

**Univerzita Karlova**  
**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie



**Kateřina Vobořilová**

Klimatické determinanty elevačního rozšíření tropických obratlovců

Climatic determinates of elevation ranges in tropical vertebrates

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. RNDr. David Hořák, Ph.D.

Praha, 2021

**Charles University**  
**Faculty of Science**

**Prohlášení:**

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

V Praze, dne

Podpis \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu doc. RNDr. Davidu Hořákovi PhD. za vedení a odbornou pomoc při zhotovení této práce. Dále bych také ráda poděkovala Riccardu Pernice MSc. za jeho pozitivní přístup a také Mgr. Olze Šimkové, za její cenné rady. Poděkování náleží také mým blízkým a kamarádům za velikou podporu.

## **Abstrakt**

Tropické oblasti jsou jedny z druhově nejbohatších ekosystémů na Zemi. Výrazná druhová bohatost těchto ekosystémů je patrná v počtu druhů obratlovců vzhledem k jejich rozmístění podél výškových gradientů. Rozšíření obratlovců podél nadmořských výšek je přirozeným jevem, kterým obratlovci reagují na různorodost abiotických podmínek. Ty spolu s geografickým rozmístěním hor, biotickými vlivy, termální fyziologií jednotlivých skupin obratlovců nebo také klimatickými změnami vytváří pro obratlovce specifické podmínky. Všechny tyto faktory mohou přispívat k rozšíření obratlovců do nižších, nebo naopak do vyšších nadmořských výšek. Rovněž mohou ovlivňovat altitudiální (výškovou) migraci, podle toho, jak jsou na ně jednotlivé druhy obratlovců přizpůsobení.

V této práci jsem se zaměřila na to, jak mohou jednotlivé abiotické determinanty jako je teplota, srážky a vzdušná vlhkost, ale také klimatické změny pozitivně, nebo negativně ovlivňovat areály rozšíření u čtyř skupin obratlovců podél výškových gradientů tropických hor.

**Klíčová slova:** teplota, srážky, oblačnost, tropy, nadmořská výška, geografické rozšíření druhová bohatost

## **Abstract**

Tropical regions are amongst the most diverse ecosystems on Earth. The significant species richness of these ecosystems is evident in the number of vertebrate species due to their distribution along altitudinal gradients. The distribution of vertebrates throughout altitudinal gradients is a natural phenomenon by which vertebrates respond to diverse abiotic conditions. Together with the geographic distribution of mountains, biotic influences, thermal physiology of individual vertebrate groups or climatic changes, these abiotic conditions create specific conditions for vertebrates. All of these factors may contribute to the spread of vertebrates to lower or higher altitudes. They may also influence altitudinal migration, depending on the adaptation of individual vertebrate species.

In this thesis I focused on how individual abiotic determinants such as temperature, precipitation and air humidity, as well as climatic changes, can positively or negatively influence the distribution ranges of four vertebrate groups along elevational gradients of tropical mountains.

**Keywords:** temperature, precipitation, cloudiness, tropics, elevation, geographical distribution, species richness

# Obsah

Úvod .....	1
1 Abiotické faktory .....	3
1.1 Teplota.....	3
1.1.1 Ektotermní a endotermní obratlovci.....	4
1.2 Srážky.....	4
1.2.1 Vzdušná vlhkost .....	6
1.3 Sezonalita .....	7
2 Janzenova hypotéza.....	8
3 Vliv jