velikosti jich zbylo 529. Z hlediska řádů jsem pracovala s touto výslednou bilancí: 85 sérií řádu Crocodylia (krokodýli; původně 128), 185 sérií řádů Squamata + Rhynchocephalia (šupinatí + haterie; původně 268) a 259 sérií Testudines (želvy; původně 366).

Z hlediska celkového *Růstu*, *Růstu2* i *Trendu* se ukázalo, že u každé z proměnných mírně převažují rostoucí populace (obr. 10 A, B a obr. 9). Hodnotu nula na začátku či konci měření obsahovalo celkem 50 sérií, kterými se tudíž lišily parametry *Růst* a *Růst2*. Popis samotných grafů i rozdílu mezi *Růstem* a *Růstem2* lze nalézt výše v kapitole Výsledky, podkapitola 3.2 Obojživelníci (str. 18). Podobné výsledky se ukázaly i v případě průměrných růstů, ať už s vynechanými nebo upravenými nulovými sériemi (obr. 10 C a D). Mezi plazy měly větší podíl populace s kladnými meziročními přírůstky.

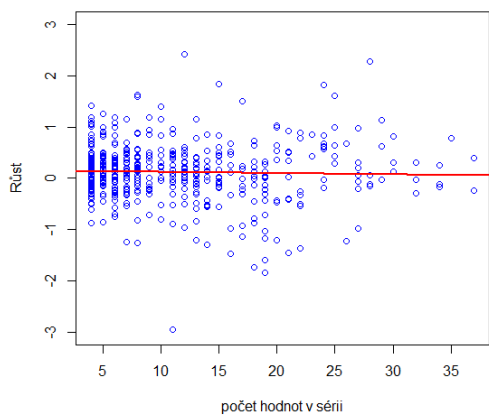
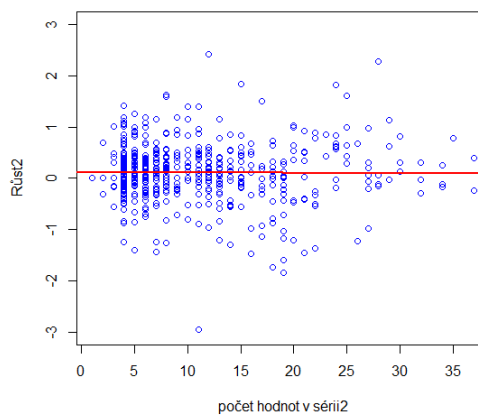
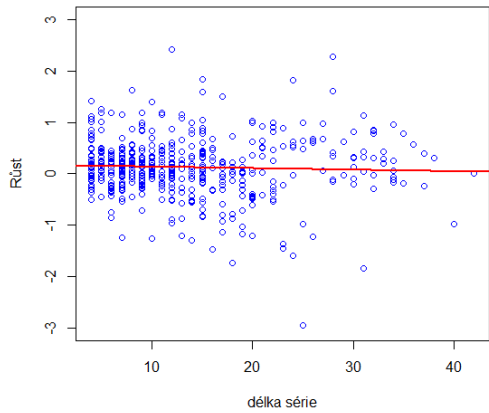
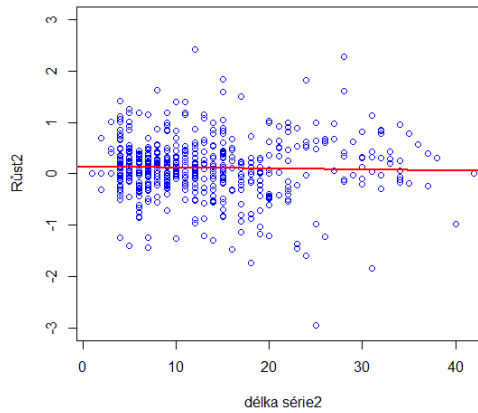
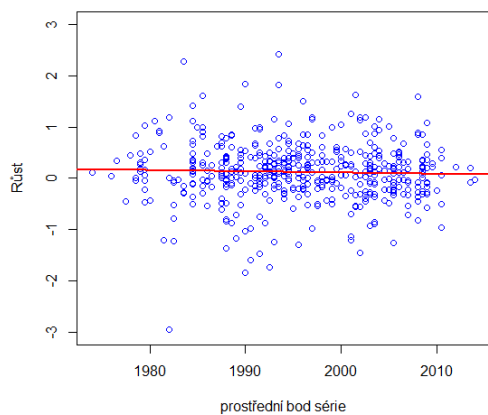
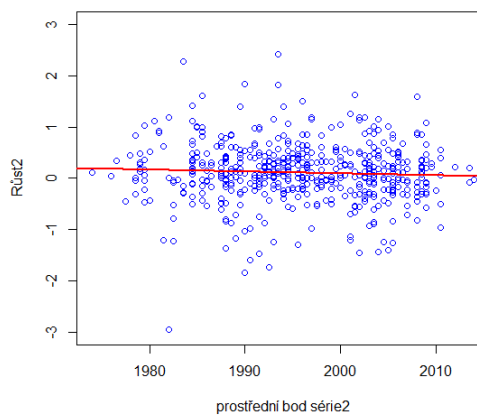


Obrázek 9 Frekvenční histogram pro Trend plazů

A**B****C****D**

Obrázek 10 Frekvenční histogramy pro *Růst* (A), *Růst2* (B), *průměrný růst (0 neupraveny = nulové série vynechány)* (C) a *průměrný růst (0 upraveny = poč. nebo konc. nuly smazány)* (D) populací plazů

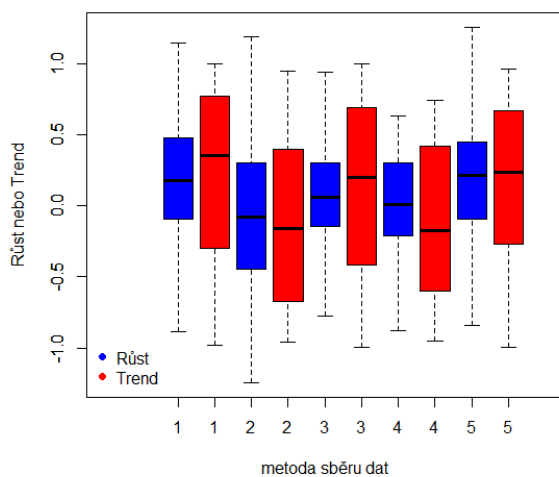
Při analýze vztahů *Růstu/Růstu2* a tří vybraných proměnných se nepodařilo zamítnout nulovou hypotézu ani v jednom případě. *Růst* tedy nezávisí na počtu hodnot v sérii ($p = 0,5374$), stejně tak *Růst2* na počtu hodnot v sérii2 ($p = 0,7759$), jak znázorňují grafy 11A a 11B. Neexistence vztahu vyšla i pro délku série ($p = 0,3401$) a délku série2 ($p = 0,5426$) – grafy 11C a 11D – a ani v případě prostředního bodu série jsem nezjistila žádnou závislost ($p = 0,435$; u prostředního bodu série2 se p rovnalo $0,2321$), jak lze vyčíst z grafů 11E a F. Diagnostické grafy k jednotlivým modelům jsou uvedeny v příloze 2a (obr. 11a–11f).

A**B****C****D****E****F**

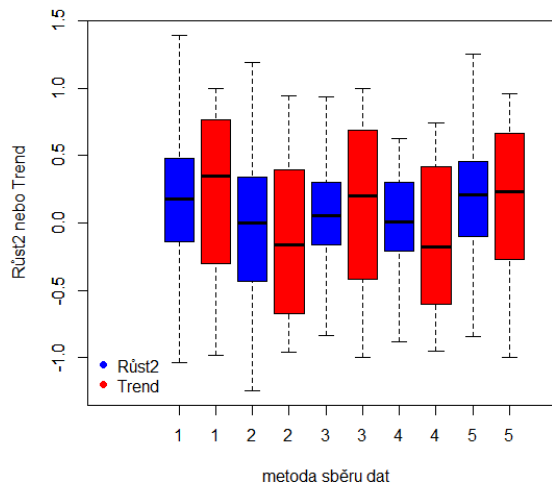
Obrázek 11 Závislost Růstu na počtu hodnot v sérii (A), délce série (C), průměrným bodu série (E) a závislost Růstu2 na počtu hodnot v sérii2 (B), délce série2 (D) a průměrným bodu série2 (F) u populací plazů

Při porovnávání pěti metod sběru dat se oproti obojživelníkům ukázaly mnohem výraznější rozdíly mezi jednotlivými metodami, jak si lze všimnout na obrázcích 12A a 12B. U všech tří parametrů vyšel vliv prediktoru (typ vzorkování) na závisle proměnnou (*Růst*, *Růst2*, *Trend*) jako signifikantní, tedy $p < 0,05$. Konkrétně se v případě *Růstu* významně lišily metody 1 (pozorování) a 2 (biasované vzorky), stejně tak u *Růstu2*. Pro *Trend* se signifikantní rozdíl objevil opět mezi metodami pozorování (metoda 1) a biasovanými vzorky (metoda 2), a navíc ještě mezi biasovanými vzorky (2) a projevy chování a výskytu živočichů (5). Množství variability závisle proměnných vysvětlené rozdílnými metodami sběru dat činilo 3,1 % pro *Růst*, 2,3 % pro *Růst2* a 3,6 % pro *Trend*.

A

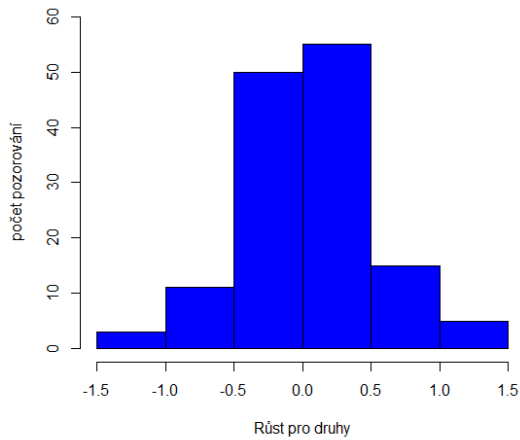
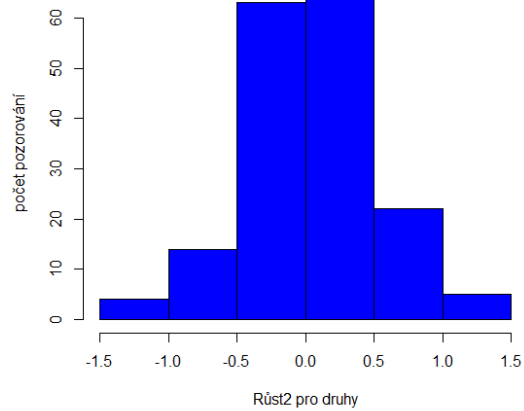


B

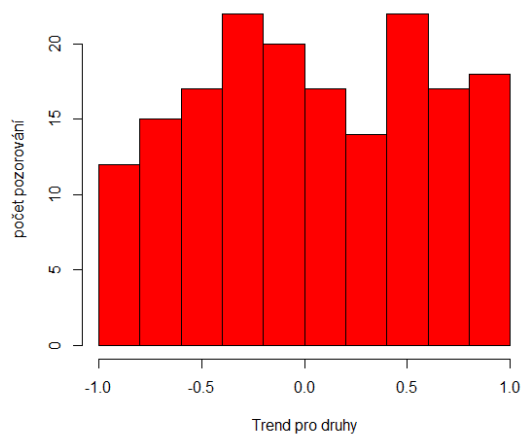


Obrázek 12 Porovnání pěti metod sběru dat pro *Růst* (A)/*Růst2* (B) i *Trend* (A i B) u populací plazů – 1 = pozorování, 2 = biasované vzorky, 3 = modely, 4 = nespecifikováno, 5 = projevy chování a výskytu živočichů; boxploty zobrazují medián a mezikvartilové rozpětí (dolní 1. – horní 3. kvartil), úsečky minimální a maximální hodnotu

Po sloučení populací do druhů jsem zjistila, že opět (stejně jako v případě celkového *Růstu* a *Růstu2* na obrázcích 10A a B) mírně převažují rostoucí populace, což je zřejmé z následujících grafů 13A a B. Výsledky *Trendu* však takovou jednoznačnou tendenci nevykazují (obrázek 14).

A**B**

Obrázek 13 Frekvenční histogramy pro *Růst* (A) a *Růst2* (B) po sloučení populací plazů do druhů



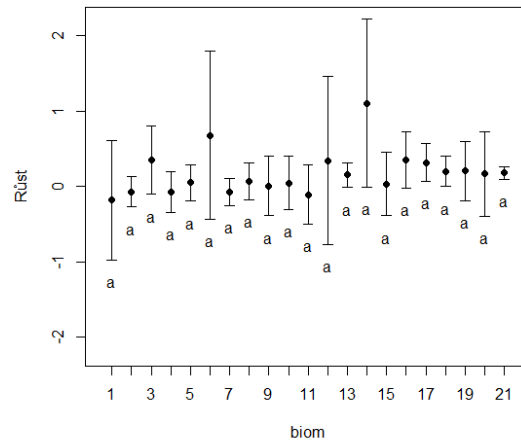
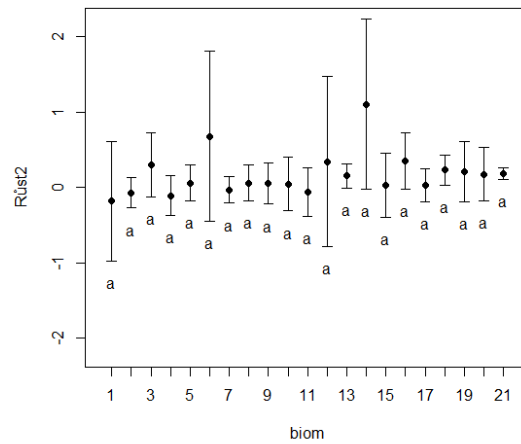
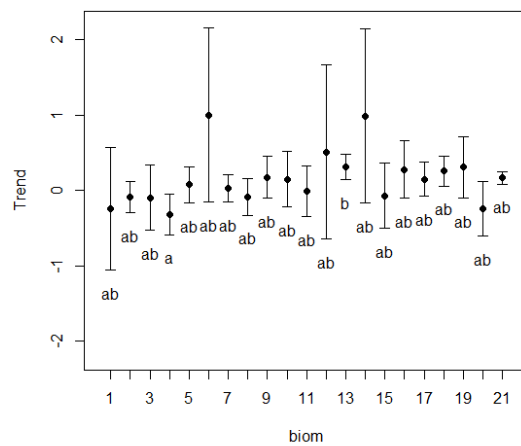
Obrázek 14 Frekvenční histogram pro *Trend* po sloučení populací plazů do druhů

Rozdíly mezi 21 „biomy“ (Box 2) se podle obrázků 15A, B a C zdály výrazné, konkrétní výsledky jsem ale získala až další analýzou. Díky vynesení průměrů a jejich středních chyb pomocí chybových úseček jsem získala představu o rozsahu chybovosti naměřených hodnot. Výsledky ANOVy neprokázaly signifikantní vliv „biomu“ na *Růst* a *Růst2*, p-hodnoty se rovnaly 0,2 a 0,29. U těchto proměnných jsem nezjistila ani žádný signifikantní rozdíl jakéhokoliv „biomu“ od ostatních, jak lze vyčíst ze shodných písmenkových kódů pod úsečkami na grafech 15A a B. Na rozdíl od růstových parametrů, *Trend* závisel na „biomu“ se statistickou průkazností

($p < 0,05$). Prediktor pak vysvětloval přibližně 7 % variability závisle proměnné. Signifikantní rozdíl se objevil pouze u jedné dvojice „biomů“, a to mezi mediteránními lesy, lesnatými oblastmi a křovinami („biom“ 4) a tropickými a subtropickými pobřežními řekami („biom“ 13). Zároveň je však třeba vzít v potaz diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů modelu, kde třetí graf nevypadá zcela uspokojivě (příloha 2b obr. 15a–15f).

Box 2 „Biomy“ plazů

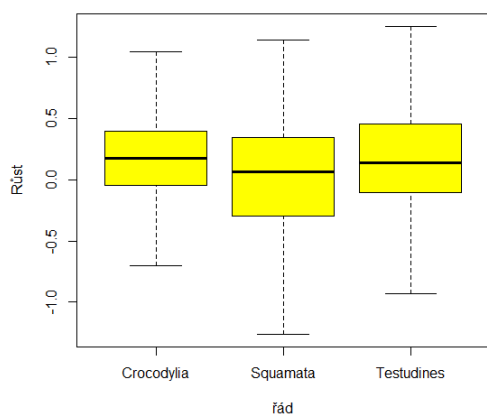
- 1) boreální lesy/tajga
- 2) pouště a suché křoviny
- 3) velká jezera
- 4) mediteránní lesy, lesnaté oblasti a křoviny
- 5) horské sladké vody
- 6) horské louky, pastviny a křoviny
- 7) listnaté a smíšené lesy mírného pásu
- 8) dolní říční toky mírného pásu
- 9) jehličnaté lesy mírného pásu
- 10) záplavová území a mokřady mírného pásu
- 11) louky a pastviny, savany a křoviny mírného pásu
- 12) horní říční toky mírného pásu
- 13) trop. a subtrop. dolní říční toky
- 14) trop. a subtrop. jehličnaté lesy
- 15) trop. a subtrop. suché listnaté lesy
- 16) trop. a subtrop. záplavová území a mokřady
- 17) trop. a subtrop. louky a pastviny, savany a křoviny
- 18) trop. a subtrop. deštné lesy
- 19) trop. a subtrop. horní říční toky
- 20) tropické korály
- 21) neznámý

A**B****C**

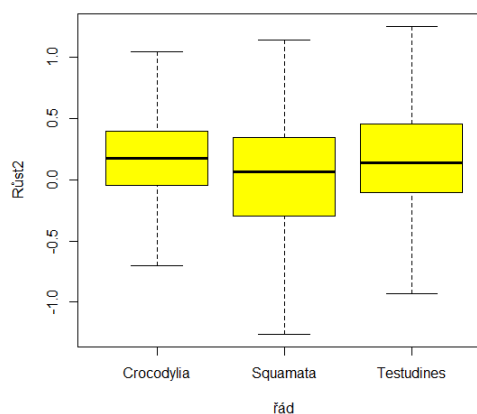
Obrázek 15 Analýza variance a post-hoc Tukeyův test mnohonásobného porovnání – rozdíly v Růstu (A)/Růstu2 (B) a Trendu (C) mezi populacemi plazů žijícími v různých „biomech“; „biomy“ 9 a 11 zastoupeny pouze jednou sérií; body odpovídají fitovaným hodnotám průměrů a úsečka znázorňuje konfidenční interval

Všechny tři zastoupené plazi řády, Crocodylia (krokodýli), Squamata (šupinatí) a Testudines (želvy), jevíly mírně vzestupnou tendenci jak v *Růstu* (i *Růstu2*), tak *Trendu*. Řád Rhynchocephalia (haterie) měl zastoupení pouze v sériích o méně než čtyřech hodnotách, tudíž jsem jej do analýzy nezahrnovala. Jako signifikantní se řád projevil u *Růstu2* a *Trendu*, vysvětlil ale jen cca 1,5–2 % variability. Příslušné grafy a hodnoty mediánu ukazují obrázky 16A, B a 17.

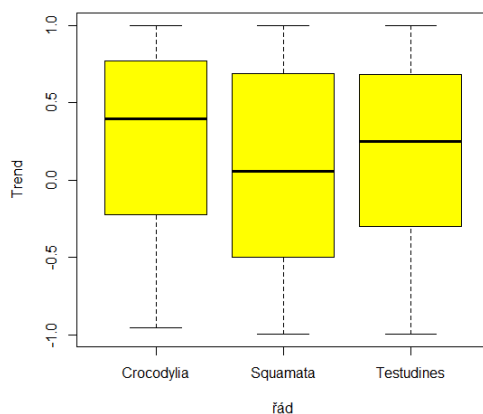
A



B



Obrázek 16 Grafické zobrazení *Růstu* (A) a *Růstu2* (B) pro jednotlivé plazi řády – mediány v obou případech: Crocodylia = 0,176, Squamata = 0,067, Testudines = 0,137; boxploty zobrazují medián a mezikvartilové rozpětí (dolní 1. – horní 3. kvartil), úsečky minimální a maximální hodnotu

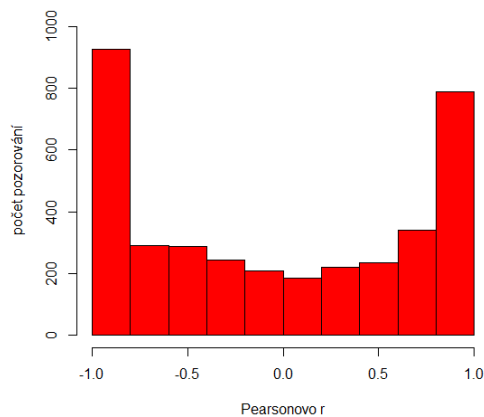


Obrázek 17 Grafické zobrazení *Trendu* pro jednotlivé plazi řády – mediány: Crocodylia = 0,397, Squamata = 0,058, Testudines = 0,252; boxploty zobrazují medián a mezikvartilové rozpětí (dolní 1. – horní 3. kvartil), úsečky minimální a maximální hodnotu

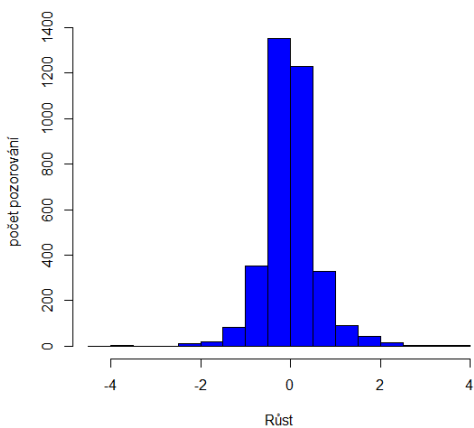
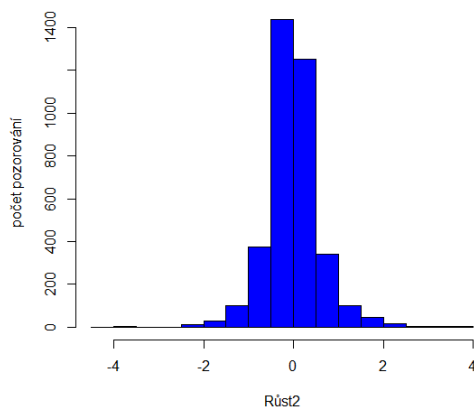
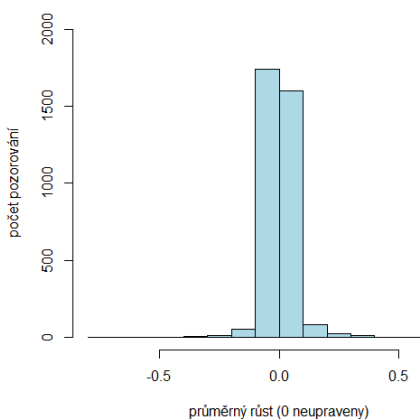
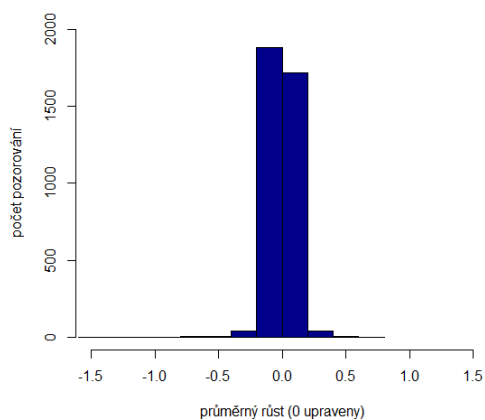
3.4 Ptáci (Aves)

Z této v databázi nejhojněji zastoupené třídy jsem analyzovala pouze terestrické zástupce. Z původních 4595 sérií mi po vyřazení těch s méně než čtyřmi hodnotami zbylo 3722, přičemž jsem následně ještě vyřadila dvě série z Antarktidy, jež nemělo smysl v tak nízkém počtu zahrnovat. Navíc jedna série byla klesající a druhá rostoucí, dohromady tedy vytvořily neutrální efekt. Konečný počet analyzovaných sérií tedy činil 3720. V rámci této rozsáhlé třídy jsem uplatnila i dělení na šest biogeografických oblastí.

Celkový *Růst*, *Růst2* i *Trend* vykazovaly převahu klesajících populací, jak lze vyčíst z grafů 19A, B a 18. Nulu na začátku nebo na konci série mělo 209 populací, které tedy způsobily rozdíl mezi *Růstem* a *Růstem2*. Stejný výsledek jsem získala i po zobrazení průměrných růstů, kdy opět mírně převládaly klesající populace. Zmíněné závěry vychází z grafů 19C a 19D.

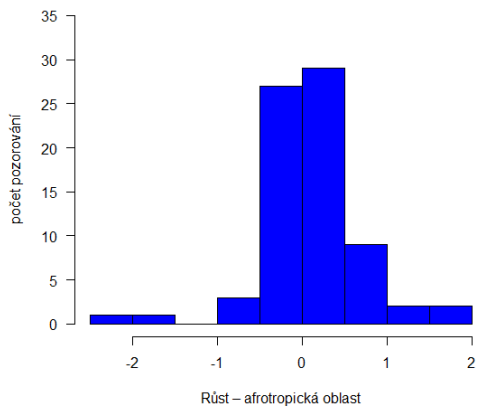
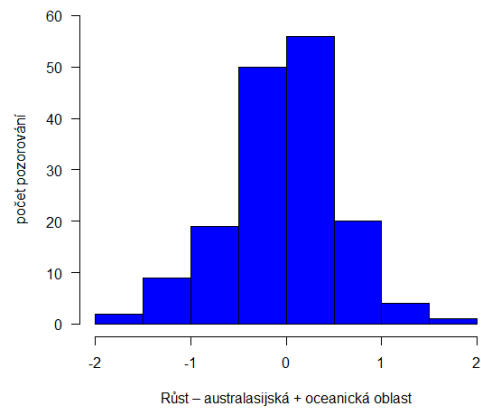
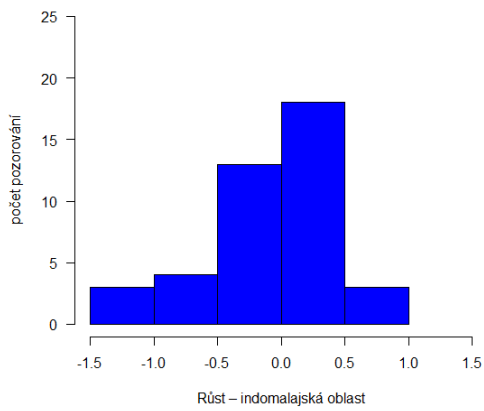
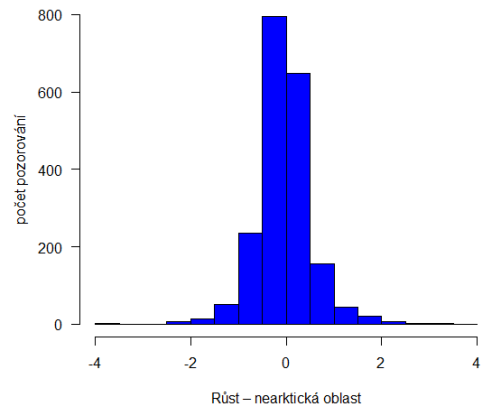
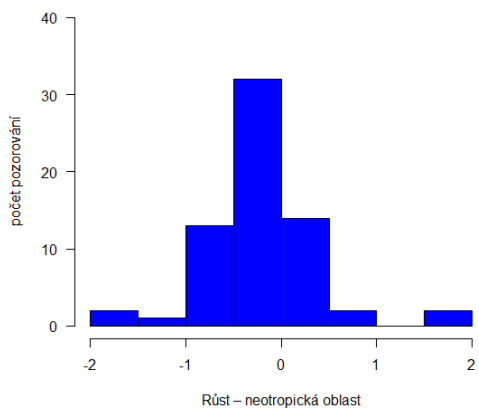
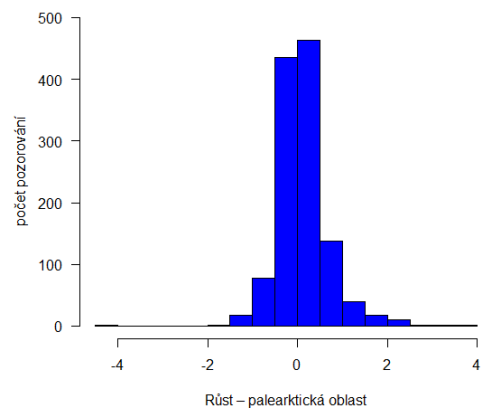


Obrázek 18 Frekvenční histogram pro Trend ptáků

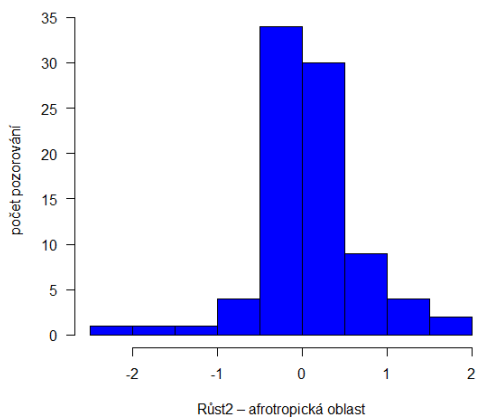
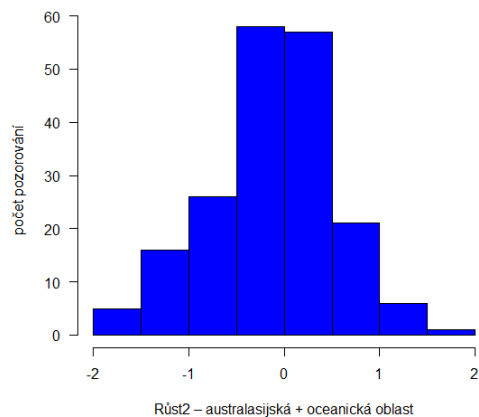
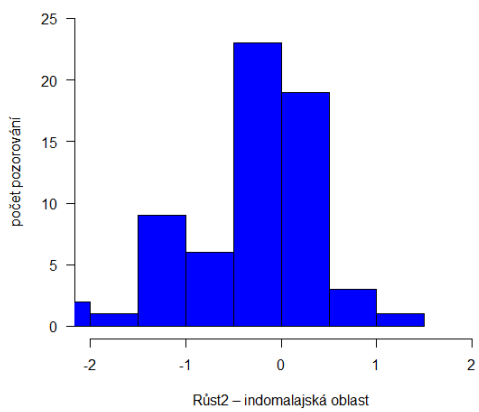
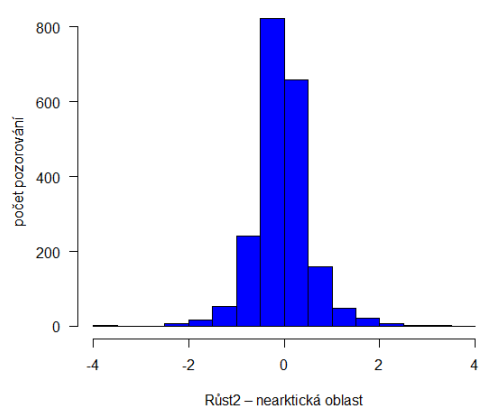
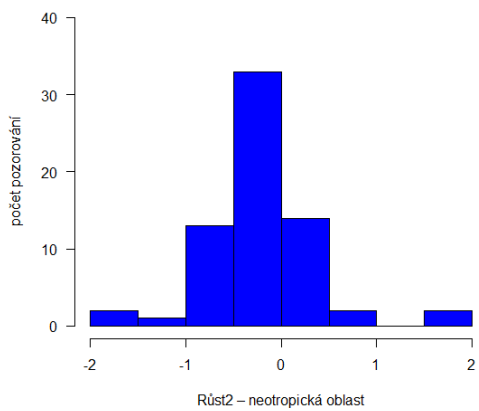
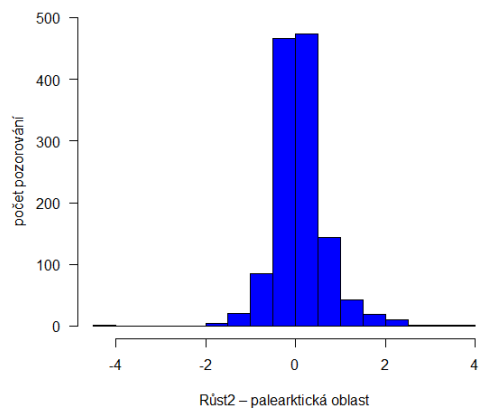
A**B****C****D**

Obrázek 19 Frekvenční histogram pro *Růst* (A), *Růst2* (B), *průměrný růst (0 neupraveny = s vynechanými nulovými sériemi)* (C) a *průměrný růst (0 upraveny = se škrtnutými nulami na začátku nebo konci sérií)* (D) populací ptáků

Porovnání jednotlivých biogeografických oblastí (viz Box 3) přineslo zajímavé poznatky. Zatímco v případě *Růstu* lehce převažovaly rostoucí populace (s výjimkou nearktické a neotropické oblasti), tak u *Růstu2* se naopak jevily jako převládající klesající populace (s výjimkou palearktické oblasti). Výsledky jsou nejprve zobrazeny jako histogramy pro každou oblast samostatně (obr. 20A–F a obr. 21A–F) a poté pomocí boxplotů (obr. 22A a 22B).

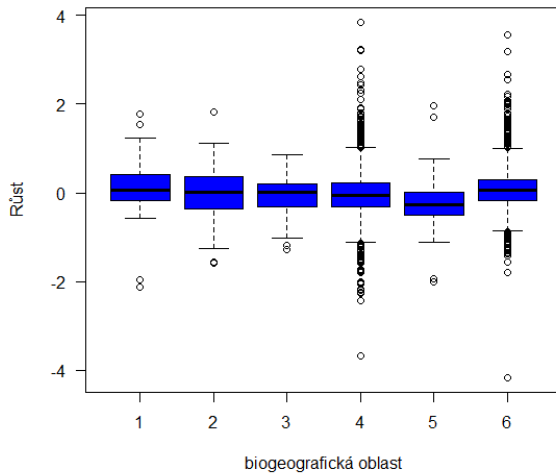
A**B****C****D****E****F**

Obrázek 20 Frekvenční histogramy Růstu populací ptáků podle biogeografických oblastí; legenda viz Box 3

A**B****C****D****E****F**

Obrázek 21 Frekvenční histogramy Růstu2 populací ptáků podle biogeografických oblastí; legenda viz Box 3

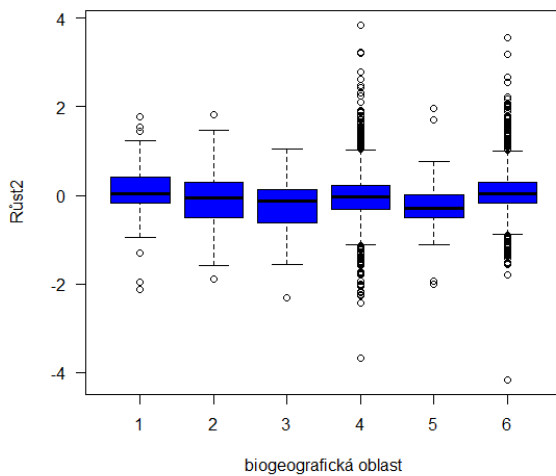
A



Box 3 Biogeografické oblasti a jejich písmenné označení na obrázcích (v závorce počet sérií s min. čtyřmi hodnotami, počet nul na začátku nebo konci sérií)

- 1) A afrotropická (86 sérií, 13)
- 2) B australasijská + oceánická (190 sérií, 31)
- 3) C indomalajská (64 sérií, 24)
- 4) D nearktická (2044 sérií, 68)
- 5) E neotropická (67 sérií, 2)
- 6) F palearktická (1269 sérií, 71)

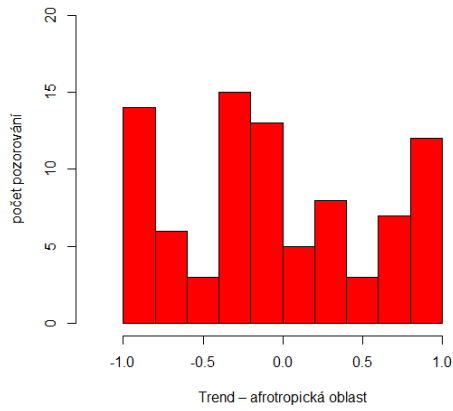
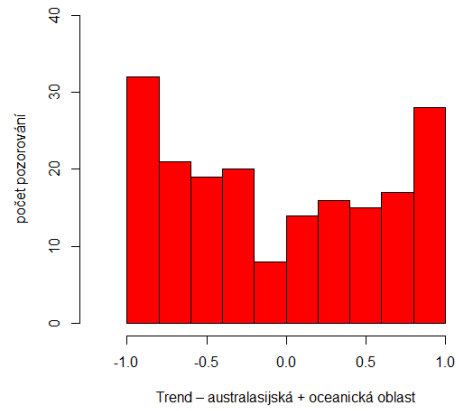
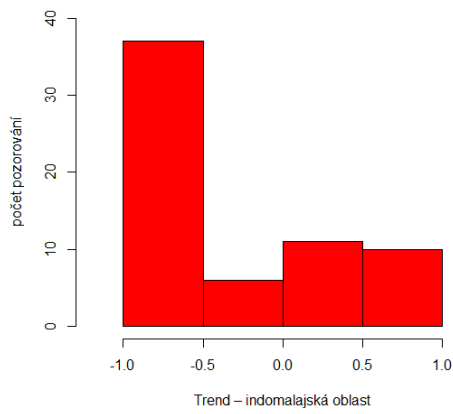
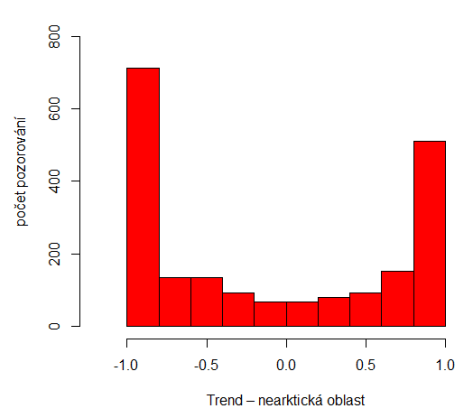
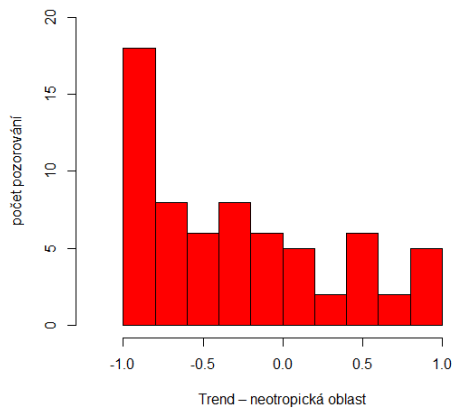
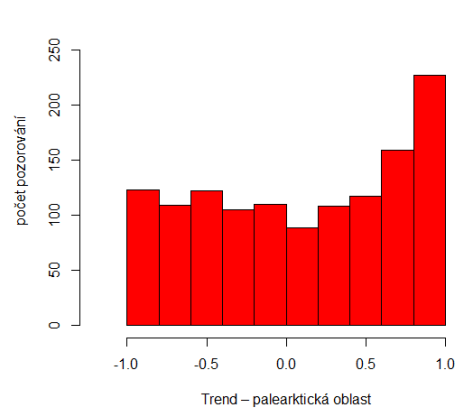
B



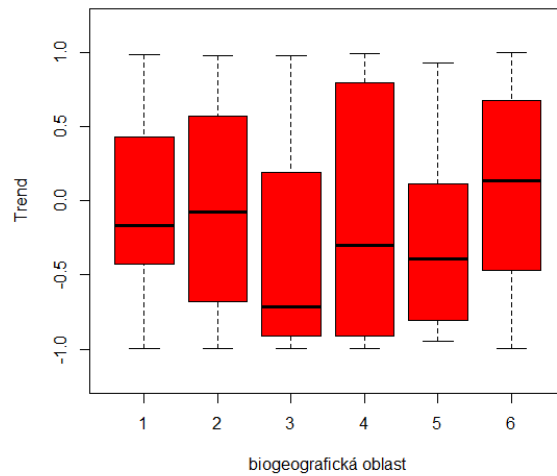
Obrázek 22 Porovnání jednotlivých biogeografických oblastí z hlediska Růstu (A) a Růst2 (B) populací ptáků; legenda k oblastem viz Box 3; boxploty zobrazují medián a mezikvartilové rozpětí (dolní 1. – horní 3. kvartil), úsečky minimální a maximální hodnotu

Co se *Trendu* týče, všechny oblasti kromě palearktické vykazovaly více zmenšujících se populací, jak lze vidět na grafech 23A–23F. Z uvedených trojic grafů pro *Růst*, *Růst2* a *Trend* vyplývá, že v palearktické oblasti vždy převažovaly rostoucí populace, zatímco v nearktické a neotropické měly převahu populace klesající. Zbývající tři oblasti (afrotropická, australasijská + oceánická a indomalajská) se vyznačovaly více ubývajícimi populacemi pro *Růst2* a *Trend*, ale v případě *Růstu* naopak mírně převládaly rostoucí populace. Důležité je však uvědomění, že některé oblasti

disponovaly pouze malým počtem sérií, např. indomalajská a neotropická, zatímco nearktická a palearktická oblast zahrnovaly poměrně velký soubor dat (viz Box 3). Všechny oblasti najednou jsou porovnány na obrázku 24.

A**B****C****D****E****F**

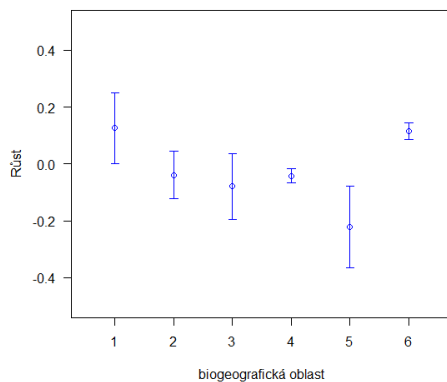
Obrázek 23 Frekvenční histogramy Trendu populací ptáků podle biogeografických oblastí; legenda viz Box 3



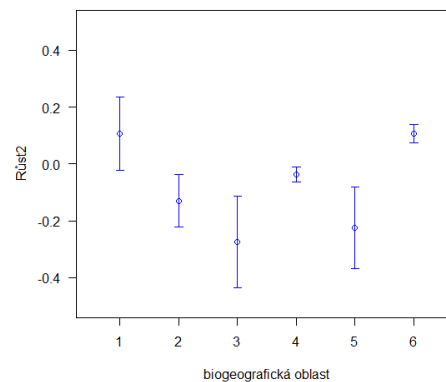
Obrázek 24 Porovnání jednotlivých biogeografických oblastí z hlediska Trendu populací ptáků; legenda k oblastem viz Box 3; boxploty zobrazují medián a mezikvartilové rozpětí (dolní 1. – horní 3. kvartil), úsečky minimální a maximální hodnotu

Z důvodu vyjádření míry nejistoty předešlých výsledků jsem si ještě vypočetla průměry s jejich středními chybami pro všechny oblasti a pro každý ze tří parametrů a zobrazila si je na grafech 25A, B a 26. Kromě afrotropické a palearktické oblasti vycházel vždy průměr pro *Růst*, *Růst2* i *Trend* záporný, hodnoty se však většinou pohybovaly pouze v desetínách/setinách jednotek. Palearkt měl jako jediný všechny tři průměry v kladných hodnotách. Oblasti s větším počtem sérií (nearktická a palearktická) vykazují mnohem menší rozptyl středních chyb odhadu průměrů.

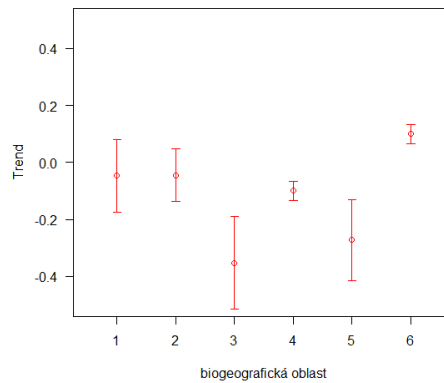
A



B

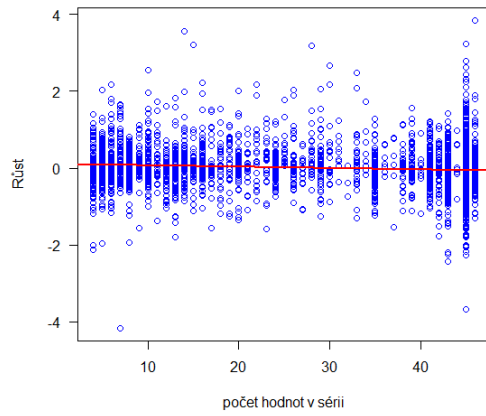
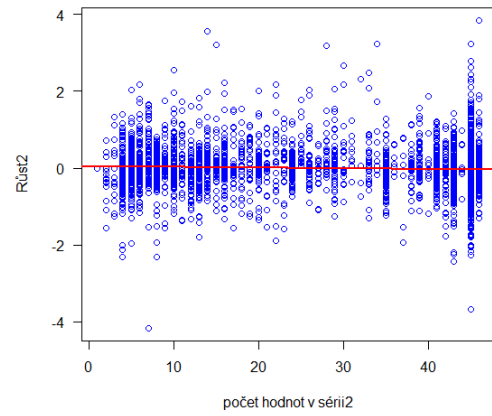
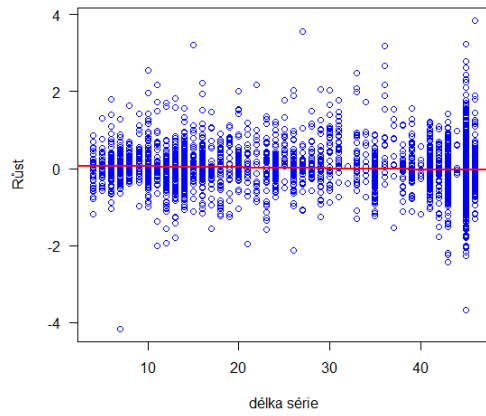
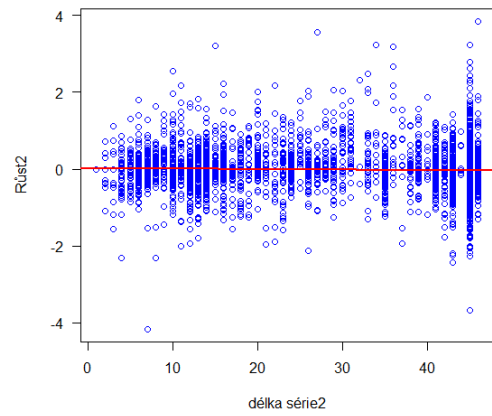
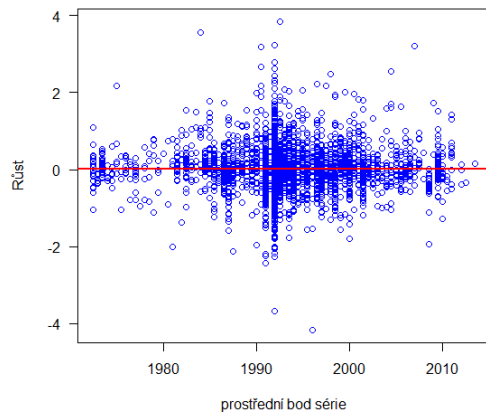
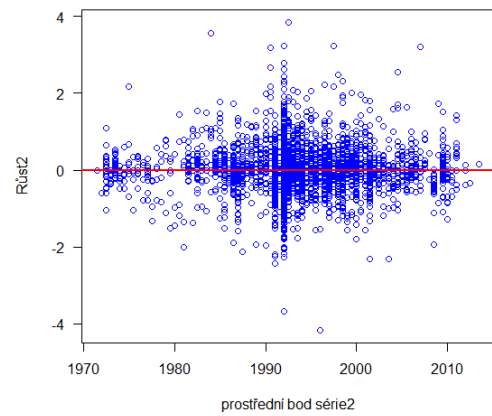


Obrázek 25 Průměry a střední chyby jejich odhadu pro *Růst* (A) a *Růst2* (B) ptáků v jednotlivých oblastech; legenda viz Box 3



Obrázek 26 Průměry a střední chyby jejich odhadu pro Trend ptáků v jednotlivých oblastech; legenda viz Box 3

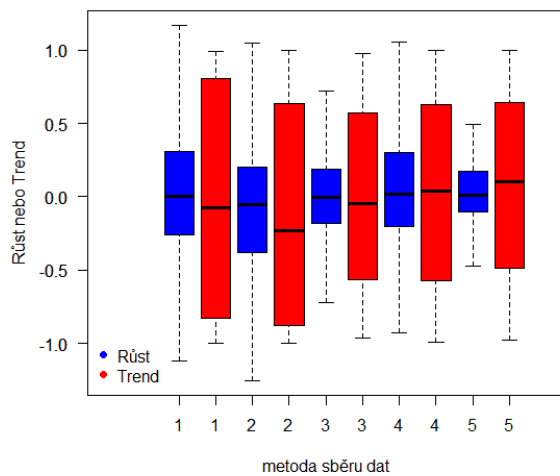
Při analýze vlivu počtů hodnot v sériích, délek sérií a prostředních bodů sérií na $R_{\text{úst}}/R_{\text{úst}2}$ jsem došla k těmto závěrům: počet hodnot v sérii a délka série měly na závisle proměnnou, tedy $R_{\text{úst}}$, signifikantní vliv. To samé lze říct o počtu hodnot v sérii2 a délce série2 ve vztahu k $R_{\text{úst}2}$. Množství variability závisle proměnné vysvětlené prediktory však dosahovalo velmi nízkých čísel (ve všech případech méně než 1 %). Na následujících grafech 27A–27D je možné vyzorovat, že se zvyšujícím se počtem hodnot v sériích i rostoucí délkou se $R_{\text{úst}}$ mírně snižuje, což potvrdila záporná hodnota směrnice těchto modelů lineární regrese. Prediktor prostřední bod série se pro $R_{\text{úst}}$ ukázal jako nesignifikantní, stejně jako prostřední bod série2 pro $R_{\text{úst}2}$. Grafy zobrazující vztah zmíněných proměnných jsou označeny E a F. Příslušné diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese lze nalézt v příloze 3a.

A**B****C****D****E****F**

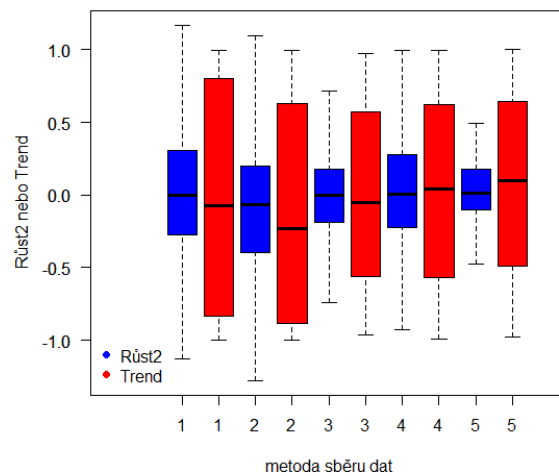
Obrázek 27 Závislost Růstu na počtu hodnot v sérii (A), délce série (C), průměrným bodu série (E) a závislost Růstu2 na počtu hodnot v sérii2 (B), délce série2 (D) a průměrným bodu série2 (F) u populací ptáků

Vliv různých metod sběru dat se stejně jako u plazů ukázal u *Růstu*, *Růstu2* i *Trendu* jako signifikantní ($p < 0,05$). Množství variability závislých proměnných vysvětlené tímto faktorem, tedy metodou sběru dat, ale dosahovalo velice nízkých hodnot (*Růst* – 1,09 %, *Růst2* – 0,98 %, *Trend* – 0,49 %). Při konkrétním srovnávání jednotlivých dvojic metod mi rozdíly některých párů vyšly statisticky průkazné. Až na dvě výjimky se u všech tří parametrů od všech ostatních metod významně odlišovala metoda biasovaných vzorků (2). Popisy metod jsou pod obrázky 28A a B.

A

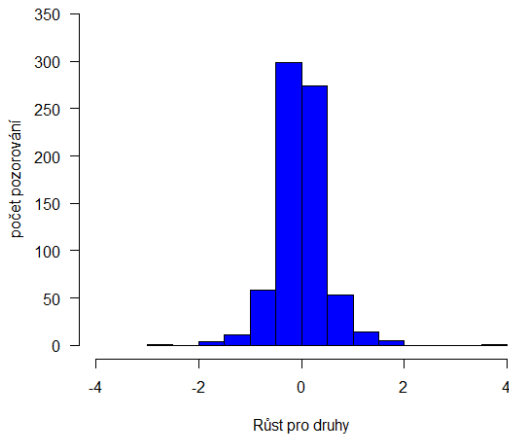
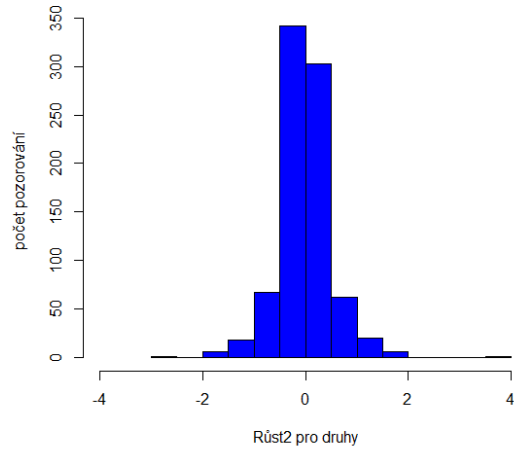


B

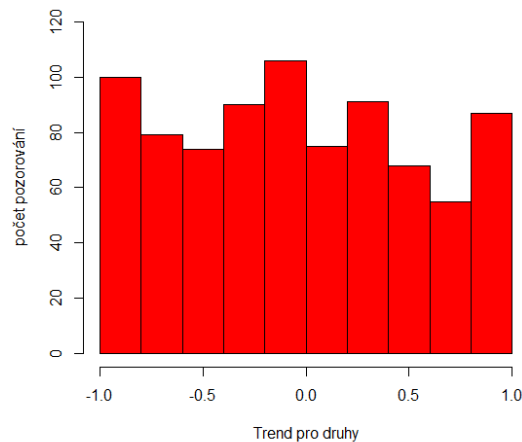


Obrázek 28 Porovnání pěti metod sběru dat pro *Růst* (A)/*Růst2* (B) i *Trend* (A i B) u populací ptáků – 1 = pozorování, 2 = biasované vzorky, 3 = modely, 4 = nespecifikováno, 5 = projevy chování a výskytu živočichů; boxploty zobrazují medián a mezikvartilové rozpětí (dolní 1. – horní 3. kvartil), úsečky minimální a maximální hodnotu

Průměrný *Růst*, *Růst2* i *Trend* po sloučení sérií do druhů vykázaly převahu klesajících populací, což lze vyčíst z grafů 29A, B a 30. Po sloučení shodných populací do druhů v rámci biogeografických oblastí jsem dospěla k závěru, že zmíněná klesající tendence je tažena především nearktickou a neotropickou oblastí, a pravděpodobně i australasijskou + oceánickou, kde zmenšující se populace jasně převažují. Situace *Trendu* druhů v šesti oblastech samostatně se jevila jako poměrně nejednoznačná, přesto lze ale říct, že spíše převažovaly zmenšující se populace.

A**B**

Obrázek 29 Frekvenční histogramy pro Růst (A) a Růst2 (B) po sloučení populací ptáků do druhů



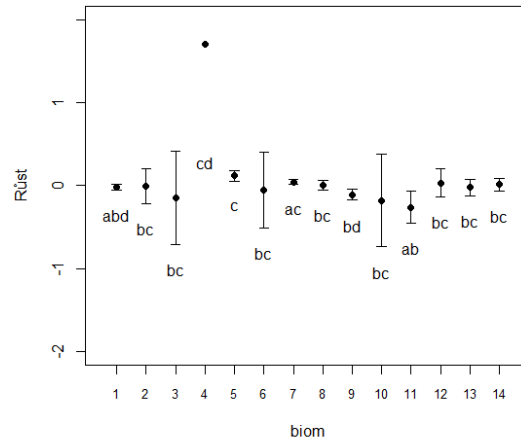
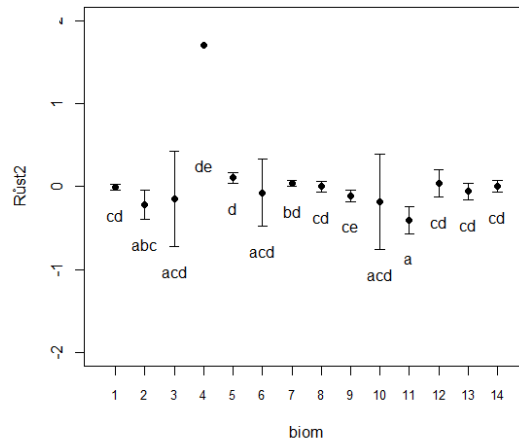
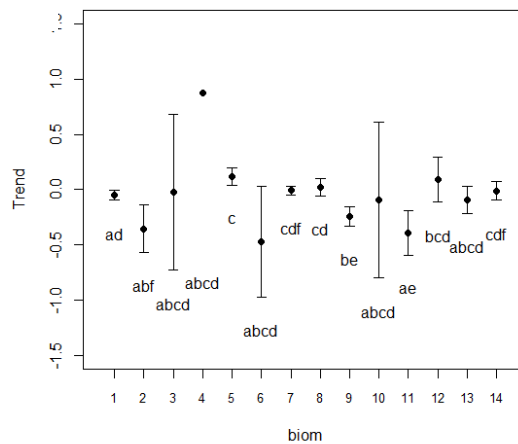
Obrázek 30 Frekvenční histogram pro Trend po sloučení populací ptáků do druhů

Během porovnávání 14 „biomů“ (Box 4) se jako převažující zdály mírně klesající nebo stabilní (kolísající kolem nuly) populace, a to pro *Růst*, *Růst2* i *Trend*. Čtyři typy prostředí se vyznačovaly velmi nízkým počtem sérií: zaplavené louky, pastviny a savany („biom“ 3), horské louky, pastviny a křoviny („biom“ 6) a trop. a subtrop. jehličnaté lesy („biom“ 10). Naopak nejvyšší zastoupení měly listnaté a smíšené lesy mírného pásu („biom“ 7) a boreální lesy/tajgy („biom“ 1), kdy každý zahrnoval kolem 1000 sérií. Výsledky pro průměry a odhady jejich

středních chyb podle očekávání potvrdily, že „biomy“ s nízkým počtem sérií se projevily mnohem delšími chybovými úsečkami znázorňujícími rozptyl. Vzhledem k jediné sérii náležející „biomu“ 4 jsem považovala v daném případě za zbytečné zobrazit ohromný rozptyl, kterým by byla narušena srozumitelnost grafů. ANOVA a Tukeyův test odhalily signifikantní vliv typu „biomu“ na závisle proměnnou ve všech třech případech, tedy pro *Růst*, *Růst2* i *Trend* ($p < 0,05$). Množství vysvětlené variability se však pohybovalo ještě níže než u předchozích tříd, jen kolem 1,5 %. Průkazných rozdílů mezi konkrétními dvojicemi prostředí vyšlo poměrně hodně a některé platily u všech tří parametrů, za nejzásadnější lze považovat mediteránní lesy, lesnaté oblasti a křoviny („biom“ 5), které významněji vyčnívaly do kladných hodnot. V rámci *Růst2* se pak ještě od několika „biomů“ signifikantně odlišovaly tropické a subtropické suché listnaté lesy („biom“ 11), stále však nabývaly kladných hodnot. Signifikance rozdílů je vyjádřena zcela odlišnými písmeny/písmenem pod úsečkami na obrázcích 31A, B, C. Diagnostické grafy lze nalézt v příloze 3b.

Box 4 „Biomy“ ptáků a savců

- 1) boreální lesy/tajga
- 2) pouště a suché křoviny
- 3) zaplavené louky, pastviny a savany
- 4) mangrovy
- 5) mediteránní lesy, lesnaté oblasti a křoviny
- 6) horské louky, pastviny a křoviny
- 7) listnaté a smíšené lesy mírného pásu
- 8) jehličnaté lesy mírného pásu
- 9) louky, pastviny, savany a křoviny mírného pásu
- 10) trop. a subtrop. jehličnaté lesy
- 11) trop. a subtrop. suché listnaté lesy
- 12) trop. a subtrop. louky, pastviny, savany a křoviny
- 13) trop. a subtrop. deštné lesy
- 14) tundry

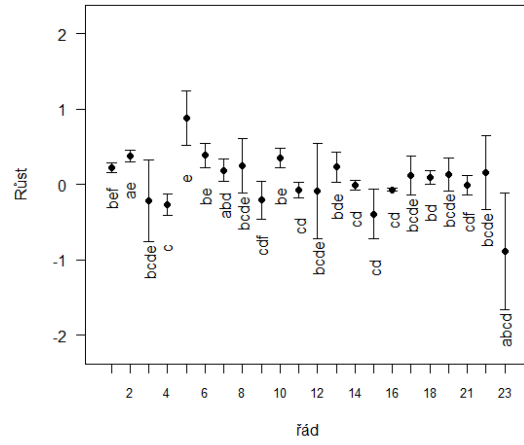
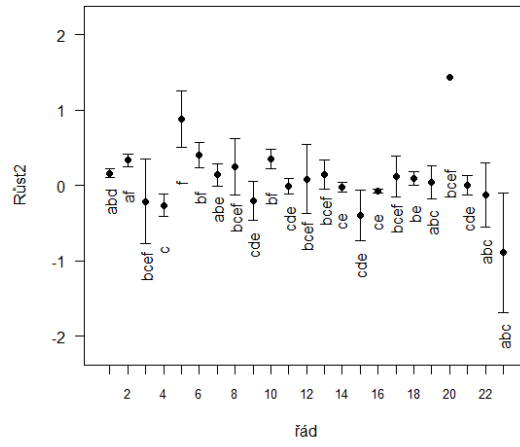
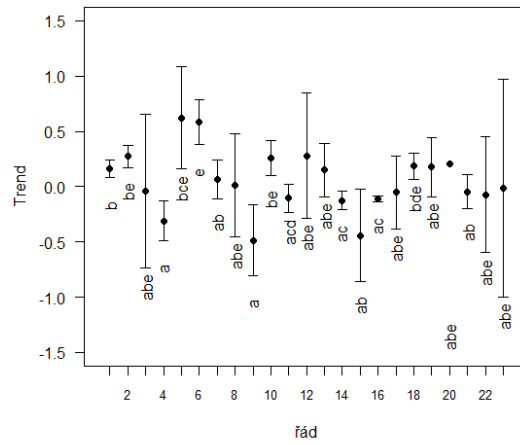
A**B****C**

Obrázek 31 Analýza variance a post-hoc Tukeyův test mnohonásobného porovnání – rozdíly v Růstu (A)/Růstu2 (B) a Trendu (C) mezi populacemi ptáků žijícími v různých „biomech“; „biom“ 4 zastoupen pouze jednou sérií; body odpovídají fitovaným hodnotám průměrů a úsečka znázorňuje konfidenční interval

Během další analýzy jsem se zaměřila na vliv řádů na *Růst*, *Růst²* i *Trend*. Porovnávala jsem 23 řádů (viz Box 5), s výjimkou proměnné *Růstu*, kde bylo pro neplatný výsledek potřeba jedinou sérii řádu 20 vyřadit a pracovat pouze s ostatními 22 řády. Mediány i průměry řádů ve většině případů kolísaly kolem nuly, s jedinou výjimkou se všechny vyskytovaly v rozmezí od -1 do 1. Zmíněnou výjimku představoval řád Suliformes, který čítal pouze dvě série. Stejně jako u „biomů“ i tentokrát vyšel signifikantní vliv ptačího řádu u všech tří parametrů. V případě *Růstu* vysvětlovaly řády přibližně 7,5 % variability, pro *Růst²* zhruba 6,4 % a z hlediska *Trendu* asi 4,9 %. Prokázaly se rozdíly mezi několika dvojicemi řádů. Obecně nejvýrazněji vyčnívaly nad průměr řády Cathartiformes (5), Ciconiiformes (6) a Falconiformes (10) – viz obrázky 32A, B a C. Diagnostické grafy jsou uvedeny v příloze 3c.

Box 5 Ptačí řády

- 1) Accipitriformes (dravci)
- 2) Anseriformes (vrubozobí)
- 3) Bucerotiformes (zoborožci)
- 4) Caprimulgiformes (lelkové)
- 5) Cathartiformes (kondoři)
- 6) Ciconiiformes (brodiví)
- 7) Columbiformes (měkkozobí)
- 8) Coraciiformes (srostloprstí)
- 9) Cuculiformes (kukačky)
- 10) Falconiformes (sokoli)
- 11) Galliformes (hrabaví)
- 12) Gaviiformes (potáplice)
- 13) Gruiformes (krátkokřídlí)
- 14) Charadriiformes (dlouhokřídlí)
- 15) Otidiformes (dropi)
- 16) Passeriformes (pěvci)
- 17) Pelecaniformes (veslonozí)
- 18) Piciformes (šplhavci)
- 19) Psittaciformes (papoušci)
- 20) Pterocliiformes (stepokurové)
- 21) Strigiformes (sovy)
- 22) Struthioniformes (pštrosi)
- 23) Suliformes (např. terejovití)

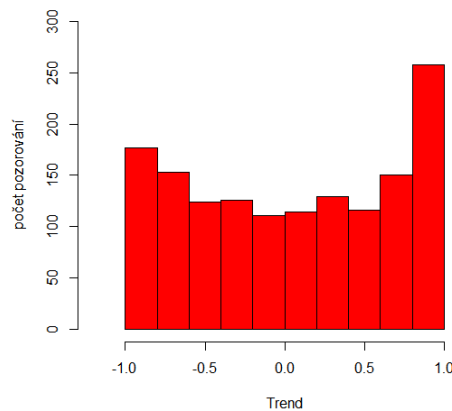
A**B****C**

Obrázek 32 Analýza variance a post-hoc Tukeyův test mnohonásobného porovnání – rozdíly v Růstu (A)/Růstu2 (B) a Trendu (C) mezi různými ptačími řády; řád 20 zastoupen pouze jednou sérií; body odpovídají fitovaným hodnotám průměrů a úsečka znázorňuje konfidenční interval

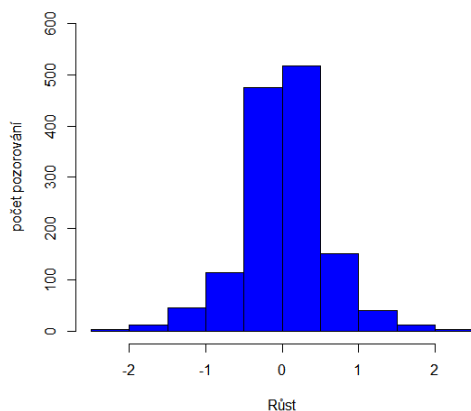
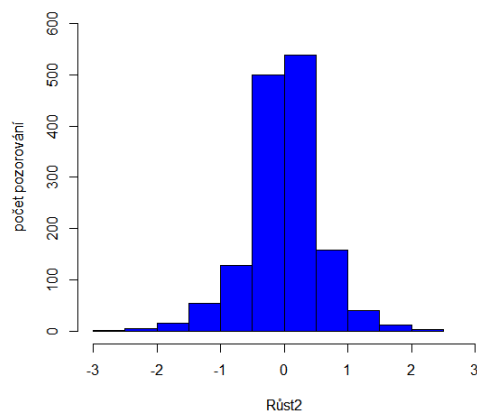
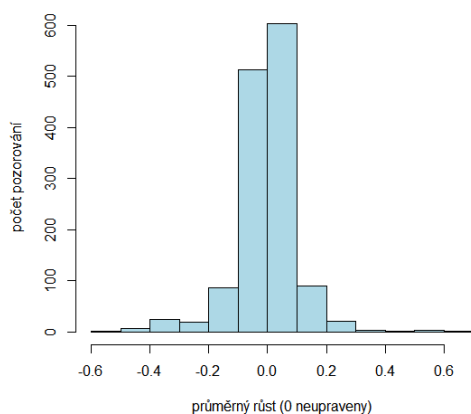
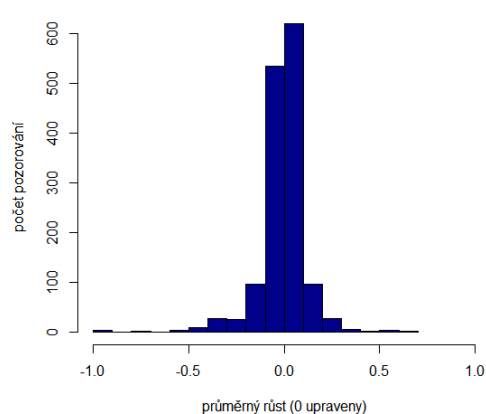
3.5 Savci (Mammalia)

V rámci této práce představovala druhou nejpočetnější skupinu třída savců (Mammalia), v mém případě zahrnující pouze terestrické zástupce. Z původních 2476 zbylo 1457 sérií, které splňovaly podmínku alespoň čtyř měření velikosti dané populace. Mezi tyto vyhovující série jsem však opět, podobně jako u ptáků, nezahrnula jedinou sérii z Antarktidy. Jednalo se o populaci ovce domácí (*Ovis aries*), jejíž $R_{\text{úst}}$ se pohyboval kolem nuly (0,0014) a Pearsonův korelační koeficient ($Trend$) nabýval kladné hodnoty 0,22. Celkově se na prvním nebo posledním místě série objevila hodnota nula v 84 případech, kvůli nimž se tudíž lišily výsledky pro $R_{\text{úst}}$ a $R_{\text{úst}2}$. Stejně jako u ptáků (*Aves*) jsem i zde uplatnila dělení na šest biogeografických oblastí.

Všechny tři hlavní parametry, tedy $R_{\text{úst}}$, $R_{\text{úst}2}$ a $Trend$, vykazovaly mírnou převahu rostoucích populací (obr. 34A, B a 33). K podobným závěrům jsem došla i u průměrných růstů, kde zvětšující se populace převyšovaly ty zmenšující se, a to jak v případě vynechaných sérií s počátečními nebo koncovými nulami, tak i po škrtnutí těchto nul a započítání daných sérií. Výsledky zobrazují grafy 34C a D.

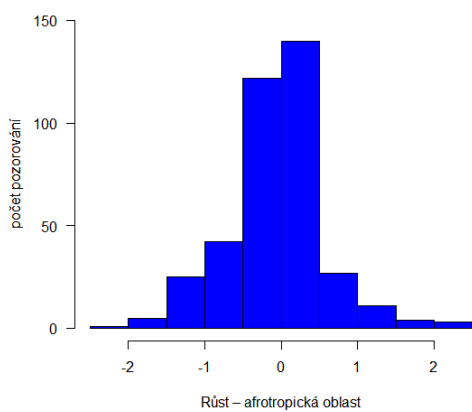
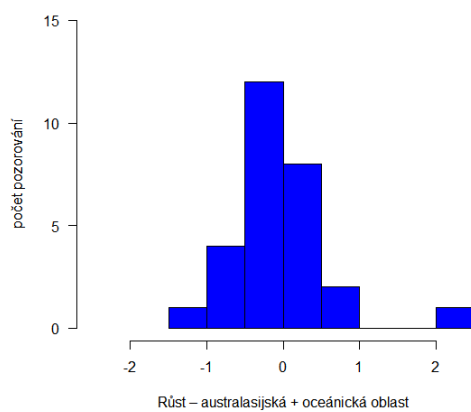
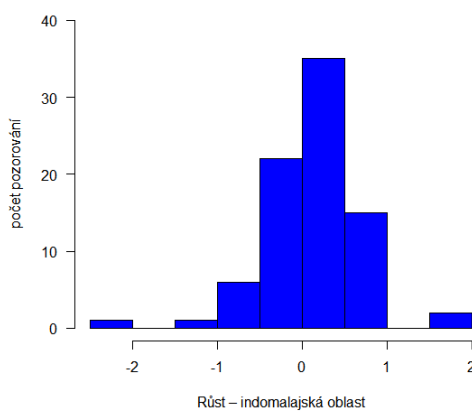
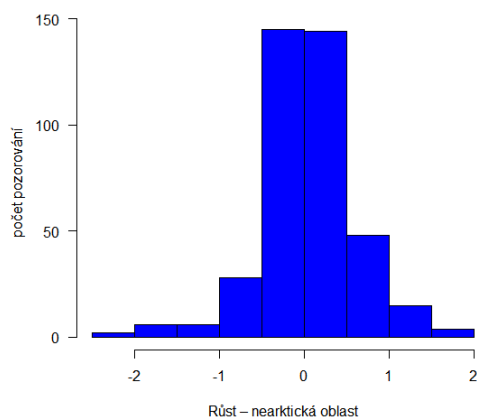
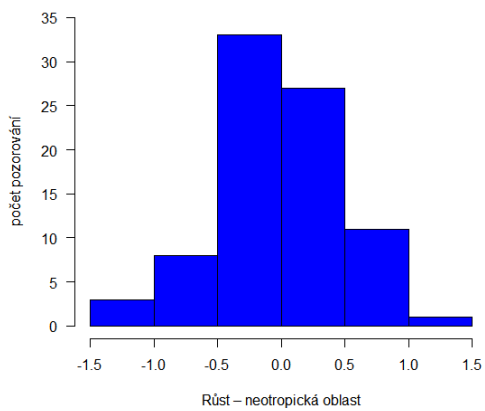
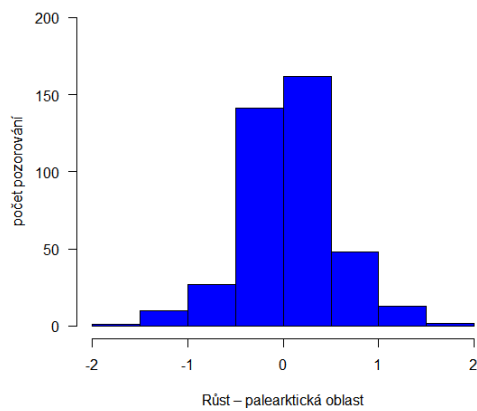


Obrázek 33 Frekvenční histogram pro Trend savců

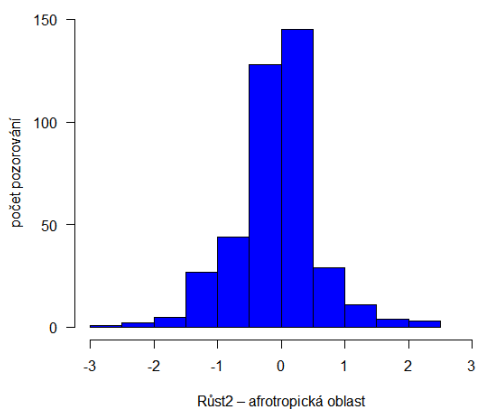
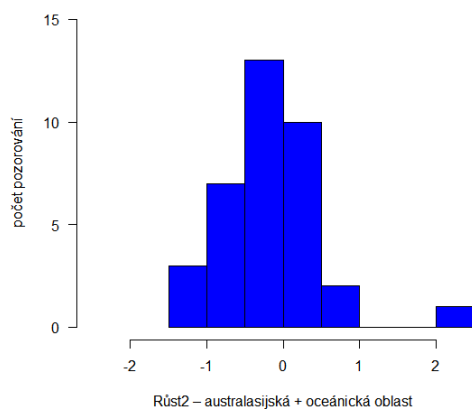
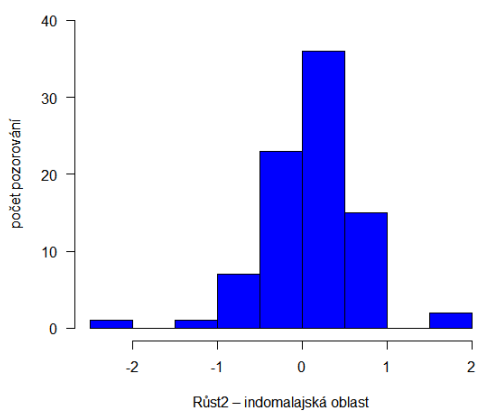
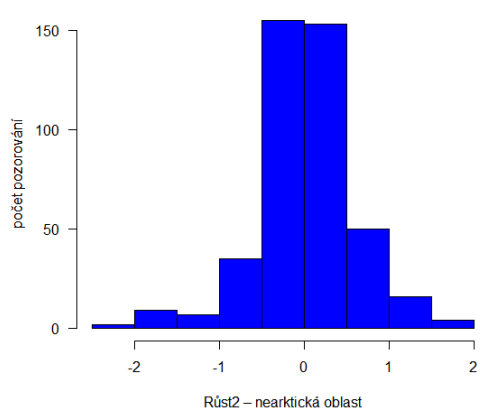
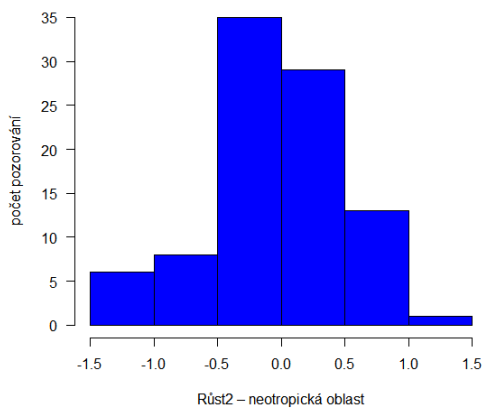
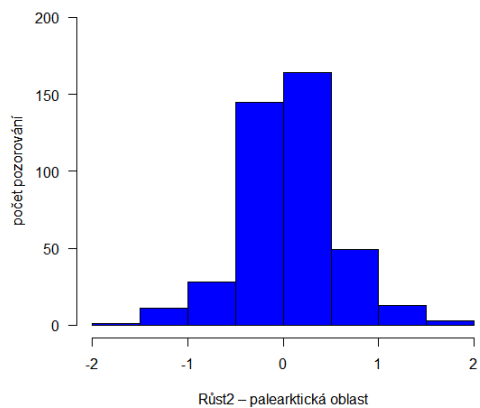
A**B****C****D**

Obrázek 34 Frekvenční histogram pro *Růst* (A), *Růst2* (B), *průměrný růst (0 neupraveny = s vynechanými nulovými sériemi)* (C) a *průměrný růst (0 upraveny = se škrtnutými nulami na začátku nebo konci sérií)* (D) populací savců

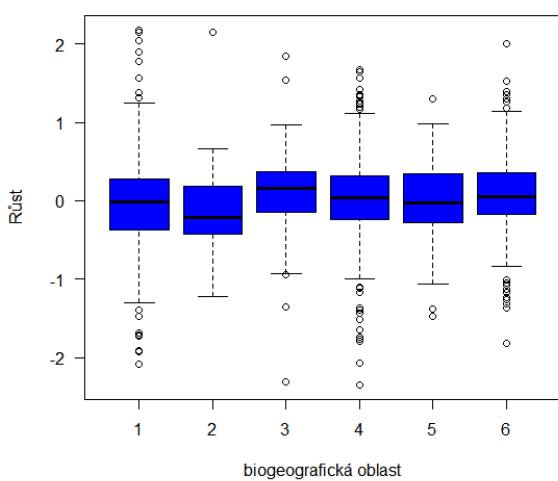
Po rozdělení na jednotlivé biogeografické oblasti (Box 6) jsem zjistila, že afrotropická a nearktická oblast se vyznačovaly poměrně stabilním *Růstem* i *Růstem2*, jejich mediány se pohybovaly kolem nuly – počty klesajících a rostoucích populací se vyrovnávaly. V australsijské + oceánické a neotropické oblasti převažovaly klesající populace. Naopak v palearktické a indomalajské oblasti měly větší podíl populace rostoucí. Grafy 35A–F a 36A–F zobrazují každou oblast samostatně formou histogramu a poté je všech šest oblastí porovnáno najednou na grafech 37A a B.

A**B****C****D****E****F**

Obrázek 35 Frekvenční histogramy Růstu populací savců podle biogeografických oblastí; legenda viz Box 6

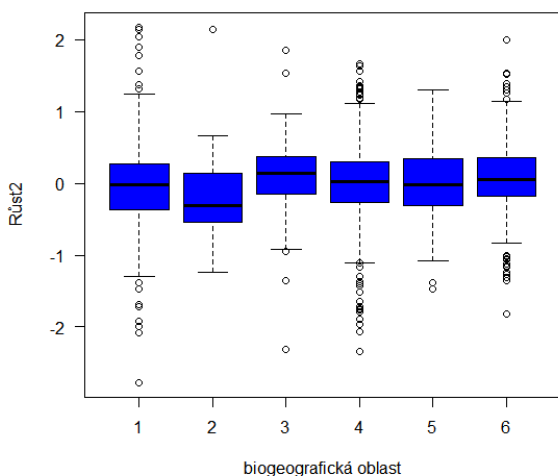
A**B****C****D****E****F**

Obrázek 36 Frekvenční histogramy Růst2 populací savců podle biogeografických oblastí; legenda viz Box 6

A

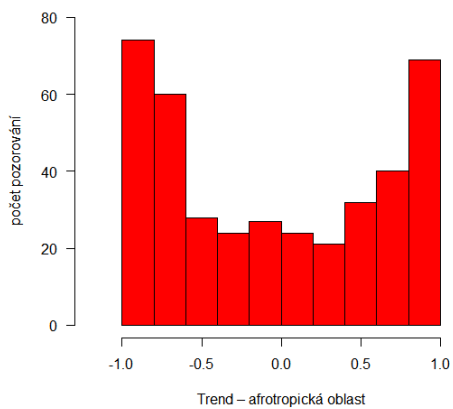
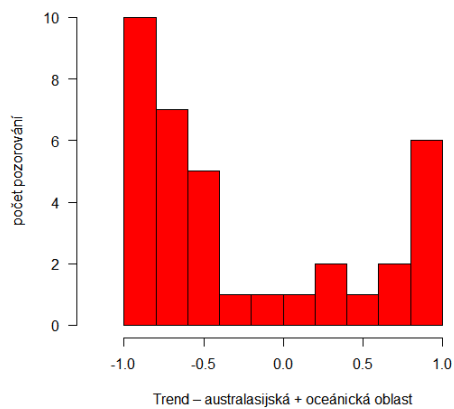
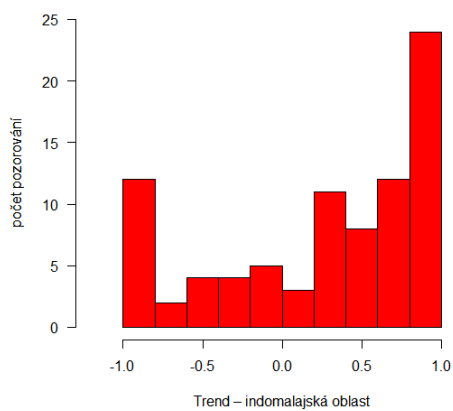
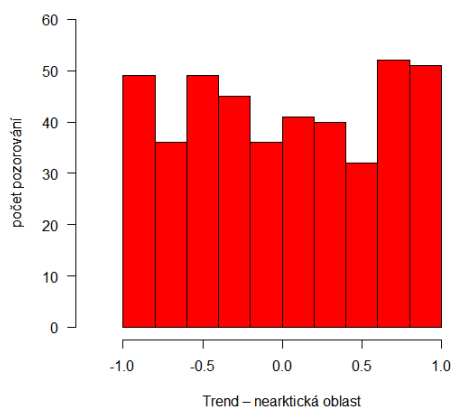
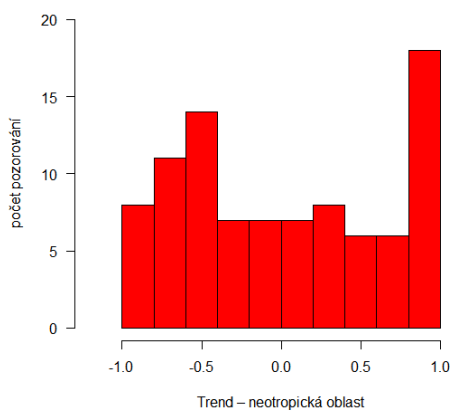
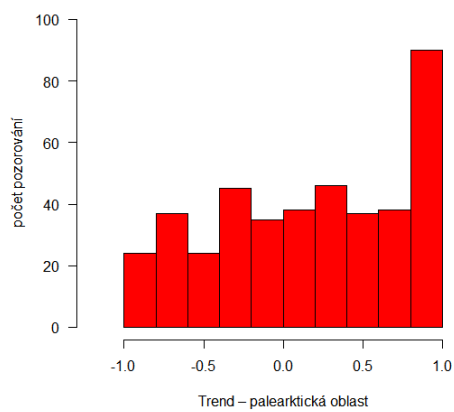
Box 6 Biogeografické oblasti (počet sérií s min. čtyřmi hodnotami, počet nul na začátku nebo konci sérií)

- 1) afrotropická (399 sérií, 19)
- 2) australasijská + oceánická (36 sérií, 8)
- 3) indomalajská (85 sérií, 3)
- 4) nearktická (431 sérií, 35)
- 5) neotropická (92 sérií, 9)
- 6) palearktická (414 sérií, 10)

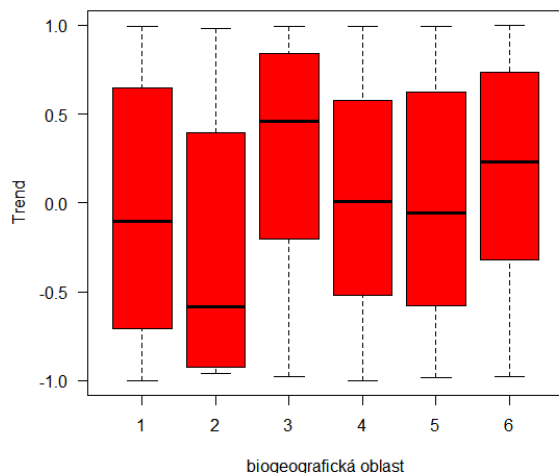
B

Trendy v jednotlivých oblastech se nejevily tak jasné jako v případě *Růstů*. Přesto bylo možné vyzorovat převahu zmenšujících se populací pro australasijskou + oceánickou oblast (38B), poklesy pak mírně převažovaly i v afrotropické (38A) a neotropické (38E) oblasti. Většinově pozitivního *Trendu* dosáhla opět indomalajská (38C) a palearktická (38F) oblast. Nearktická (38D) zůstala s vyrovnaným poměrem rostoucích a klesajících populací. Všechny oblasti jsou dohromady znázorněny formou boxplotů na obr. 39.

Obrázek 37 Porovnání jednotlivých biogeografických oblastí z hlediska *Růstů* (A) a *Růstů*2 (B) populací savců; legenda k oblastem viz Box 6; boxploty zobrazují medián a mezikvartilové rozpětí (dolní 1. – horní 3. kvartil), úsečky minimální a maximální hodnotu

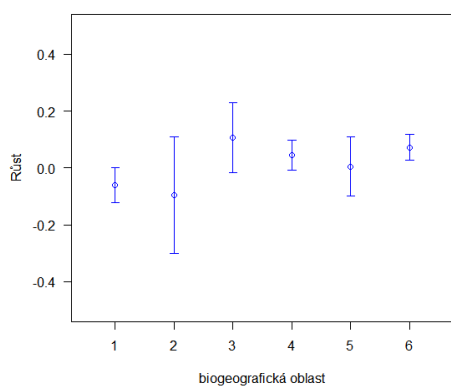
A**B****C****D****E****F**

Obrázek 38 Frekvenční histogramy Trendu populací savců podle biogeografických oblastí; legenda viz Box 6

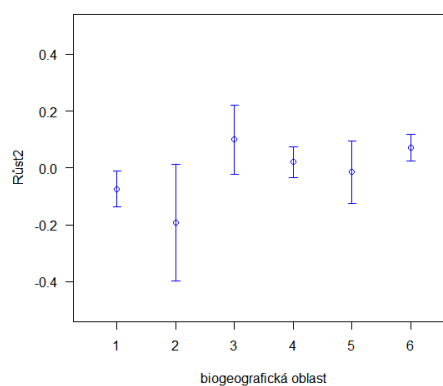


Obrázek 39 Porovnání jednotlivých biogeografických oblastí z hlediska Trendu populací savců; legenda k oblastem viz Box 6; boxploty zobrazují medián a mezikvartilové rozpětí (dolní 1. – horní 3. kvartil), úsečky minimální a maximální hodnotu

A

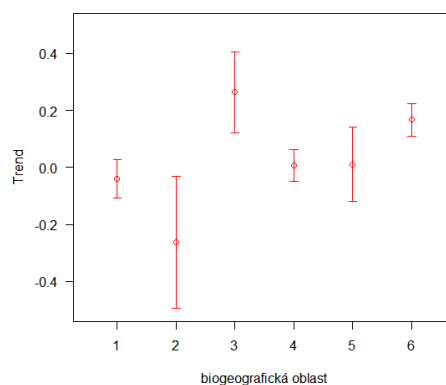


B



Obrázek 40 Průměry a střední chyby jejich odhadu (chybové úsečky) pro Růst (A) a Růst2 (B) savců v jednotlivých oblastech; legenda viz Box 6

Průměry oblastí vycházely v několika případech odlišně od mediánů z předešlé analýzy. Záporný průměr pro *Růst* měly pouze australasijská + oceánická oblast a afrotropická, i když její pokles nebyl příliš velký. Nejvyšší průměr patřil indomalajské oblasti a zbývající tři se také pohybovaly v kladných hodnotách, ale velmi blízkých nule. Podobné výsledky platily pro *Růst2*. Z hlediska *Trendu* se pak víceméně potvrdily výsledky vyplývající ze zobrazení mediánů a kvantilů. Průměry spolu se středními chybami zobrazují grafy 40A a B a 41. Jak lze vidět, australasijská + oceánická oblast se vlivem nejnižšího počtu serií (pouze 36) vyznačuje poměrně velkým rozptylem středních chyb odhadu průměru, tudíž výsledek není tak robustní.

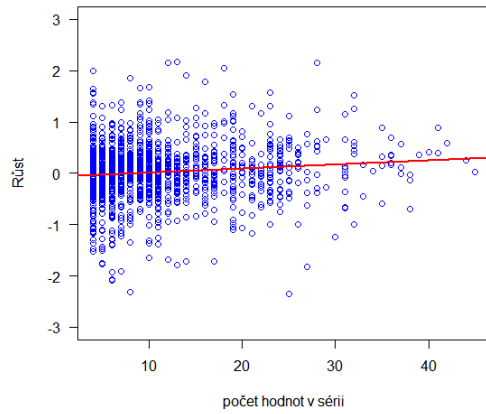
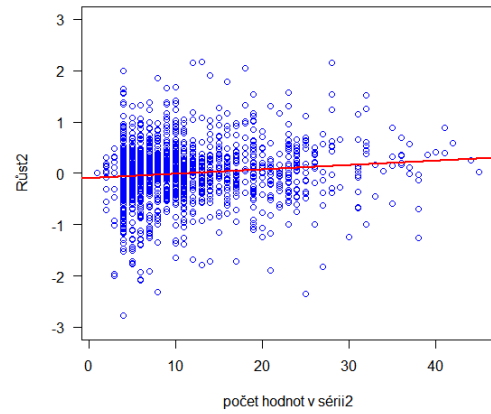
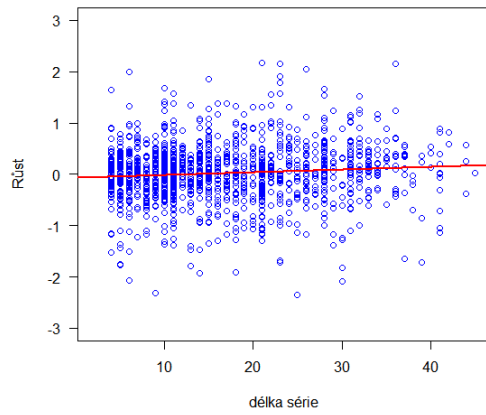
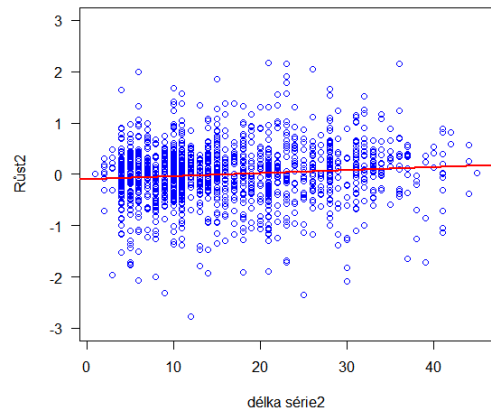
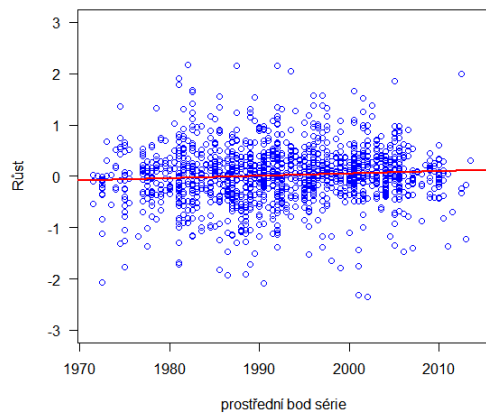
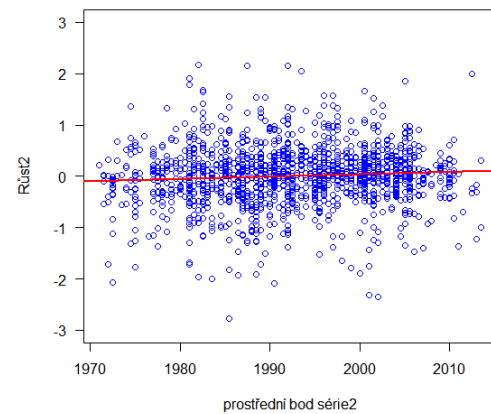


Obrázek 41 Průměry a střední chyby jejich odhadu (chybové úsečky) pro Trend savců v jednotlivých oblastech; legenda viz Box 6

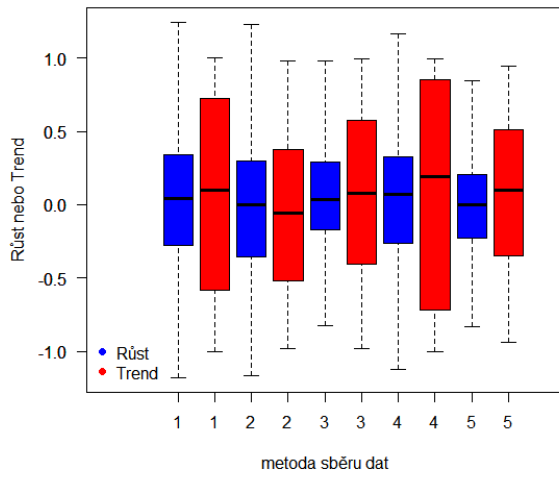
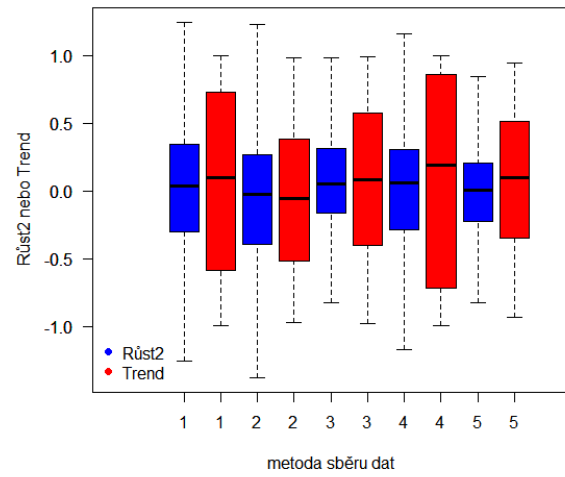
Analýzou vztahů mezi *Růstem* (*Růstem2*) a třemi (šesti) doplňkovými proměnnými, mezi něž patřily počet hodnot v sérii (počet hodnot v sérii2), délka série (délka série2) a prostřední bod série (prostřední bod série2), jsem dospěla ke zjištění, že všechny závislosti lze díky $p < 0,05$ prohlásit za signifikantní. Množství variability závisle proměnné vysvětlené prediktory však dosahovalo pouze přibližně 1 %, v případě prostředních bodů dokonce 0,5 %. Příslušné grafy jsou na obrázcích 42A–F, diagnostické grafy pak v příloze 4a.

Na rozdíl od plazů a ptáků se vztahy mezi kterýmkoliv ze tří parametrů (*Růst*, *Růst2* nebo *Trend*) a typem metody sběru dat (obr. 43A a B) ukázaly pokaždé jako nesignifikantní. Volba metody vzorkování tedy nijak systematicky neovlivňovala hodnoty *Růstu*, *Růstu2* ani *Trendu*.

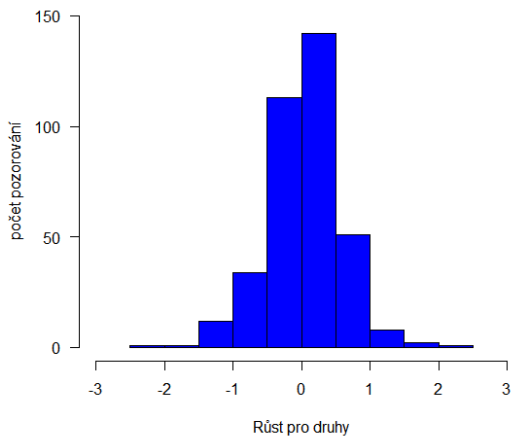
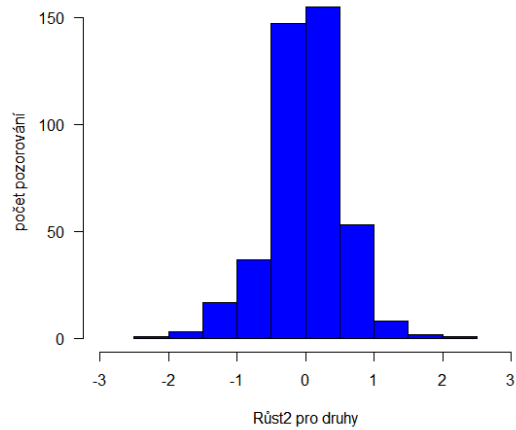
Po sloučení populačních sérií stejných druhů a jejich zprůměrování jsem došla k závěrům shodným s celkovými *Růsty* a *Trendy* (obr. 33 a 34A, B) – opět ve všech třech případech lehce převažovaly rostoucí populace (obr. 44A, B a 45). Po rozdělení celkových *Růstů* na jednotlivé biogeografické oblasti se ale projevila negativní tendence v australsijské + oceánické oblasti. Pozitivní či neutrální tendence v ostatních oblastech však převážily, čímž ovlivnily celkový *Růst* (*Růst2*) pro druhy v kladném směru. V případě *Trendů* pro druhy v biogeografických oblastech jednotlivě stojí za zmínku opět jen australsijská + oceánická oblast s většinou klesajícím *Trendem*, a naopak výraznější pozitivní *Trend* v indomalajské nebo palearktické oblasti.

A**B****C****D****E****F**

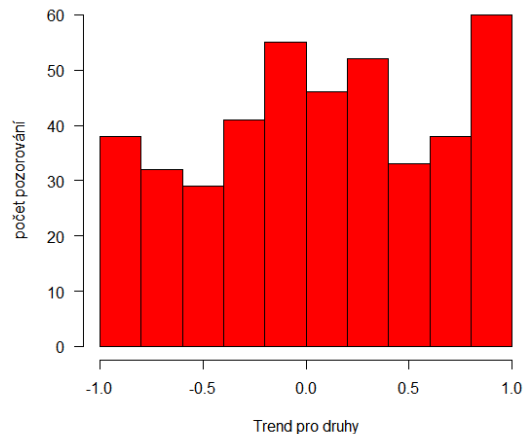
Obrázek 42 Závislost Růstu na počtu hodnot v sérii (A), délce série (C), průměrným bodu série (E) a závislost Růstu² na počtu hodnot v sérii² (B), délce série² (D) a průměrným bodu série² (F) u populací savců

A**B**

Obrázek 43 Porovnání pěti metod sběru dat pro Růst (A)/Růst2 (B) i Trend (A i B) u populací savců – 1 = pozorování, 2 = biasované vzorky, 3 = modely, 4 = nespecifikováno, 5 = projevy chování a výskytu živočichů; boxploty zobrazují medián a mezikvartilové rozpětí (dolní 1. – horní 3. kvartil), úsečky minimální a maximální hodnotu

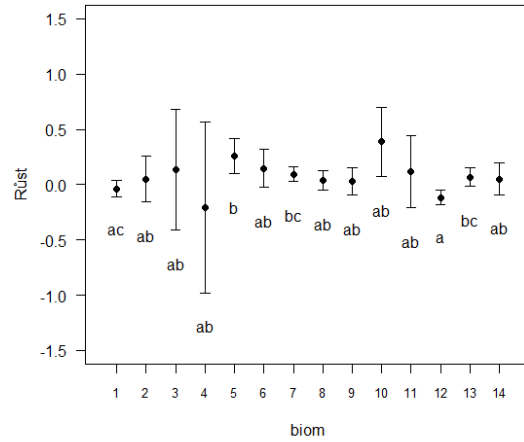
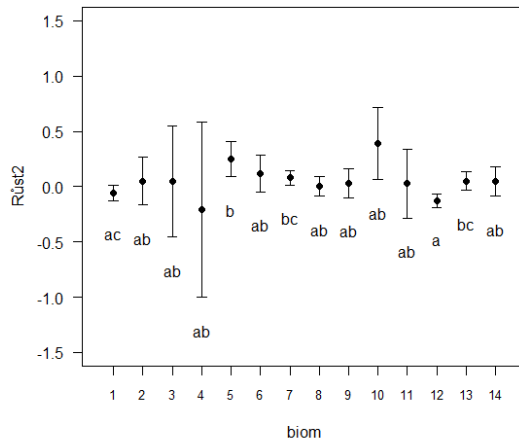
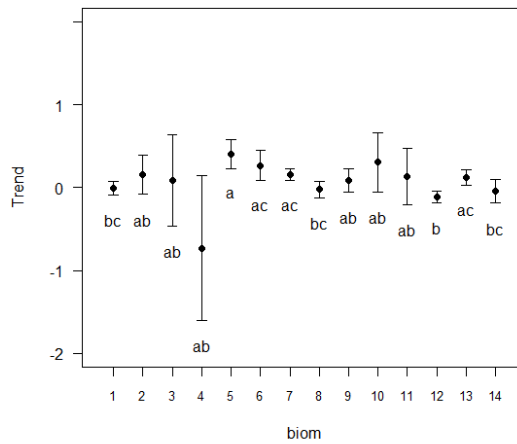
A**B**

Obrázek 44 Frekvenční histogramy pro Růst (A) a Růst2 (B) po sloučení populací savců do druhů



Obrázek 45 Frekvenční histogram pro Trend po sloučení populací savců do druhů

Porovnání 14 „biomů“ (shodujících se s ptáky, viz Box 4) nejprve poukázalo jen na mírné odlišnosti mediánů od nuly i mezi sebou, přičemž medián většiny prostředí se nacházel v kladných hodnotách. Nejvíce záporné hodnoty vyšly pro *Trend* v tropických a subtropických loukách, pastvinách, savanách a křovinách („biom“ 12; -0,21) a dále v jehličnatých lesích mírného pásu („biom“ 8; -0,17). Mangrovy („biom“ 4) se také ve všech případech pohybovaly v záporných hodnotách, ale zahrnovaly pouze dvě série. Relativně malým počtem sérií se vyznačovaly i pouště a suché křoviny („biom“ 2; 27 sérií), zaplavené louky, pastviny a savany („biom“ 3; 5 sérií), tropické a subtropické jehličnaté lesy („biom“ 10; 12 sérií) a tropické a subtropické suché listnaté lesy („biom“ 11; 13 sérií), což způsobilo větší rozptyly středních chyb odhadu průměrů. Proti tomu nejvyšší počet sérií (311) patřil trop. a subtrop. loukám, pastvinám, savanám a křovinám („biom“ 12). „Biomy“ ovlivňovaly *Růst*, *Růst2* i *Trend* statisticky významně ($p < 0,05$) a množství vysvětlené variability dosáhlo poměrně zajímavých (v porovnání s předchozími třídami a testovanými faktory), přesto ale stále relativně nízkých hodnot, v řádu jednotek (*Růst*: 3,1 %; *Růst2* 2,9 %, *Trend* 4,3 %). U všech tří parametrů významně vyčnívaly do kladných hodnot především mediteránní lesy, lesnaté oblasti a křoviny („biom“ 5) a tropické a subtropické jehličnaté lesy („biom“ 10). Graficky jsou rozdíly znázorněny pomocí písmenkových kódů na obrázcích 46A, B a C a diagnostické grafy lze nalézt v příloze 4b.

A**B****C**

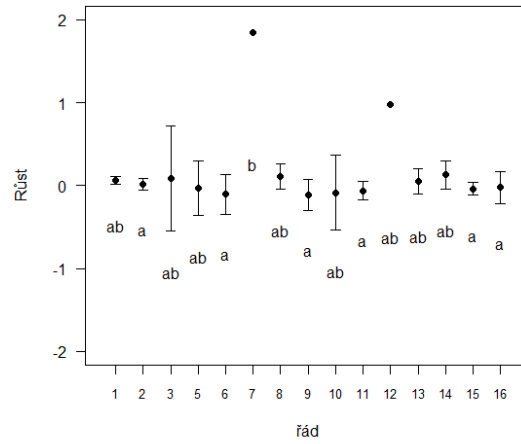
Obrázek 46 Analýza variance a post-hoc Tukeyův test mnohonásobného porovnání – rozdíly v Růstu (A)/Růst2 (B) a Trendu (C) mezi populacemi savců žijícími v různých „biomech“; „biom“ 4 zastoupen pouze dvěma sériemi; body odpovídají fitovaným hodnotám průměrů a úsečka znázorňuje konfidenční interval

Srovnání řádů savců (viz Box 7) v první fázi analýzy poskytlo jen základní představu o roli tohoto faktoru na cílové parametry. Mediány i průměry pro většinu řádů u všech tří parametrů kolísaly kolem nuly, výraznějších záporných hodnot dosáhly jen mediány *Trendů* u řádů Didelphimorphia (-0,22), Lagomorpha (-0,28), Microbiotheria (-0,35) a Primates (-0,14) a dále pak průměr pro *Trend* řádu Microbiotheria (-0,27). Role řádů vyšla stejně jako u ptáků signifikantní ($p < 0,05$) pro všechny tři hlavní proměnné. Množství jejich variability vysvětlené řády však vycházelo jen velmi nízké (*Růst* 2 %, pro *Růst2* 2,4 % a pro *Trend* také 2,4 %). Konkrétní průkazné rozdíly mezi řády téměř neexistovaly, a ty řády, které vyčnívaly, obsahovaly pouze jednu sérii (např. řád 7 – Erinaceomorpha), čili z toho nebylo možné vyvodit žádný závěr. Jediný zajímavý rozdíl představovala odlišnost *Trendu* mezi řádem 8 (letouni), který vyčníval do kladných hodnot, a 15 (hlodavci), který se pohyboval v záporných hodnotách. Hlodavci zároveň obsahovali třetí nejvyšší počet sérií mezi testovanými řády – 245 (nejhojněji se vyskytovaly sudokopytníci (1) – 535 sérií, poté šelmy (2) – 303). Srovnání řádů se nachází na obr. 47, diag. grafy v příloze 4c.

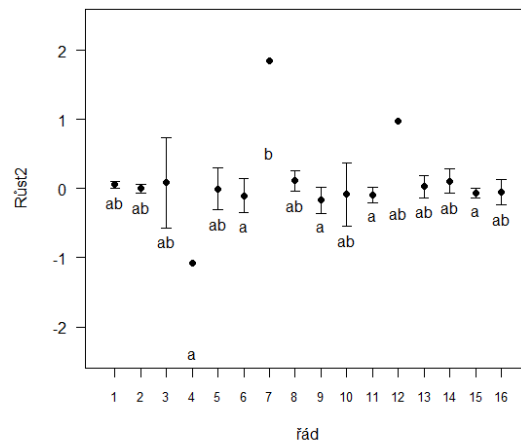
Box 7 Savčí řády

- 1) Artiodactyla (sudokopytníci)
- 2) Carnivora (šelmy)
- 3) Cingulata (pásovci)
- 4) Dasyuromorphia (kunovci)
- 5) Didelphimorphia (vačice)
- 6) Diprotodontia (dvojitozubci)
- 7) Erinaceomorpha (hmyzožravci)
- 8) Chiroptera (letouni)
- 9) Lagomorpha (zajícovci)
- 10) Microbiotheria (kolokolové)
- 11) Perissodactyla (lichokopytníci)
- 12) Pholidota (luskouni)
- 13) Primates (primáti)
- 14) Proboscidea (chobotnatci)
- 15) Rodentia (hlodavci)
- 16) Soricomorpha (např. rejskovití)

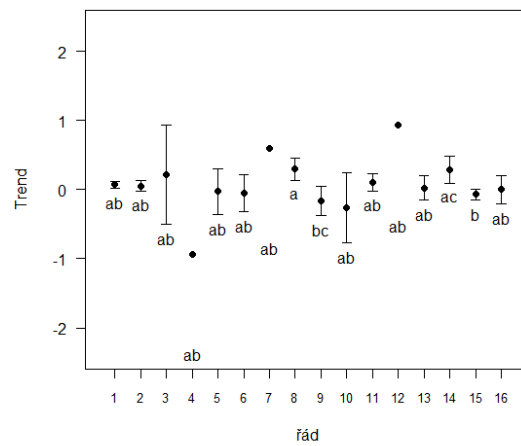
A



B



C



Obrázek 47 Analýza variance a post-hoc Tukeyův test mnohonásobného porovnání – rozdíly v Růstu (A)/Růstu2 (B) a Trendu (C) mezi různými savčími řády; řády 4, 7 a 12 zastoupeny pouze jednou sérií, řád 3 třemi sériemi; body odpovídají fitovaným hodnotám průměrů a úsečka znázorňuje konfidenční interval

3.6 Zobecněné lineární modely (GLM)

Jelikož u všech čtyř taxonů vyšla silná korelace mezi „počtem hodnot v sérii“ a „délkou série“, počítala jsem v případě *Růstu* a *Růstu2* i modely s interakcí mezi zmíněnými proměnnými a pro další analýzu jsem pak zvolila model s nižší hodnotou AIC. Rozdíly mezi hodnotami AIC však nebyly nijak veliké, pohybovaly se pouze v řádu jednotek. Pro každý prediktor obsažený ve 12 modelech (4 taxony, 3 závisle proměnné) jsem spočítala parciální adjustovaný koeficient determinace (adjusted-R²) a převedla jej na procenta. V tabulce jsou uvedeny hodnoty pouze pro ty vysvětlující proměnné, jež vyšly signifikantní. Ukázalo se, že prediktory obecně vysvětlovaly velmi nízká procenta variability závisle proměnné, někdy dokonce dosahovaly i mírně záporných hodnot (viz Tabulka 2). Celkové variance vysvětlené modelem také nedosahovaly vysokých hodnot. Adjustovaný koeficient determinace (v procentech) činil u obojživelníků 13,4 % (*Růst*) a 17,2 % (*Růst2*), model pro *Trend* pak vysvětloval jen 1,5 %, přičemž ani nevyšel průkazný. U plazů se ukázaly všechny modely jako signifikantní, u *Růstu* jím bylo vysvětleno 9,3 % variability, u *Růst2* 7,4 % a v případě *Trendu* 8,9 %. Stejně tak vyšly všechny tři modely statisticky významné i u ptáků a savců. V případě modelu pro *Růst* ptáků dosáhlo množství variability vysvětlené prediktory 9,2 %, pro *Růst2* 9,5 % a pro *Trend* 7 %. U savců jsem získala tyto hodnoty vysvětlené variability: 4,8 % (*Růst*), 5,4 % (*Růst2*) a 7,4 % (*Trend*).

Tabulka 2 Parciální adjustované R kvadráty vyjadřující variabilitu závisle proměnných vysvětlených jednotlivými prediktory

prediktor	Růst	Růst2	Trend
OBOJŽIVELNÍCI (Amphibia)			
řád			1,37 %
„biom“	-0,78 %	-0,47 %	
biogeografická oblast			
metoda sběru dat			
počet hodnot v sérii			x
délka série	3,36 %	2,16 %	x
prostřední bod série	6,68 %	8,13 %	x
PLAZI (Reptilia)			
řád		-0,21 %	0,49 %
„biom“			0,47 %
biogeografická oblast	5,5 %	4,72 %	3,24 %
metoda sběru dat			
počet hodnot v sérii			x
délka série			x
prostřední bod série			x
počet hodnot v sérii*délka série			x
PTÁCI (Aves)			
řád	5,45 %	5,03 %	4,15 %
„biom“	0,47 %	0,9 %	0,93 %
biogeografická oblast	0,73 %	0,78 %	0,86 %
metoda sběru dat	0,72 %	0,74 %	0,18 %
počet hodnot v sérii		-0,03 %	x
délka série	0,34 %	0,57 %	x
prostřední bod série	0,09 %	0,2 %	x
počet hodnot v sérii*délka série	0,01 %	0,18 %	x
SAVCI (Mammalia)			
řád	1,04 %	1,09 %	1,89 %
„biom“	1,5 %	1,57 %	2,4 %
biogeografická oblast			1,57 %
metoda sběru dat			
počet hodnot v sérii	0,09 %	0,03 %	x
délka série			x
prostřední bod série			x
počet hodnot v sérii*délka série	x	x	x

4 DISKUSE

4.1 Analýza populačních trendů v kontrastu k Living Planet Indexu

Tato práce přinesla vlastní, a od podobně zaměřených prací odlišně pojatý, pohled na populační trendy terestrických obratlovců. Zásadním úkolem bylo zaměřit se na heterogenitu dat a prozkoumat, do jaké míry ovlivňuje vývoj populačních abundancí. Mírně navzdory původnímu očekávání se ukázalo, že data se nejeví tak heterogenní, jak jsme si mysleli. Analyzované prediktory (např. „biom“, délka série nebo řád) totiž samy o sobě vysvětlovaly vždy jen poměrně nízká procenta variability závisle proměnných a výsledné trendy působily v průměru vyváženě (populace klesaly, rostly i zůstávaly stabilní) a neprojevíly se žádné výrazné tendence jakýmkoliv směrem ani v rámci skupin (např. savčí řády), v nichž se vztahy zkoumaly.

Pro posouzení změn v populačních velikostech neboli abundancích slouží například zde zmiňovaný LPI (Living Planet Index), který stanovuje populační trendy na základě logaritmovaných průměrných meziročních změn v jednotlivých populacích a dále využívá geometrické průměry trendů samostatných sérií pro získání průměrného druhového trendu (McRae et al., 2017). Právě geometrické průměry se ukázaly jako nejvhodnější indikátor pro výpočet relativních populačních změn, protože dobře odráží jak abundanci jedinců vzhledem k výchozímu roku, tak i nevyrovnanost v zastoupení druhů ve společenstvu (a jeho změny) a jsou schopny generovat robustní výsledky i v případě kombinování hodnot z různých zdrojů. Jejich největším nedostatkem je ale neschopnost adekvátně pracovat s nulovými hodnotami početností, což komplikuje vyhodnocování trendů pro vzácně zaznamenávané druhy (Buckland et al., 2011). Leung et al. (2020) pracovali s geometrickým průměrem také, ale testovali navíc citlivost na extrémní hodnoty. Postupně odstraňovali populace s největšími poklesy (poté pro vyváženost i se vzrůsty), aby následně zhodnotili jejich vliv na proměnu celkové tendence. Jejich studie se obecně zaměřovala na konflikt dvou hypotéz o povaze poklesů, kdy katastrofické celosvětové poklesy obratlovců prezentované dle LPI konfrontovali s jejich představou o poklesech odehrávajících se v určitých jasně definovaných skupinách neboli klastrech. Jednotlivé klastry byly vždy určeny trojí charakteristikou: „doména“ (terestrická × sladkovodní × mořská) – biogeografická oblast – taxon. Jejich výsledky poukázaly na fakt, že výrazné poklesy prezentované LPI jsou pravděpodobně způsobeny jen několika málo extrémně klesajícími populacemi, které však představují jen zhruba 3 % celkového objemu analyzovaných populací.

Z 57 vzniklých systémů určených „doménou“, oblastí a taxonem se ve většině (98,6 %) neprojevovala žádná výrazná změna, klastry extrémních poklesů pak vyšly jen v 16 systémech, převážně u velkých živočichů a v mořských oblastech. V několika málo systémech se objevily i výrazné vzrůsty, převážně v terestrickém prostředí a mírném pásu.

Jinou metodu zvolili Daskalova et al. (2020), kteří analyzovali populační série z Living Planet databáze pomocí modelů stavových veličin (SSMs). Výhoda těchto metod spočívá v tom, že už od základu počítají s určitou variabilitou v datech způsobenou biologickou stochasticitou a chybou měření (Auger-Méthé et al., 2016). Konkrétně došli k závěru, že 67 % populací nejevilo žádné systematické změny ve vývoji velikostí, pouze 15 % populací klesalo a 18 % rostlo. Jejich práce mimo jiné odhalila výrazný vliv nulových hodnot na celkový trend v rámci LPI. Autoři této studie totiž s nulami vůbec nepracovali, díky čemuž následně nedošli k tak negativním výsledkům, jaké jsou prezentovány na základě LPI. Moje konzultantka Mgr. Anna Tószögyová, Ph.D. pak detailně zkoumala přímo mechanismus výpočtu Living Planet Indexu a došla k dalším zajímavým zjištěním. Kromě nesrovnalostí v procesu počítání indexu odhalila několik případů, kdy byl celkový trend výrazně ovlivněn pouze jednou či několika málo sériemi a po jejich odstranění se objevil mnohem střídmejší trend, např. u plazů palearktické oblasti byl celkový trend výrazně ovlivňován jednou populací druhu *Vipera berus* (zmije obecná) v letech 1974 až 1977, kdy z hodnoty 68 klesla na 5. Dále poukázala na výše zmíněnou roli nul, kdy negativní populační trendy obecně byly ve velké míře vyvolávány nulovými hodnotami, které u malých populací po převedení na meziroční populační změnu dosahovaly neúměrně velkých záporných hodnot a dále se projevovaly i v celkovém indexu (Tószögyová, osobně).

V mé práci byly pro analýzu vývoje velikostí populací zvoleny dva parametry, a to *Růst* a *Trend*, které spolu u všech čtyř zkoumaných taxonů (obojživelníci, plazi, terestriční ptáci a terestriční savci) relativně silně korelovaly. Zatímco *Růst* byl formulován jako logaritmus podílu poslední a první hodnoty série, *Trend* se rovnal Pearsonově korelačnímu koeficientu, vypovídal tedy o vztahu mezi časem a hodnotami velikostí. Pro kompletnost jsem následně počítala i průměrné meziroční změny *Růstu* v jednotlivých sériích. S nulami jsem se rozhodla pracovat dvojnásobem. Jelikož se *Růst* počítal jako logaritmus podílu hodnot, nebylo při výpočtech možné započítat ty série, jejichž první či poslední měření mělo hodnotu 0. Z toho důvodu jsme stanovili *Růst*², jež zmíněné krajní nuly vůbec neobsahoval, jelikož jsme je škrtnuli, a s původně

vynechávanými sériemi jsem v tomto druhém případě počítala. Zásadní rozdíly mezi výsledky pro *Růst* a *Růst2* se však během mé analýzy téměř neobjevily, nejspíše z důvodu poměrně malých počtů sérií „s nulami“ (365 z celkových 6048 sérií, jež jsem analyzovala). Znatelné rozdíly se ukázaly pouze v případě porovnávání jednotlivých biogeografických oblastí ptáků, kdy například z hlediska *Růstu* v afrotropické oblasti měly převahu populace rostoucí, zatímco *Růst2* ve stejné oblasti vykazoval spíše klesající tendenci populací. Uvažovala jsem, že by tato rozdílnost mohla být způsobena nejvyšším procentuálním zastoupením nulových sérií vůči celkovému počtu sérií ptáků, to se mi však nepotvrdilo. Z absolutního hlediska sice ptáci obsahovali nejvíce sérií s krajními nulami (209), ale relativně představovaly jen zhruba 5,8 % z celkového počtu sérií. Nejvyšší podíl nulových sérií měli plazi (9,5 %). Důvody odlišností mezi *Růstem* a *Růstem2* ptáků by tak mohly být podnětem k dalšímu zkoumání.

4.1.1 Srovnání taxonů

Celkové *Růsty* i *Trend* vykazovaly spíše negativní tendenci u obojživelníků a ptáků, naopak u plazů a savců převažovaly rostoucí populace. Ke stejným závěrům jsem došla i po zobrazení průměrných *Růstů* a *Trendu*. Jelikož data z Living Planet Database obsahují jednotlivé populační série, uplatňovala jsem i slučování do druhů a zobrazovala si „druhové“ *Růsty* a *Trendy*. Předpokládala jsem, že se od původních výsledků (před spojováním populačních sérií stejného druhu) nebudou odlišovat a tento předpoklad se mi víceméně potvrdil. Pouze *Trend* plazů po sloučení do druhů jevil relativní vyváženost mezi rostoucími a klesajícími populacemi. Článek Daskalové et al. (2020) potvrdil kritickou situaci obojživelníků, u nichž jim jako u jediného taxonu vycházely významné poklesy i největší fluktuace. Naopak zbývající tři taxony spíše rostly. Rozdílný výsledek pro ptáky by mohl souviset s větším vzorkem v práci Daskalové (5854 ptačích sérií proti „mým“ 3720), kterému tak přikládám větší váhu.

4.1.2 Doplnující proměnné k *Růstu*

Kromě již existujících proměnných mi připadalo vhodné přidat několik dalších, které by mohly podat informaci o pravděpodobných „skrytých“ tendencích, od kterých se vývoj hlavních parametrů mohl odvíjet, podobně jako je zmínili Daskalová et al. (2020). Jednalo se konkrétně o *Růst*, jež jsem zkoumala v závislosti na počtech hodnot v sériích, délkách sérií a na prostředních bodech sérií. Očekávala jsem, že série obsahující vícero měření a pokrývající delší časové úseky budou samozřejmě lépe a přesněji vypovídat o analyzovaném trendu, otázkou však

zůstávalo, zda budou výsledné trendy spíše pozitivní nebo negativní. Prostřední bod série pak měl sloužit k posouzení, zda existují nějaké signifikantní rozdíly mezi sériemi, jejichž měření probíhala převážně v nedávné minulosti, a těmi, které byly analyzovány spíše blíže k roku 1970 (počáteční rok analýzy). Signifikance vztahů mezi zmíněnými proměnnými se mezi taxony neshodovala, u plazů nevyšla ani jedna ze závislostí statisticky průkazná, a naopak pro savce závisel *Růst* (i *Růst2*) významně na počtu hodnot v sérii, délce série i jejich prostředním bodu a ve všech případech vykazovaly pozitivnější *Růst* ty série, které byly početnější, delší a blíže současnosti. U obojživelníků se objevila statisticky průkazná závislost pouze u prostředních bodů, kdy série s převahou měření blíže současnosti vykazovaly pozitivnější *Růst*. Domnívám se, že tento jev by mohl odrážet technický i badatelský pokrok současnosti, kdy nyní máme k dispozici mnohem více informací o ekologii obojživelníků a o možnostech jejich výskytu, tudíž jsme schopni nacházet mnohem více jedinců, což může hrát ve prospěch současného pozitivnějšího *Růstu* v porovnání s dřívějšími lety. Tento pozitivní vztah však nijak neurčuje celkovou podobu *Růstu* obojživelníků, jelikož ten neporovnává pouze časové aspekty měření, ale porovnává množství rostoucích, stabilních a klesajících populací bez ohledu na jejich časový rámec. U ptáků jsem následně došla k přesně opačným výsledkům než u obojživelníků – počet hodnot a délka série ovlivňovaly *Růst* signifikantně, zatímco prostřední bod vliv neměl. Signifikantní závislosti měly mírně klesající tendenci, početnější a delší série tudíž na *Růst* působily negativně. Všechny předchozí statisticky významné závislosti však dokázaly vysvětlit vždy jen velmi nízké procento (kolem 1 %) variability závisle proměnných (*Růstů*).

4.2 Problematika proměnných a prediktorů

Značné pochybnosti vzbuzovaly velmi odlišné způsoby sběru dat v rámci LPD, které se zdají porovnatelné jen s velkou rezervovaností. LPI tyto odlišnosti nijak nereflektuje, já jsem ale podobné metody spojovala a stanovila pět nadřazených skupin (např. stanovení početnosti na základě pozorování), ke kterým jsem jednotlivé série řadila na základě podobnosti jejich metody. Ukázalo se, že volba metody ovlivňovala *Růst* i *Trend* u plazů a ptáků, u zbývajících dvou taxonů, obojživelníků a savců, se žádné rozdíly vlivem odlišných metod měření neprojevíly. Plazí populace zahrnující „biasované“ vzorky (metoda 2) vyčnívaly spíše do záporných hodnot, metody sdružující pozorování (1) a projevy chování a výskytu živočichů (5) naopak přesahovaly do hodnot kladných. Množství variability závisle proměnných (*Růstu*, *Růst2* a *Trendu*)

vysvětlené právě odlišnými metodami sběru dat se ale u plazů pohybovalo jen kolem 3 % a u ptáků dosahovalo ještě nižších hodnot (pouze zhruba 1 %). Pro ptáky vyšly závislosti také jako signifikantní, přičemž nejvíce se od ostatních metod lišily biasované vzorky (metoda 2), které sahaly převážně do záporných hodnot. Vzhledem k uvedeným nejednoznačným výsledkům není aktuálně možné vyvozovat jakékoli závěry o vlivu metody vzorkování na parametry vývoje populací. Takové výsledky ale dávají prostor pro další úvahy a zkoumání, nejlépe založené na vyšším množství dat, která by disponovala relativně vyrovnaným zastoupením jednotlivých metod. Pak by se mohlo ukázat, zda se například populace měřené na základě počtu jedinců chycených do pastí systematicky vyznačují častějšími poklesy než populace měřené jinými způsoby, nebo zda způsob určování početnosti nehraje z hlediska směru závislosti mezi proměnnými žádnou roli.

Kromě výše zmíněných způsobů výpočtu indexů či parametrů se jednotlivé studie také odlišují konkrétním členěním na kategorie, pro něž trendy zjišťují. Kromě celkové globální hodnoty vypovídající o souhrnném trendu populačních abundancí v procentech se LPI dále počítá i pro každou biogeografickou oblast zvlášť. Terestrický a sladkovodní systém dělí na oblast afrotropickou, indo-pacifickou, neotropickou, nearktickou a palearktickou, pro mořský systém se uplatňuje jiné samostatné členění (WWF, 2018). Se stejnými oblastmi pracovala i studie Leunga et al. (2020). Podobné dělení jsem zachovávala v práci také já, avšak s jedním rozdílem – indo-pacifickou oblast jsem rozdělila na dvě, indomalajskou a australasijskou + oceánickou. Toto dělení se samozřejmě vztahovalo jen k terestrickým živočichům, mořskými oblastmi jsem se detailněji nezabývala, pouze jsem je v případě potřeby přejala u některých plazích druhů (např. mořských želv), ale dále s tím nijak nepracovala. Analýzu v jednotlivých oblastech jsem využila pouze v případě terestrických ptáků a savců, u zbývajících dvou skupin (obojživelníků a plazů) nemělo vzhledem k výrazně nižším počtům sérií smysl data dále dělit do jednotlivých oblastí. Poslední LPR z roku 2020 však odrážela už zcela jiné dělení, podle Mezivládního panelu pro biodiverzitu a ekosystémové služby (IPBES). V rámci tohoto orgánu se používá dělení na základě sociopolitických hranic (WWF, 2020b). Práce Daskalové et al. (2020) členění na výše zmíněné oblasti neuplatňovala vůbec, místo toho prováděla analýzu podle zeměpisných šířek a její výsledky nenaznačovaly existenci žádného geograficky definovaného ohniska výrazných poklesů populací.

Rozdělení na samostatné oblasti v mé práci odhalilo, že celkový převažující negativní *Růst*, *Růst2* i *Trend* ptáků způsobovaly především neotropická a nearktická oblast, což není zcela v souladu se zjištěním LPI, které našlo největší poklesy v tropických oblastech celkově (WWF, 2020a). Mezi všemi oblastmi pak vyčníval Palearkt, kde ve všech třech případech převažovaly populace rostoucí. Podobně disponoval Palearkt převahou rostoucích populací i u savců. Překvapivě se pozitivní *Růsty* i *Trend* objevily tentokrát také v indomalajské oblasti, přestože podle LPI by tam měly populace spíše klesat, jelikož se jedná převážně o tropickou oblast. Počet indomalajských sérií činil jen 85, tudíž je možné, že byl výsledek ovlivněn nízkým počtem dostupných dat, které dostatečně nerepresentují příslušnou oblast.

Zprávy LPR často také uvádí hodnoty zvlášť pro sladkovodní (a někdy i mořský) systém. Právě tato vodní prostředí se z hlediska LPI ukazují jako nejkritičtější, poslední report z roku 2020 uvádí pro sladkovodní systémy 84% pokles v populačních abundancích (WWF, 2020a), Daskalova et al. (2020) ale k podobnému číslu nedošli a označili rozdělení trendů populací sladkovodního systému jako bimodální, se srovnatelným zastoupením rostoucích i klesajících populací.

4.2.1 „Biomy“

Samostatný faktor, v jehož rámci se trendy také zkoumaly, byl založen na dělení populací podle „biomů“. Ovšem už samotný pojem „biom“ se ukázal poměrně nejasný, neboť na první pohled neodrážel standardně užívanou a známou klasifikaci biomů jako takových. „Biomy“ uvedené v Living Planet databázi odrážely členění podle IUCN (Mezinárodní svaz ochrany přírody), které by mělo být založeno na jejich konkrétní klasifikaci habitatů sloužících k popisu ohrožených druhů na Červeném seznamu (IUCN, 2012, 2013; WWF & ZSL, 2016). V konečné fázi ale „biomy“ (v zásadě spíše typy prostředí) v LPD pravděpodobně odpovídaly rozdělení na základě Millennium Ecosystem Assessment, jak IUCN uvádí ve svých standardech prostřednictvím obrázku (IUCN, 2013). Stejně jako Daskalová et al. (2020), i já jsem pro konzistentnost a lepší porovnatelnost studií zachovala toto členění. Pojem „biom“ jsem však užívala spíše jako technický termín a často jsem jej nahrazovala „typem prostředí“. Mezi čtyřmi taxony, kterým jsem se v práci věnovala, se navíc počet a typy jednotlivých „biomů“ neshodovaly, určité kategorie byly použity u obojživelníků, jiné u plazů a poté odlišné i pro terestrické ptáky a savce – tyto dva taxony měly tedy rozdělení „biomů“ společné. Tuto neshodu způsobilo především

zahrnutí sladkovodních (v případě plazů i mořských) druhů obojživelníků a plazů do analýzy, tudíž se u nich zákonitě musely objevit i „vodní biomy“. Celková porovnatelnost napříč všemi taxony by tak z důvodu odlišných typů prostředí neměla smysl. U obojživelníků vyšel vliv „biomu“ signifikantně pouze pro *Růst2*, u plazů měl typ prostředí průkazný vliv pro změnu pouze na *Trend*. V obou případech typ „biomu“ vysvětloval přibližně 7 % variability dané proměnné. U ptáků a savců se ukázal „biom“ jako signifikantní pro všechny tři parametry, ale u ptáků vysvětloval vždy pouze zhruba 1,5 % jejich variability, u savců se vysvětlená variabilita pohybovala o něco výše, kolem 3–4 %. Za samostatnou zmínku stojí dva „biomy“ u savců, a to mediteránní lesy, lesnaté oblasti a křoviny a tropické a subtropické jehličnaté lesy, které vyčnívaly do kladných hodnot *Růstu* i *Trendu*, což by mohlo vypovídat o pozitivní situaci savců žijících v těchto typech prostředí. Studie Daskalové et al. (2020) vyzdvihla hned několik „biomů“, jež celkově (pro všechny jimi analyzované obratlovce) jevíly vzrůstající tendenci. Jednalo se právě i o mediteránní lesy a dále pak o mokřady mírného pásu, polární sladké vody, horské travnaté oblasti, tropické lesy a korály. Zbytek „biomů“ neprojevoval v průměru žádné změny. Právě tyto jednotlivosti a konkrétně orientované výsledky poslouží ochranářským snahám lépe než globální a blíže nespecifikované výsledky, na čemž se shoduje většina autorů zkoumající robustnost LPI i jiné aspekty populačních trendů.

4.2.2 Řády

Vedle biomů jsem, na rozdíl od zde nejčastěji zmiňovaných prací Daskalové et al. (2020) a Leunga et al. (2020), analyzovala ještě vliv plazích, ptačích a savčích řádů. U obojživelníků jsem vzhledem k pouhým dvěma řádům tento faktor nezohledňovala. U plazů všechny tři řády mírně rostly, signifikantní však byly jen dva parametry – *Růst2* a *Trend*, oba ale vysvětlily jen zhruba 1,5–2 % ve variabilitě zkoumaných proměnných. Ptačí řády významně působily na všechny tři parametry, a vysvětlily tak 7,5 % variability *Růstu*, 6,4 % variability *Růst2* a 4,9 % variability *Trendu*. Na první pohled bylo možné odlišit tři řády pohybující se v nejkladnějších hodnotách *Růstu* i *Trendu*: Cathartiformes (kondoři), Ciconiiformes (brodiví) a Falconiformes (sokoli). U savců se řád ukázal také jako signifikantní prediktor pro všechny tři parametry, množství vysvětlené variability ale dosahovalo nižších čísel (kolem 2 %). Tentokrát jsem neodhalila žádnou konkrétní výraznou tendenci nebo rozdíl, až na jednu výjimku, kterou představoval rozdíl mezi dvěma nejhojnějšími savčími řády – hlodavci (Rodentia) a letouny (Chiroptera). Zatímco hlodavci se pohybovali převážně v záporných hodnotách *Trendu*, letouni naopak disponovali

většinou pozitivním *Trendem*. Na tento jev ale samozřejmě mohl mít výrazný vliv počet dostupných sérií příslušející danému řádu, který zdaleka neodpovídal reálné abundanci.

4.2.3 Nedostatky Living Planet Indexu

Obecně se jako kontroverzní jeví i stanovení kritéria počtu měření velikosti populace pro zahrnutí do analýzy. LPI má v tomto případě nastavenou hranici opravdu nízko, jelikož jim stačí, aby populace obsahovala pouhé dvě hodnoty měření velikosti. O nevhodnosti takto volného kritéria svědčí fakt, že kratší populační série nemusí podchytit zkoumaný trend správně (Wauchope et al., 2019). Daskalová et al. například počítali se sériemi, které disponovaly nejméně pěti hodnotami a má práce se zabývala sériemi s minimálně čtyřmi hodnotami měření. Další nesrovnalost týkající se LPI představuje nejasné slučování hodnot a údajů v rámci indexu, které si zaslouží podrobnější popis, podobně jako si vysvětlení žádá i absence informací o existenci stabilních populací, které nevykazují výrazné změny v abundanci (Daskalova et al., 2020). Dále pochopitelně stále existují značné mezery v geografickém i taxonomickém pokrytí celkové biodiverzity, čehož jsou si vědomi sami tvůrci LPI. Problém představují i náhodné fluktuace početnosti, na které je LPI zřejmě hodně citlivý a které mohou být příčinou mnoha poklesů indexu (Buschke et al., 2021).

4.3 Širší souvislosti

Dle LPI se celkový trend ve vývoji velikostí populací neustále zhoršuje a každá další zpráva hlásí o něco vyšší procentuální pokles abundance než report předchozí. Aktuálně poslední report vyzdvihuje tragickou situaci zejména ve sladkovodním prostředí a tropických oblastech. Vystává zásadní otázka, do jaké míry je vlastně aktuální obraz stavu biodiverzity skutečně globálním a odráží celkovou situaci reálně. Mnoho autorů totiž uvádí, že zejména v tropických oblastech existují značné mezery v množství dostupných dat odpovídajících situaci (Collen et al., 2008).

Mým hlavním cílem bylo detailněji prozkoumat skladbu dat, informace související s databází i indexem a analyzovat data na jemnějších škálách. Celková globální hodnota pro mě tedy nepředstavovala stěžejní údaj, podobně jako pro další autory. Mnohem zásadnější a v praxi využitelnější se ukazují právě studie, které se věnují konkrétní menší skupině, která je jasně taxonomicky, geograficky a ideálně i ekologicky definovaná, aby bylo možné v případě potřeby učinit konkrétní kroky pro nápravu zhoršujícího se stavu. Většina autorů se shoduje, že mnohem

efektivnější a věrohodnější analýzy se odehrávají na jemnějších škálách, protože jsou snáze uchopitelné i prezentovatelné.

Přestože se tvůrci LPI snaží maximálně vyvarovat všem možným zkreslením a systematickým chybám ve výpočtu, výsledky indexu a jeho dosah vysvětlují do detailu tak, aby jej nebylo možné napadnout, a v průběhu času dokonce „zdokonalili“ metodu výpočtu, která nyní zohledňuje celkovou reálnou početnost druhů v jednotlivých oblastech/prostředích/taxonech (metoda LPI-D), poslední dobou se objevují různé studie zpochybňující vhodnost použití tohoto indexu a jeho interpretací a varují před možnými úskalími, které LPI obnáší (Buschke et al., 2021; Daskalova et al., 2020; Leung et al., 2020). Tato práce si kladla za cíl zmíněnou problematiku také vlastním způsobem zanalyzovat a detailněji LPI prozkoumat, aby odhalila jeho diskutované nedostatky a mezery. I v průběhu jejího sepisování vyšlo pár článků zabývajících se stejnou problematikou, každý z nich však podává mírně odlišný pohled na věc. Společný rys zpochybnění LPI však zůstává. Mechanismus jeho výpočtu obsahuje určité systematické chyby, jakými jsou například neúměrný vliv nulových hodnot na výsledný index (Tószögyová, osobně) nebo velká citlivost na náhodné fluktuace (Buschke et al., 2021) i extrémní hodnoty (Leung et al., 2020). Dále není dostatečně vysvětlen způsob slučování údajů pro potřeby indexu, chybí informace o existenci stabilních populací (Daskalova et al., 2020) a existují značné mezery v datech z hlediska geografického i taxonomického pokrytí (Collen et al., 2008). V neposlední řadě bývá LPI zmiňován v souvislosti s příliš globálním pojetím biodiverzity a doporučuje se, aby analýzy probíhaly na jemnějších škálách, což by následně zvýšilo potenciál pro převedení nápravných opatření do praxe.

Zvýšení povědomí o důležitosti druhové rozmanitosti a populačních trendů se pravděpodobně pojí s rostoucími obavami ohledně změny klimatu, již se dostává značné pozornosti už nyní. Ukazuje se, že klima a biodiverzita mají mnoho společného a vzájemně interagují, přičemž jejich interakce se může odehrávat jak v globálním, tak i lokálním měřítku. Dále také souvisí s proměnami ve využívání prostředí a s fragmentací krajiny, přičemž celá komplexní síť těchto i jiných klíčových faktorů ovlivňuje možnosti pro shánění potravy, rozmnožování, migraci i biorytmy živých organismů, kteří se mohou měnícím se podmínkám přizpůsobovat jen ve velmi omezené míře, někteří téměř vůbec (Post et al., 2009; WWF & ZSL, 2020d). Míra populačních změn a směr jejich kolísání poskytuje informace o celkové bohatosti a

stabilitě přírodních systémů (WWF, 2020a), na nichž jsme my, lidé, existenčně závislí, přestože mnozí si to stále nepřipouští či neuvědomují. Zdá se však, že problematika spojená s biodiverzitou se postupně dostává čím dál více do povědomí jak odborné, tak i laické veřejnosti, a pokud by se vše vyvíjelo pozitivním směrem, mohlo by se jí dostat stejné pozornosti, jakou si získala klimatická změna. K tomu by mohly přispět právě aktuální i budoucí studie pojednávající o přednostech, ale především o limitech používaných indexů.

5 ZÁVĚR

Tato práce si kladla za cíl provést analýzu populačních trendů čtyř obratlovčích taxonů – obojživelníků, plazů, terestrických ptáků a terestrických savců. Veškerá data byla čerpána z databáze sloužící především pro účely výpočtu Living Planet Indexu (LPI), který vypovídá o změnách populačních abundancí. Jeho hodnoty jsou pravidelně prezentovány ve výročních zprávách o stavu biodiverzity, které soustavně poukazují na negativní tendence trendů. LPI je však ze strany vědecké komunity často konfrontován a zpochybňuje se jeho síla a výpovědní hodnota. Podobně jako jiné studie se i tato práce snažila o hlubší pochopení vnitřních procesů souvisejících se zmiňovaným indexem a zaměřila se především na zkoumání heterogenity v dostupných datech. Původní předpoklad velké rozdílnosti v datech a nevhodnosti jejich slučování se nepotvrdil, jelikož data se ukázala jako poměrně vyrovnaná, bez jasného převažujícího efektu na závisle proměnné, kterými byly v případě této práce *Růst* a *Trend*. Ani v rámci různých faktorů („biom“, řád, metoda sběru dat, délka série aj.) se neobjevily zásadní systematické odchylky od průměru. Došla jsem tedy k závěru, že LPI není výrazně ovlivňován podobou dat, z nichž čerpá. Variabilita v datech se neukázala natolik závažná, aby výrazným způsobem zkreslovala celkové výsledky. Problém však představují jiné aspekty indexu, kterým se věnují další autoři. Jak bylo zmíněno již výše, hlavní nedostatky pravděpodobně tkví v mechanismu výpočtu indexu nebo v jeho citlivosti na velmi nízké hodnoty, včetně těch nulových, které výsledný index snižují.

6 SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY

- Auger-Méthé, M., Field, C., Albertsen, C. M., Derocher, A. E., Lewis, M. A., Jonsen, I. D., & Mills Flemming, J. (2016). State-space models' dirty little secrets: even simple linear Gaussian models can have estimation problems. *Scientific Reports*, *6*, 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep26677>
- Ball-Damerow, J. E., Brenskelle, L., Barve, N., Soltis, P. S., Sierwald, P., Bieler, R., ... Guralnick, R. P. (2019). Research applications of primary biodiversity databases in the digital age. *PLoS ONE*, *14*, 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215794>
- Bowker, G. C. (2000). Biodiversity Datadiversity. *Social Studies of Science*, *30*, 643–683. <https://doi.org/10.1177/030631200030005001>
- Buckland, S. T., Studeny, A. C., Magurran, A. E., Illian, J. B., & Newson, S. E. (2011). The geometric mean of relative abundance indices: a biodiversity measure with a difference. *Ecosphere*, *2*, 1–15. <https://doi.org/10.1890/ES11-00186.1>
- Buschke, F. T., Hagan, J. G., Santini, L., & Coetsee, B. W. T. (2021). [online] Random population fluctuations bias the Living Planet Index. *Nature Ecology and Evolution*, *5*, 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01494-0>
- Collen, B., Loh, J., Whitmee, S., McRae, L., Amin, R., & Baillie, J. E. M. (2009). Monitoring Change in Vertebrate Abundance: the Living Planet Index. *Conservation Biology*, *23*, 317–327. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01117.x>
- Collen, B., Ram, M., Zamin, T., & McRae, L. (2008). The Tropical Biodiversity Data Gap: Addressing Disparity in Global Monitoring. *Tropical Conservation Science*, *1*, 75–88. <https://doi.org/10.1177/194008290800100202>
- Daskalova, G. N., Myers-Smith, I. H., & Godlee, J. L. (2020). Rare and common vertebrates span a wide spectrum of population trends. *Nature Communications*, *11*, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17779-0>
- Hoban, S., Bruford, M., D'Urban Jackson, J., Lopes-Fernandes, M., Heuertz, M., Hohenlohe, P. A., ... Laikre, L. (2020). Genetic diversity targets and indicators in the CBD post-2020 Global Biodiversity Framework must be improved. *Biological Conservation*, *248*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108654>
- Hudson, L. N., Newbold, T., Contu, S., Hill, S. L. L., Lysenko, I., De Palma, A., ... Purvis, A. (2014). The PREDICTS database: A global database of how local terrestrial biodiversity responds to human impacts. *Ecology and Evolution*, *4*, 4701–4735. <https://doi.org/10.1002/ece3.1303>
- Hudson, L. N., Newbold, T., Contu, S., Hill, S. L. L., Lysenko, I., De Palma, A., ... Purvis, A. (2017). The database of the PREDICTS (Projecting Responses of Ecological Diversity In Changing Terrestrial Systems) project. *Ecology and Evolution*, *7*, 145–188. <https://doi.org/10.1002/ece3.2579>
- Inchausti, P., & Halley, J. (2001). Investigating Long-Term Ecological Variability Using the Global Population Dynamics Database. *Science*, *293*, 10–12. <https://doi.org/10.1126/science.293.5530.655>
- IUCN. (2012). IUCN Habitats Classification Scheme. IUCN (Vol. 0, pp. 1–14).

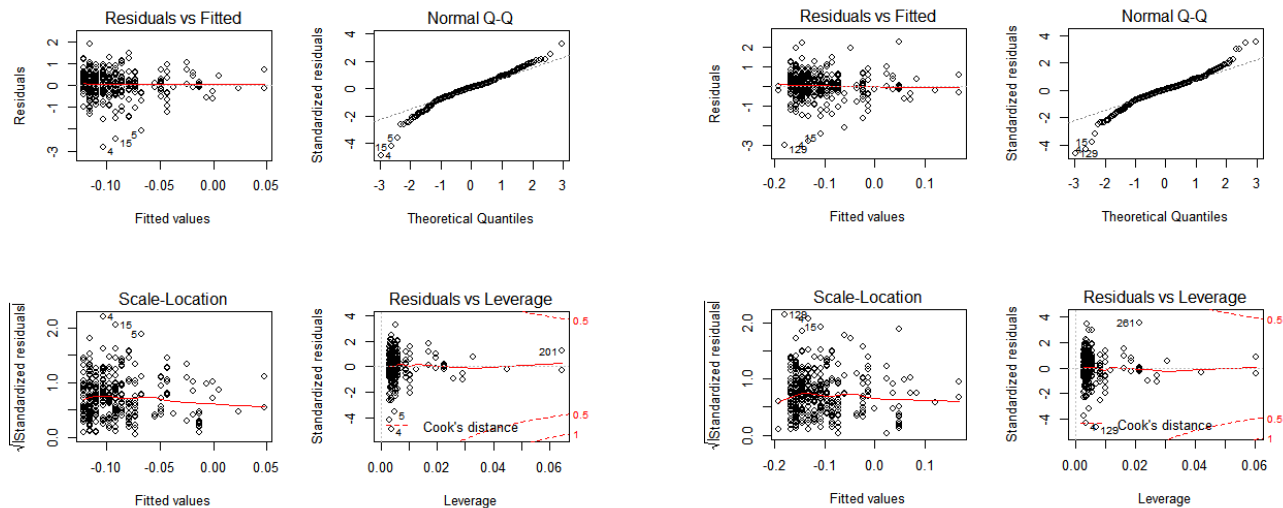
- IUCN. 2013. Documentation standards and consistency checks for IUCN Red List assessments and species accounts. Version 2., 2(September). Retrieved from http://www.iucnredlist.org/documents/RL_Standards_Consistency.pdf
- Lepš, J., & Šmilauer, P. (2016). *Biostatistika*. Nakladatelství Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.
- Leung, B., Hargreaves, A. L., Greenberg, D. A., McGill, B., Dornelas, M., & Freeman, R. (2020). Clustered versus catastrophic global vertebrate declines. *Nature*, *588*, 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2920-6>
- Living Planet Index – Partners and Collaborators. (n.d.). [online] https://livingplanetindex.org/projects?main_page_project=Partners&home_flag=1
- Loh, J., Green, R. E., Ricketts, T., Lamoreux, J., Jenkins, M., Kapos, V., & Randers, J. (2005). The Living Planet Index: Using species population time series to track trends in biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *360*, 289–295. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1584>
- McRae, L., Deinet, S., & Freeman, R. (2017). The diversity-weighted living planet index: Controlling for taxonomic bias in a global biodiversity indicator. *PLoS ONE*, *12*, 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169156>
- NERC Centre for Population Biology, Imperial College. (2010). The Global Population Dynamics Database, *Version 2*(July), 1–19. <http://www.sw.ic.ac.uk/cpb/cpb/gpdd.html>
- O'Connor, B., Secades, C., Penner, J., Sonnenschein, R., Skidmore, A., Burgess, N. D., & Hutton, J. M. (2015). Earth observation as a tool for tracking progress towards the Aichi Biodiversity Targets. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, *1*, 19–28. <https://doi.org/10.1002/rse2.4>
- Pereira, H. M., Navarro, L. M., & Martins, I. S. (2012). Global biodiversity change: The Bad, the good, and the unknown. *Annual Review of Environment and Resources*, *37*, 25–50. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-042911-093511>
- Post, E., Brodie, J., Hebblewhite, M., Anders, A. D., Maier, J. A. K., & Wilmers, C. C. (2009). Global population dynamics and hot spots of response to climate change. *BioScience*, *59*, 489–497. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.6.7>
- Proença, V., Martin, L. J., Pereira, H. M., Fernandez, M., McRae, L., Belnap, J., ... van Swaay, C. A. M. (2017). Global biodiversity monitoring: From data sources to Essential Biodiversity Variables. *Biological Conservation*, *213*, 256–263. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.014>
- Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia and Analgesia*, *126*, 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
- Tószögyová, A. (2020, 2021) (nepublikováno)
- Turnhout, E., & Boonman-Berson, S. (2011). Databases, scaling practices, and the globalization of biodiversity. *Ecology and Society*, *16*, 1–14. <https://doi.org/10.5751/ES-03981-160135>
- Wauchope, H. S., Amano, T., Sutherland, W. J., & Johnston, A. (2019). When can we trust population trends? A method for quantifying the effects of sampling interval and duration. *Methods in Ecology and Evolution*, *10*, 2067–2078. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13302>

- WWF. (1998). *Living Planet Report 1998*. 1–42. dostupné z: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/?
- WWF. (1999). *Living Planet Report 1999*. 1–36. dostupné z: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/?
- WWF. (2000). *Living Planet Report 2000*. 1–36. dostupné z: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/?
- WWF. (2002). *Living Planet Report 2002*. 1–39. dostupné z: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/?
- WWF. (2004). *Living Planet Report 2004*. 1–44. dostupné z: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/?
- WWF. (2006). *Living Planet Report 2006*. 1–44. dostupné z: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/?
- WWF. (2008). *Living planet: report 2008*. 1–48. dostupné z: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/?
- WWF. (2010). *Living Planet report 2010: Biodiversity, biocapacity and development*. Gland, Switzerland: WWF International. 1–119. dostupné z: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/?
- WWF. (2012). *Living Planet Report 2012: Biodiversity, biocapacity and better choices*. WWF International, Gland, Switzerland. 1–164. dostupné z: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/?
- WWF. (2014). *Living Planet Report 2014: Species and spaces, people and places*. WWF International, Gland, Switzerland. 1–180. dostupné z: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/?
- WWF. (2016). *Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era*. WWF International, Gland, Switzerland. 1–145. dostupné z: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/?
- WWF. (2018). *Living Planet Report - 2018: Aiming Higher*. Grooten, M. and Almond, R.E.A.(Eds). WWF, Gland, Switzerland. 1–146. dostupné z: <https://www.worldwildlife.org/pages/living-planet-report-2018>
- WWF. (2020a). *Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss*. Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Switzerland. 1–162. dostupné z: <https://livingplanet.panda.org/about-the-living-planet-report>
- WWF. (2020b). *Living Planet Report 2020. Bending the curve of biodiversity loss: a deep dive into the Living Planet Index*. Marconi, V., McRae, L., Deinet, S., Ledger, S. and Freeman, F. in Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Switzerland. 1–44.
- WWF. (2020c). *Living Planet Report 2020. A deep dive into freshwater*. WWF, Gland, Switzerland. 1–28. dostupné z: <https://livingplanet.panda.org/about-the-living-planet-report>

- WWF. (2020d). *Living Planet Report 2020. Too Hot To Handle: a Deep Dive Into Biodiversity in a Warming World*. WWF, Gland, Switzerland. 1–36. dostupné z: <https://livingplanet.panda.org/about-the-living-planet-report>
- WWF, & ZSL. (2016). LPI data requirements for public users. [dostupné po registraci] https://livingplanetindex.org/supporting_documents
- WWF, & ZSL. (2018). *Database stats*. [dostupné po registraci] https://livingplanetindex.org/supporting_documents
- Zoological Society of London (ZSL). (2016). Living Planet Report 2016 Technical Supplement: Living Planet Index. 1–22.
- Zoological Society of London (ZSL). (2018). Living Planet Report 2018 Technical Supplement: Living Planet Index. 1–13.

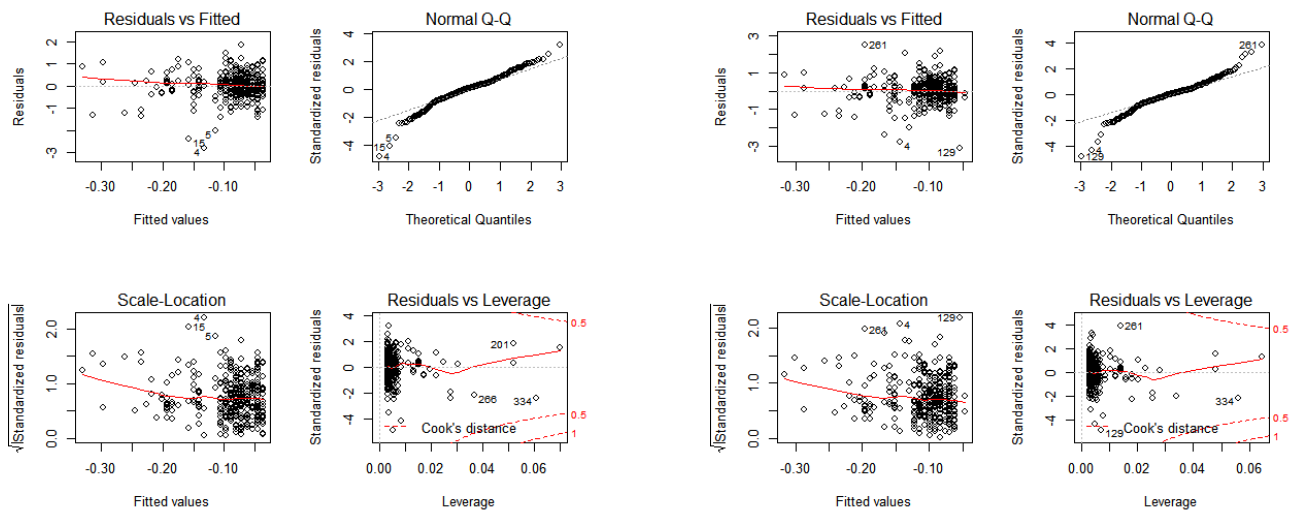
7 PŘÍLOHY

1a Amphibia – lineární regrese, doplňkové grafy pro Růst



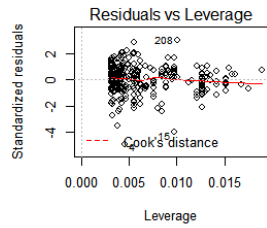
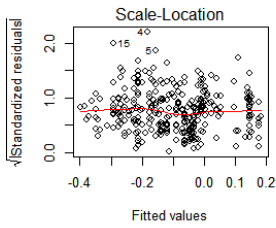
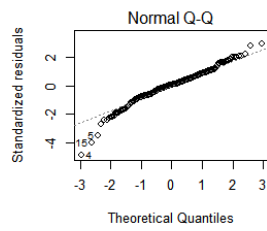
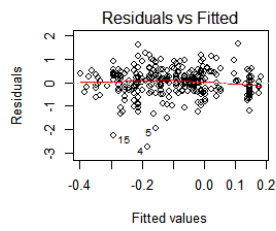
Obrázek 4a Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a počtem hodnot v sérii

Obrázek 4b Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem2 a počtem hodnot v sérii2

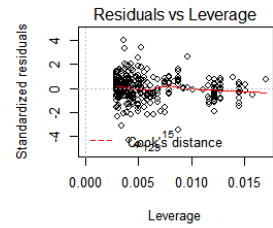
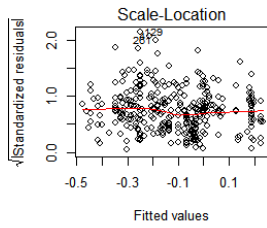
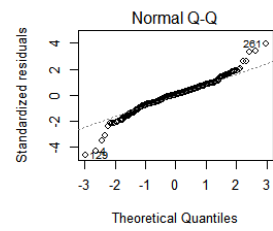
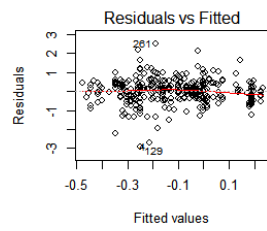


Obrázek 4c Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a délkou série

Obrázek 4d Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem2 a délkou série2

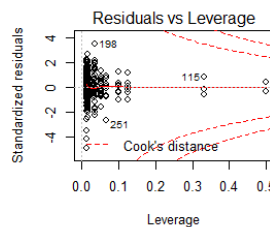
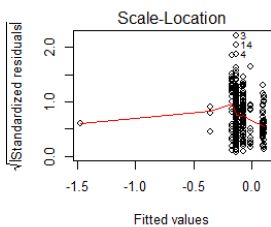
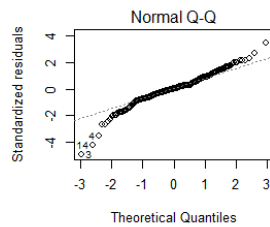
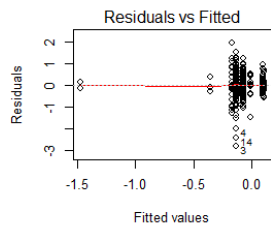


Obrázek 4e Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a prostředním bodem série

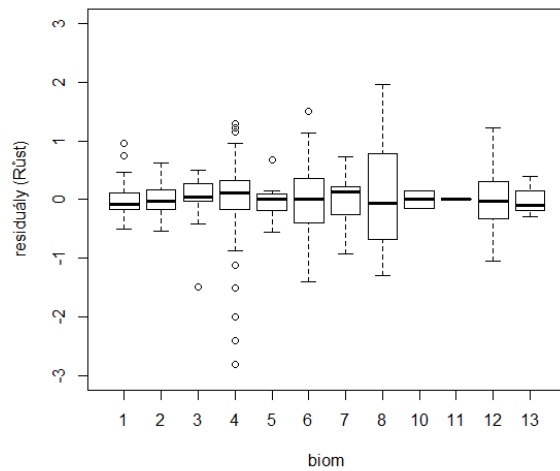


Obrázek 4f Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem2 a prostředním bodem série2

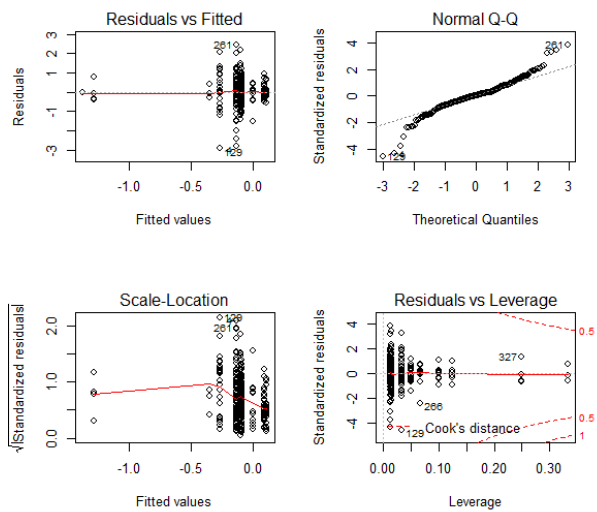
1b Amphibia – analýza variance, biomy



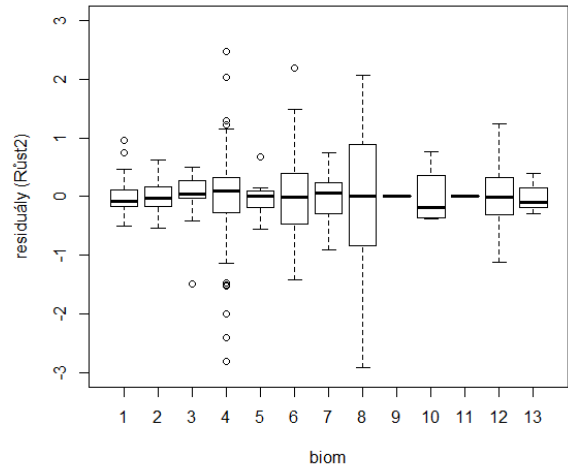
Obrázek 8a Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem a biomy



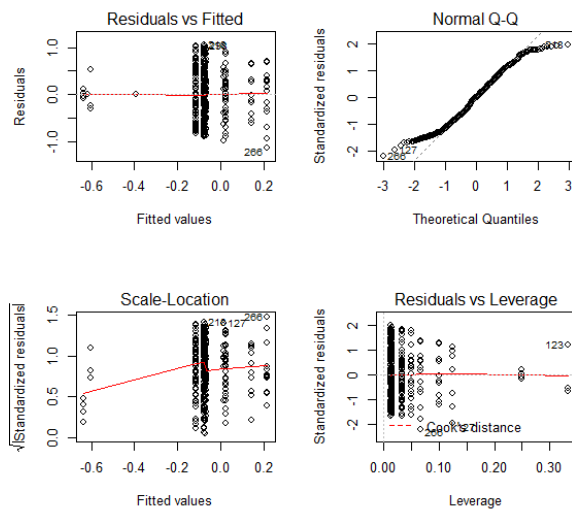
Obrázek 8b Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)



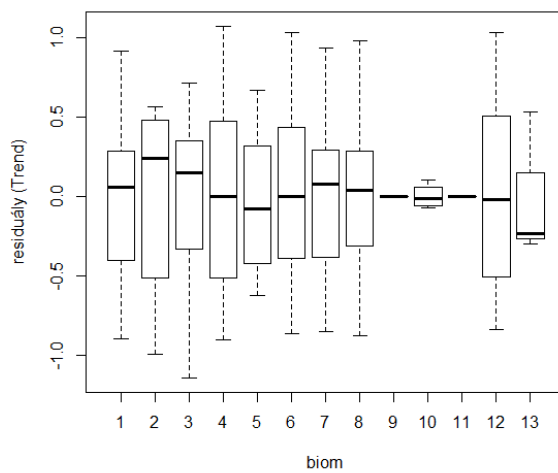
Obrázek 8c Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem2 a biomů



Obrázek 8d Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)

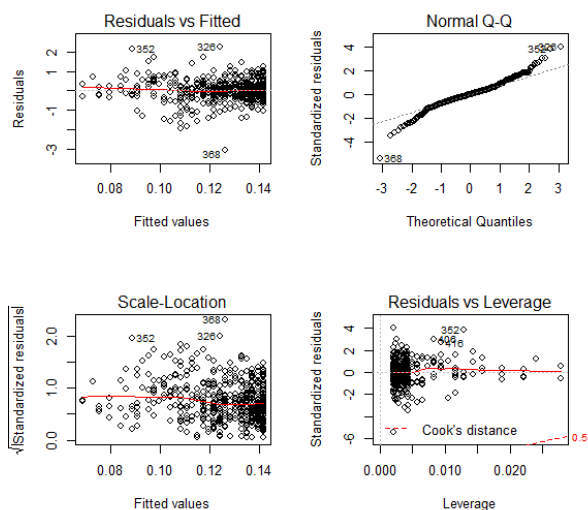


Obrázek 8e Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Trendem a biomů

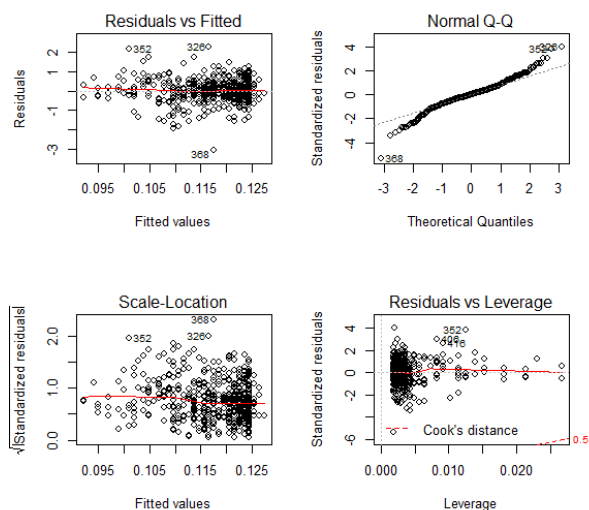


Obrázek 8f Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)

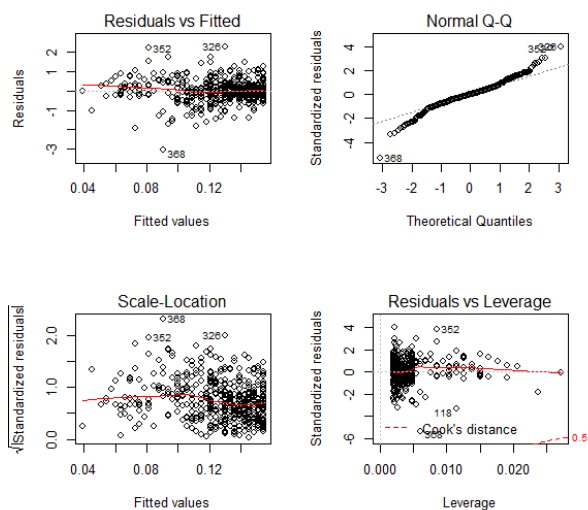
2a Reptilia – lineární regrese, doplňkové grafy pro Růst



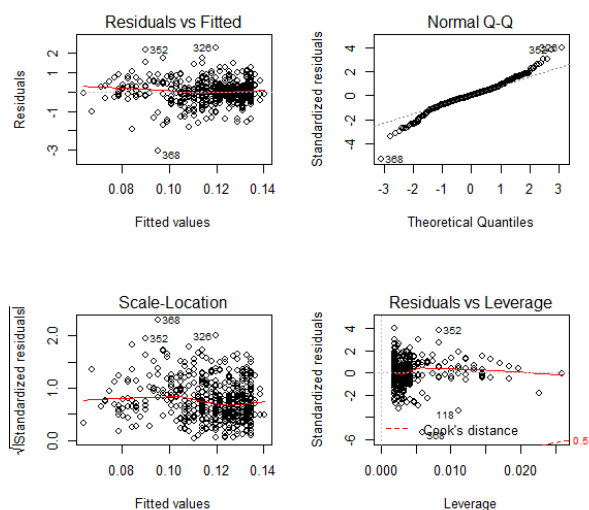
Obrázek 11a Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a počtem hodnot v sérii



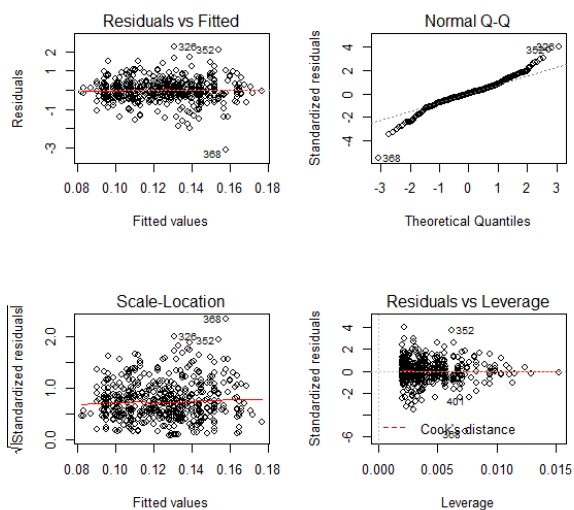
Obrázek 11b Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem2 a počtem hodnot v sérii2



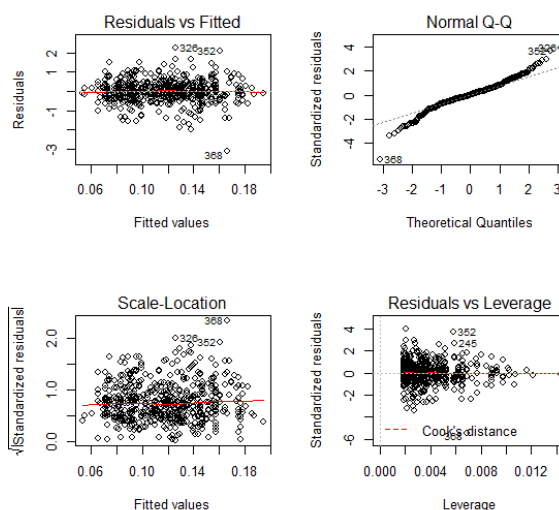
Obrázek 11c Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a délkou série



Obrázek 11d Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem2 a délkou série2

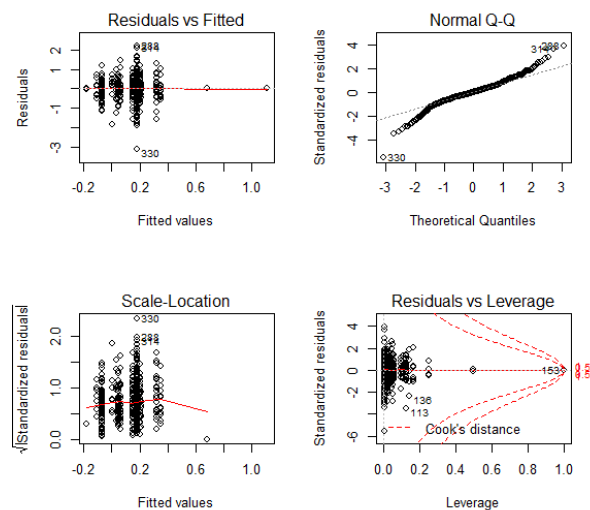


Obrázek 11e Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a prostředním bodem série

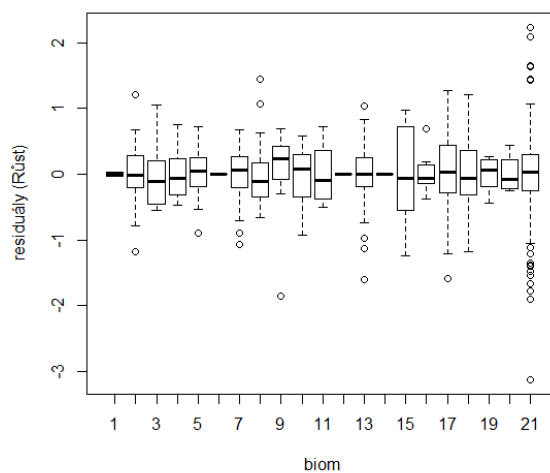


Obrázek 11f Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a prostředním bodem série2

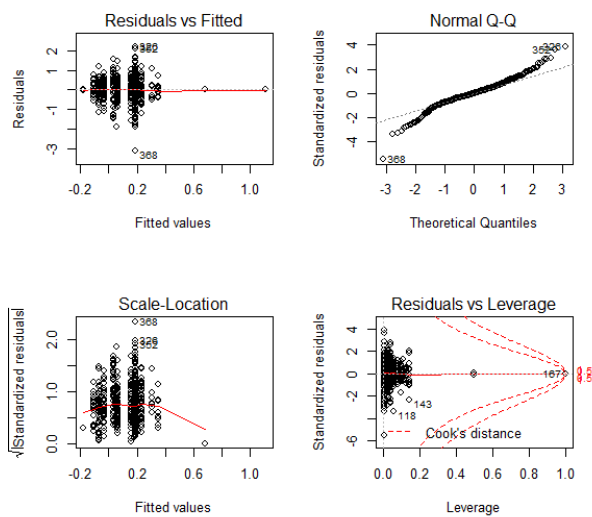
2b Reptilia – analýza variance, biomy



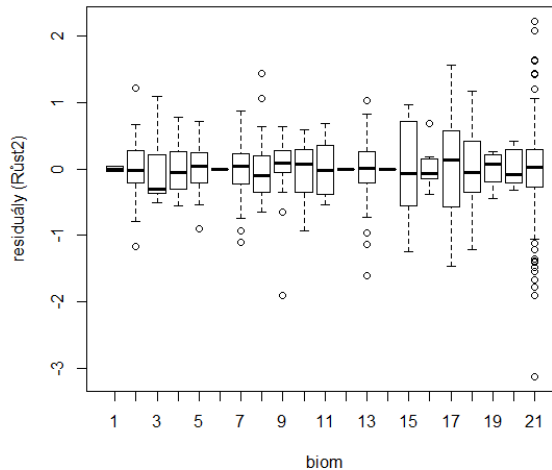
Obrázek 15a Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem a biomy; varování: nezobrazena 2 pozorování s přílišnou vahou (118 a 404), výskyt chybějících hodnot (NA)



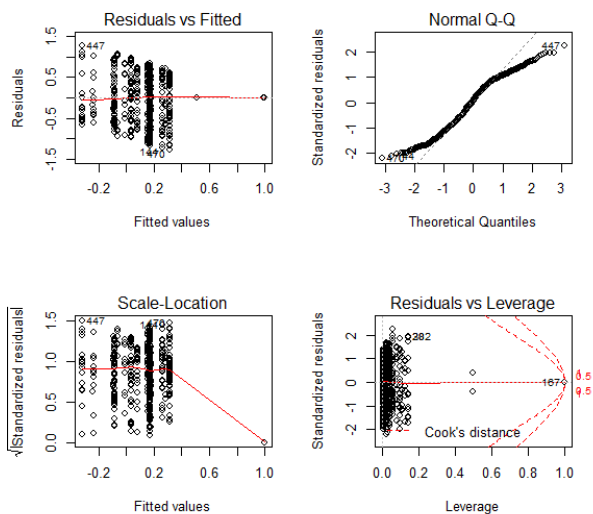
Obrázek 15b Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)



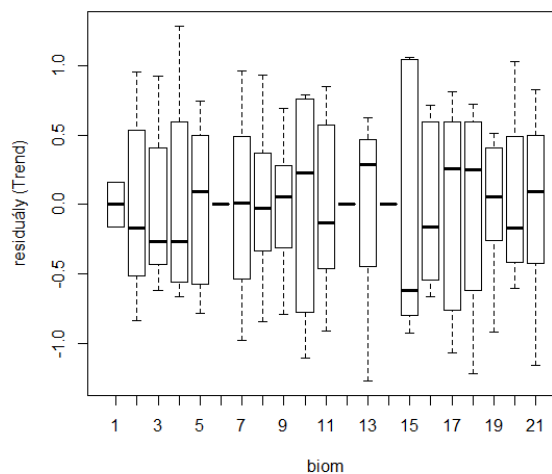
Obrázek 15c Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem2 a biomy; varování: nezobrazena 2 pozorování s přílišnou vahou (125 a 443), výskyt chybějících hodnot (NA)



Obrázek 15d Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)

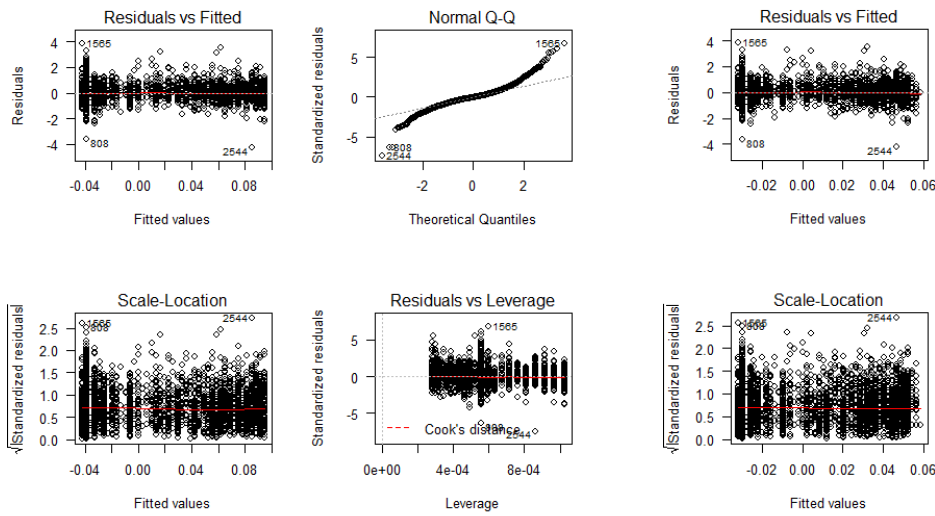


Obrázek 15e Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Trendem a biomy; varování: nezobrazena 2 pozorování s přílišnou vahou (125, 443), výskyt chybějících hodnot (NA)

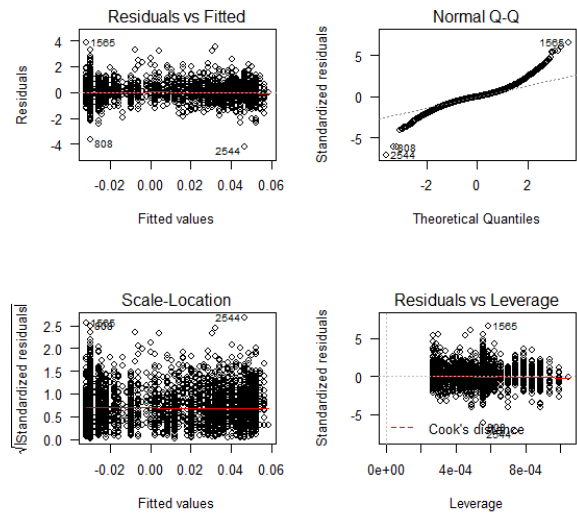


Obrázek 15f Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)

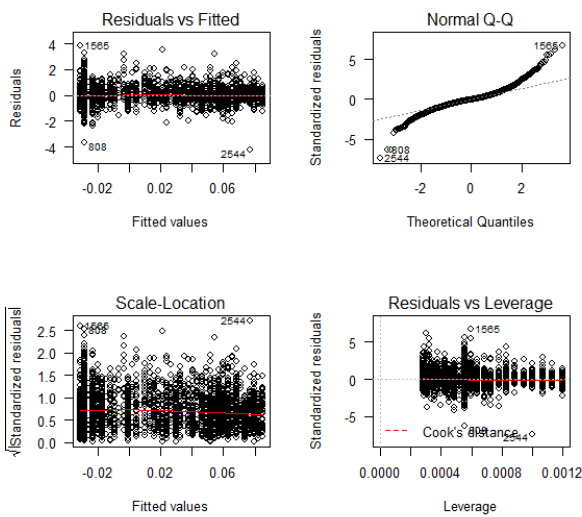
3a Aves – lineární regrese, doplňkové grafy pro Růst



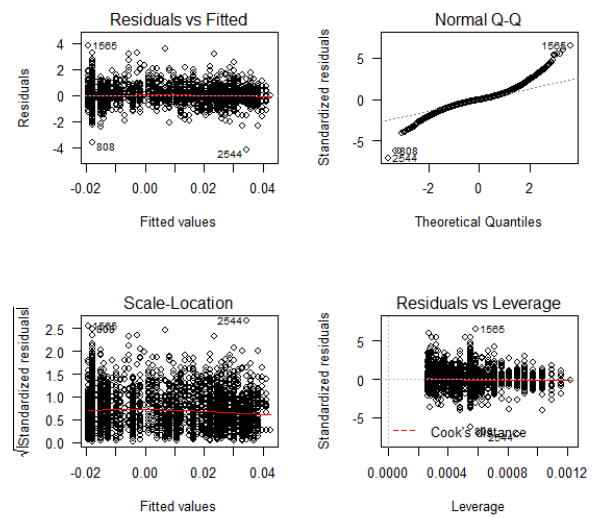
Obrázek 27a Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a počtem hodnot v sérii



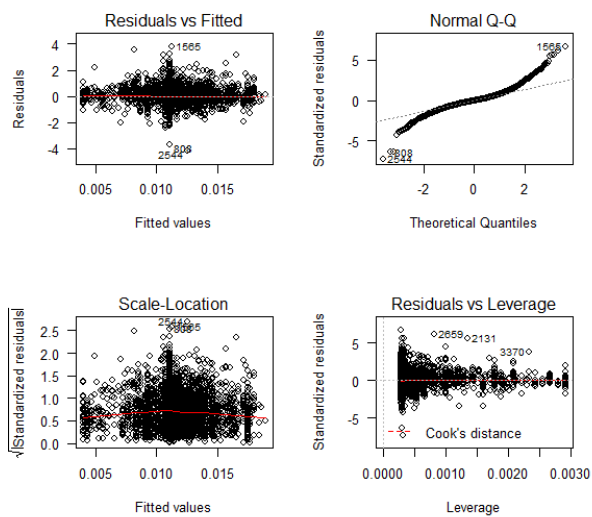
Obrázek 27b Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem2 a počtem hodnot v sérii2



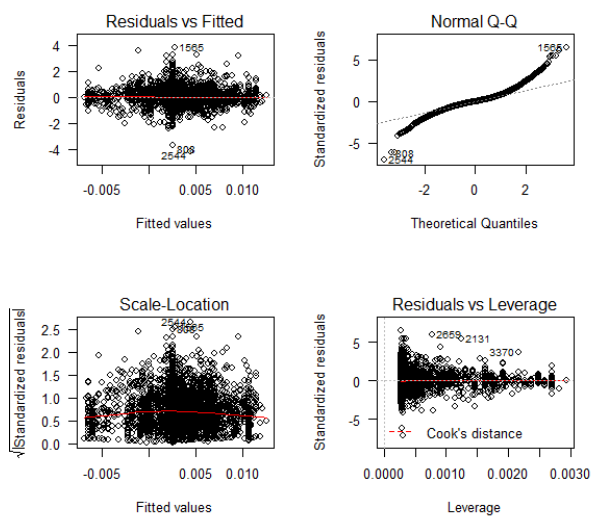
Obrázek 27c Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a délkou série



Obrázek 27d Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem2 a počtem hodnot v sérii2

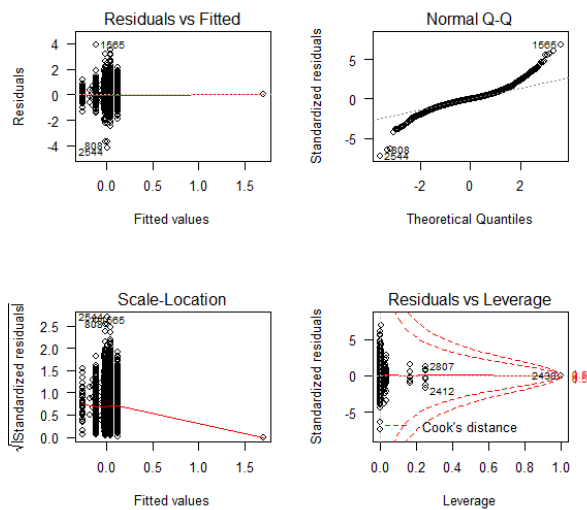


Obrázek 27e Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a prostředním bodem série

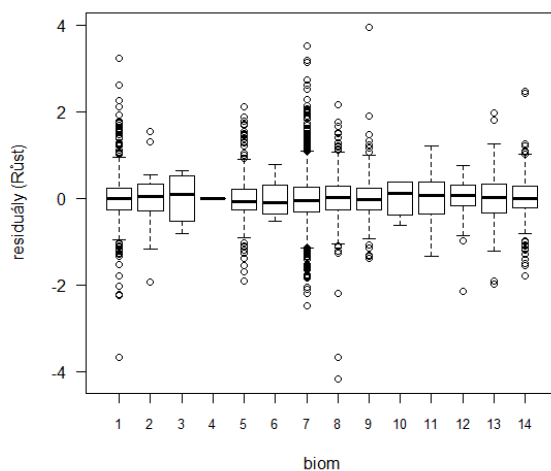


Obrázek 27f Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem2 a prostředním bodem série2

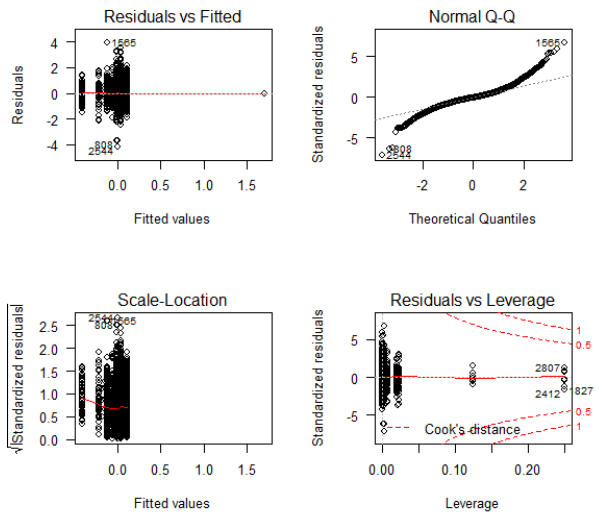
3b Aves – analýza variance, biomy



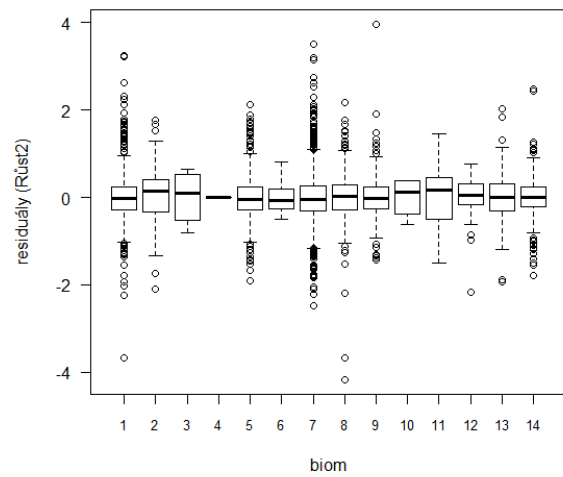
Obrázek 31a Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem a biomy; varování: výskyt chybějících hodnot (NA)



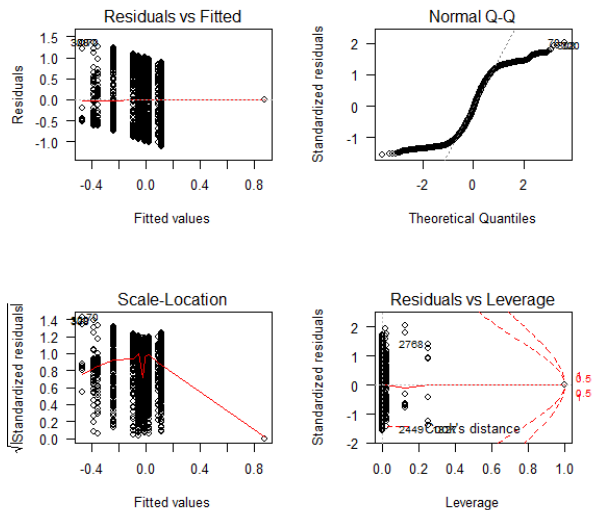
Obrázek 31b Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)



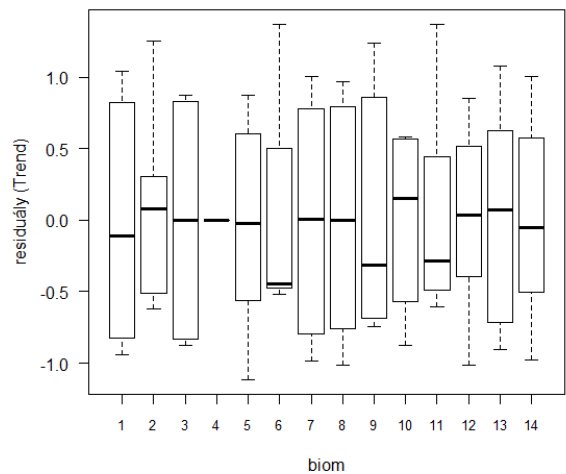
Obrázek 31c Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem2 a biomy; varování: nezobrazeno 1 pozorování s přílišnou vahou (2430)



Obrázek 31d Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)

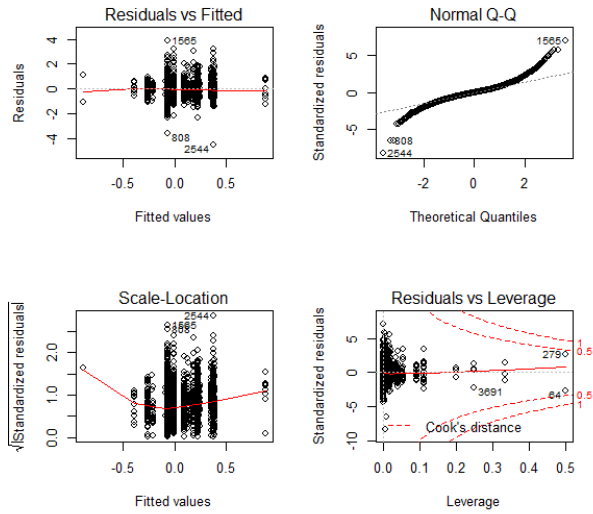


Obrázek 31e Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Trendem a biomy; varování: výskyt chybějících hodnot (NA)

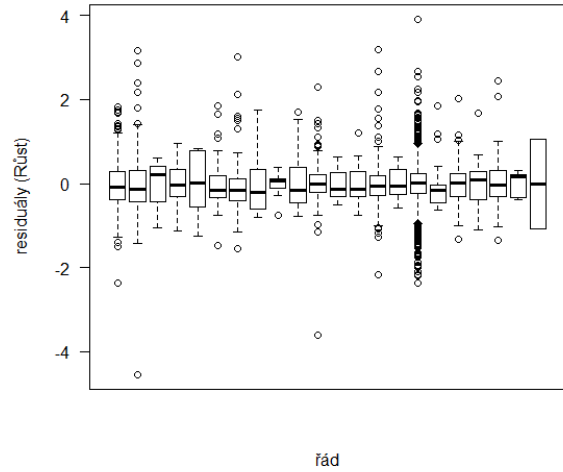


Obrázek 31f Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)

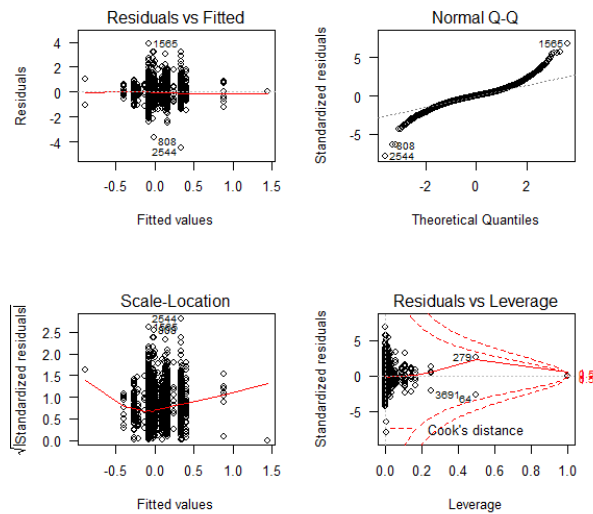
3c Aves – analýza variance, řády



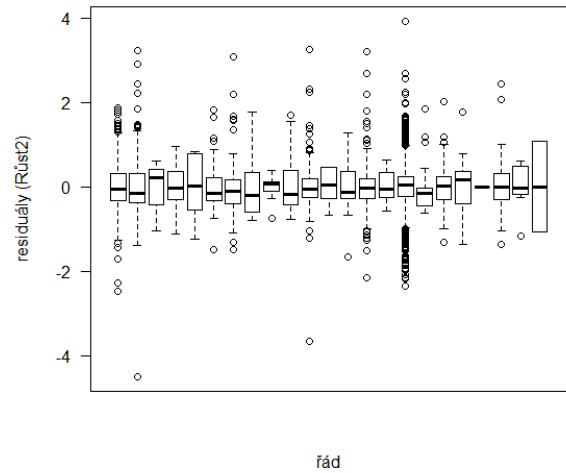
Obrázek 32a Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem a řády; varování: výskyt chybějících hodnot (NA)



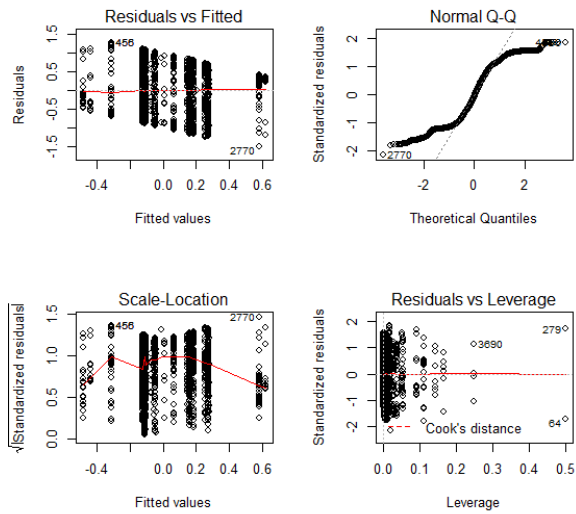
Obrázek 32b Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (řádů)



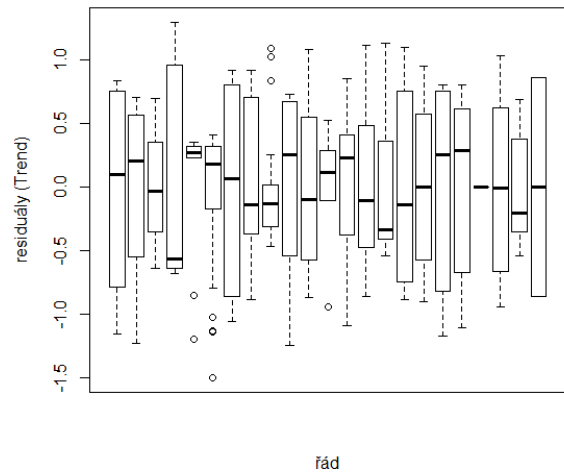
Obrázek 32c Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem² a řády; varování: výskyt chybějících hodnot (NA)



Obrázek 32d Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (řádů)

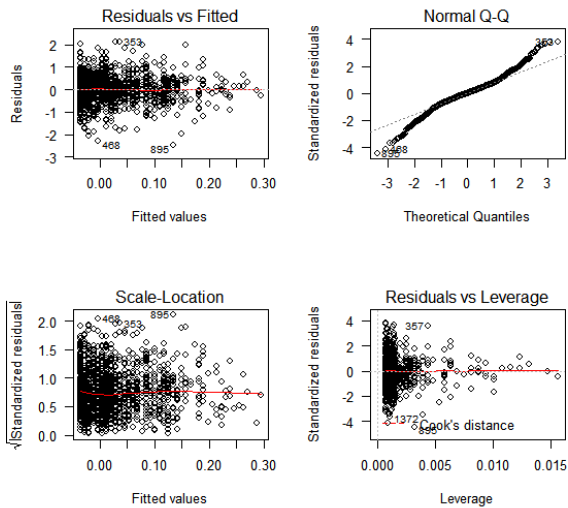


Obrázek 32e Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Trendem a řády; varování: nezobrazeno 1 pozorování s přílišnou vahou (74)

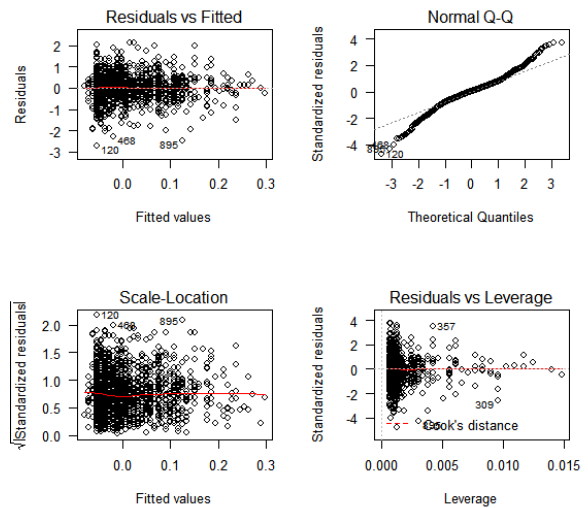


Obrázek 32f Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (řádů)

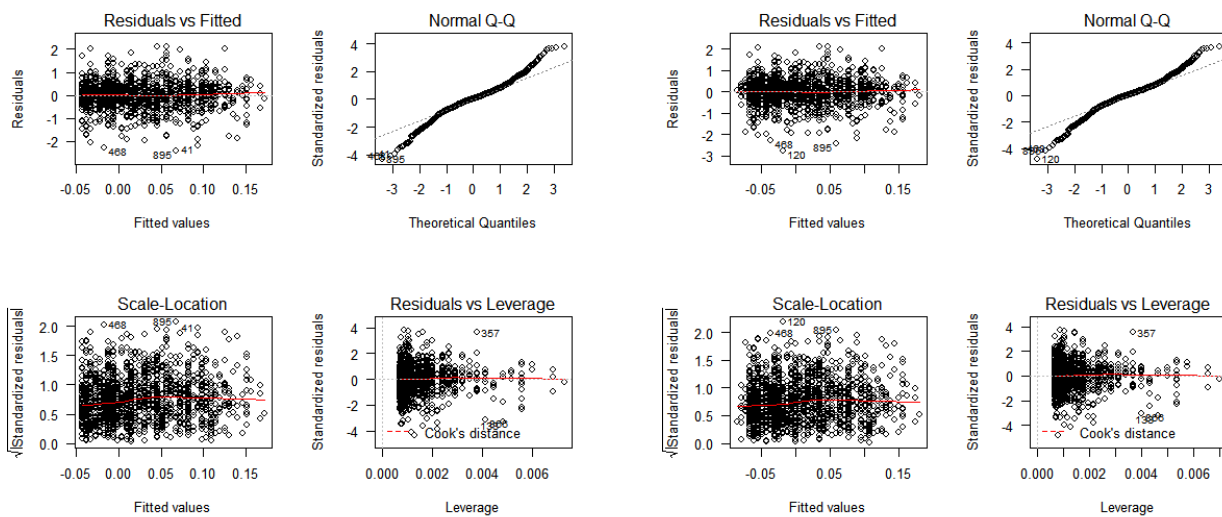
4a Mammalia – lineární regrese, doplňkové grafy pro Růst



Obrázek 42a Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a počtem hodnot v sérii

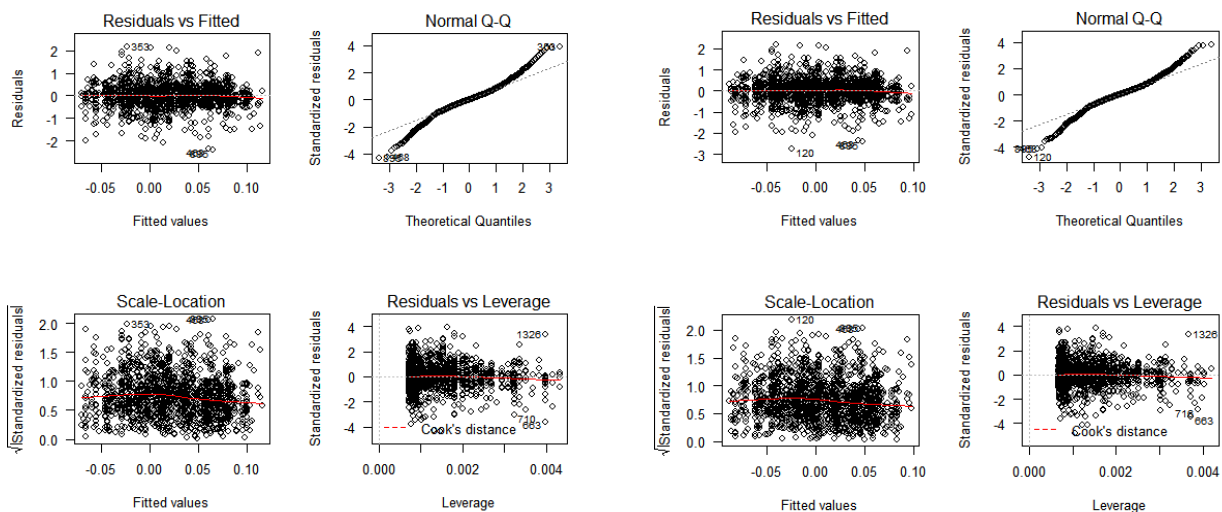


Obrázek 42b Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a počtem hodnot v sérii2



Obrázek 42c Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a délkou série

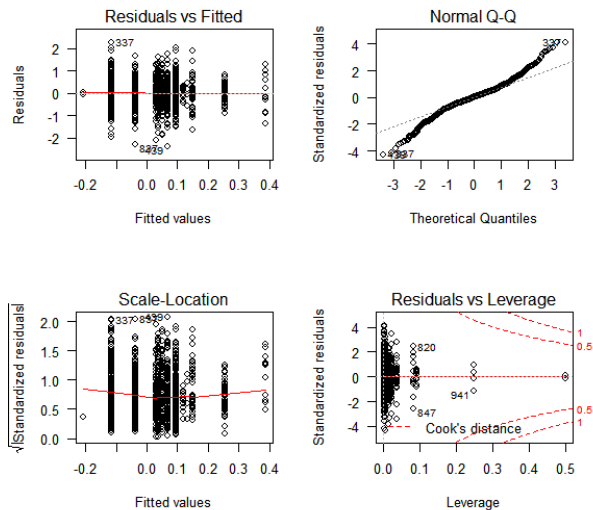
Obrázek 42d Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem2 a délkou série2



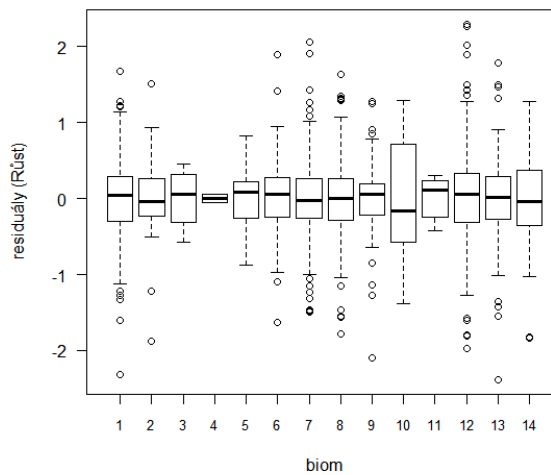
Obrázek 42e Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem a prostředním bodem série

Obrázek 42f Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů lineární regrese pro vztah mezi Růstem2 a prostředním bodem série2

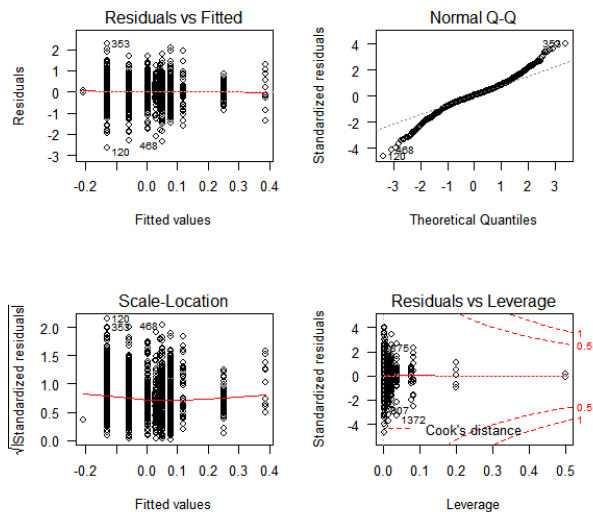
4b Mammalia – analýza variance, biomy



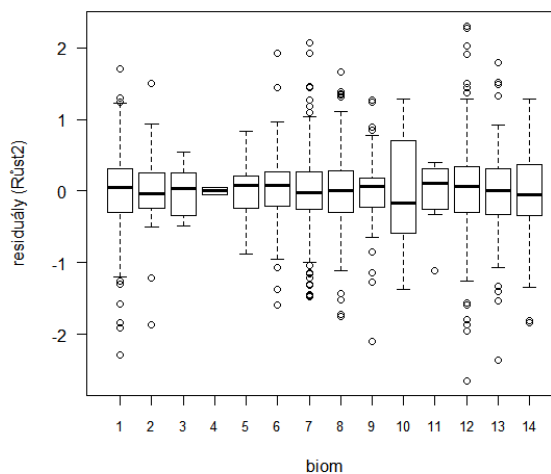
Obrázek 46a Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem a biomy



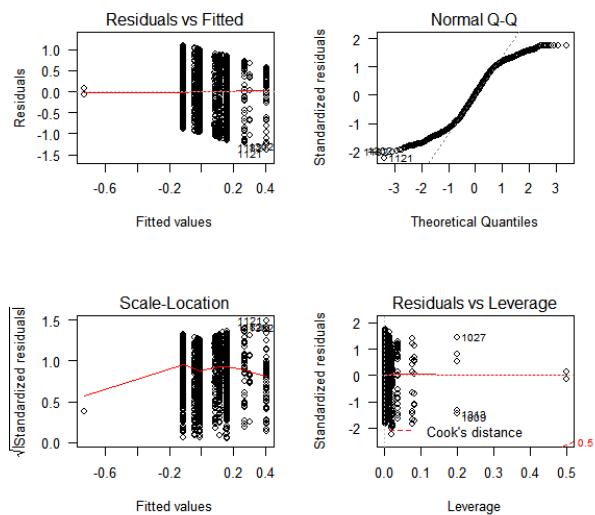
Obrázek 46b Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)



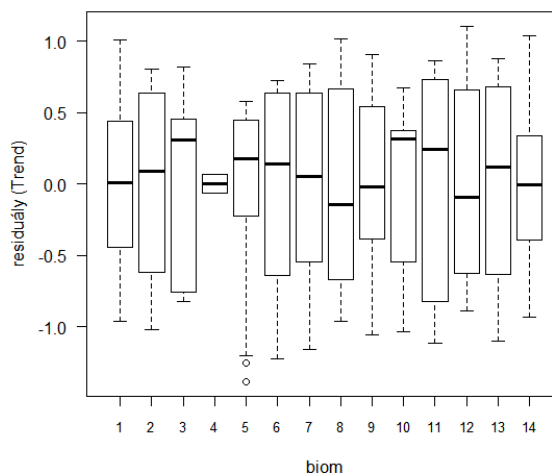
Obrázek 46c Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem² a biomy



Obrázek 46d Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)

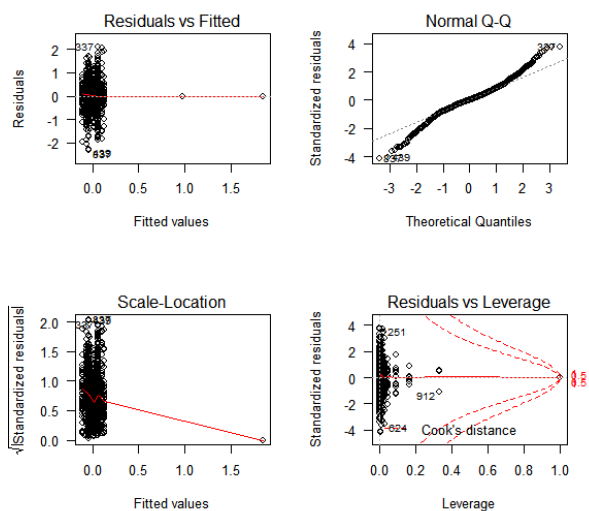


Obrázek 46e Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Trendem a biomy

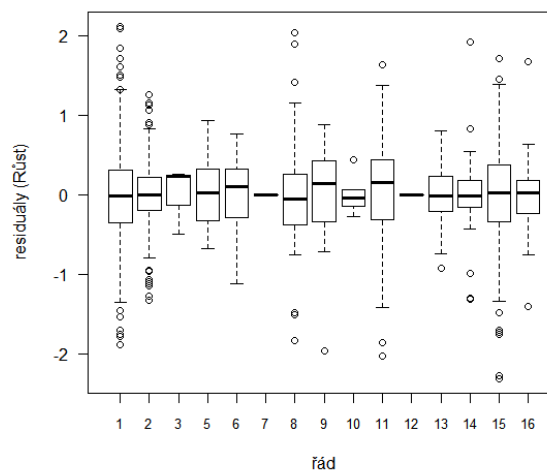


Obrázek 46f Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (biomů)

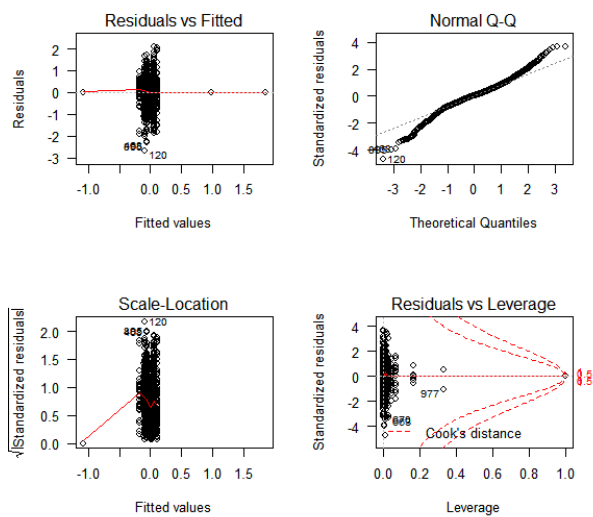
4c Mammalia – analýza variance, řády



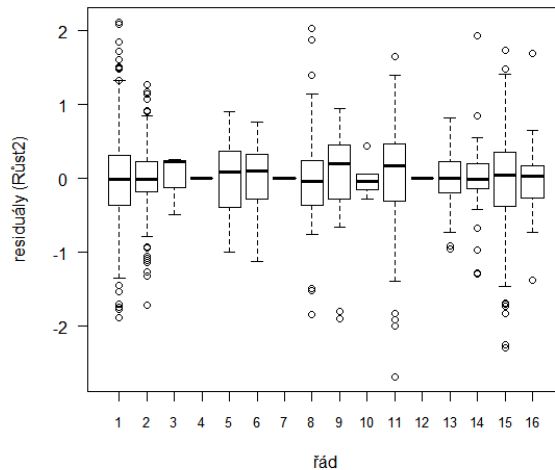
Obrázek 47a Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem a řády; varování: nezobrazeno 1 pozorování s přílišnou vahou (436), výskyt chybějících hodnot (NA)



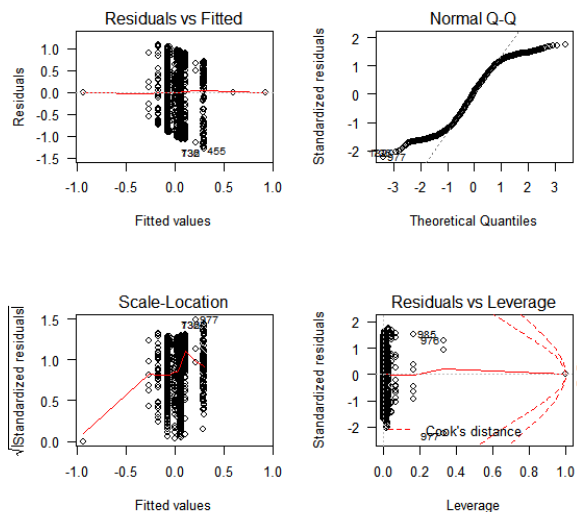
Obrázek 47b Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (řádů)



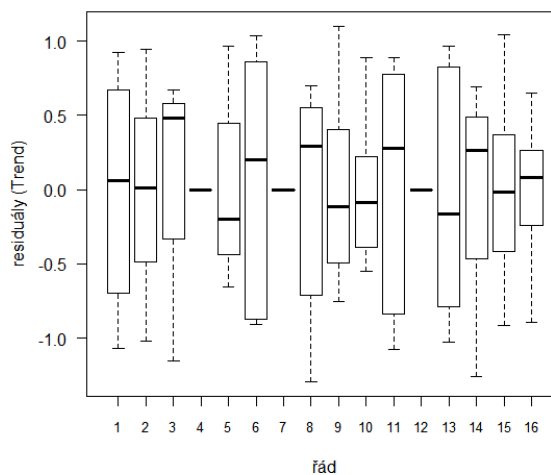
Obrázek 47c Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Růstem2 a řádky; varování: nezobrazena 2 pozorování s přílišnou vahou (451, 465), výskyt chybějících hodnot (NA)



Obrázek 47d Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (řádů)



Obrázek 47e Diagnostické grafy ověřující splnění předpokladů analýzy variance pro vztah mezi Trendem a řádky; varování: nezobrazena 2 pozorování s přílišnou vahou (451, 465), výskyt chybějících hodnot (NA)



Obrázek 47f Bližší rozbor třetího diagnostického grafu – rozptyl residuálů jednotlivých hladin faktoru (řádů)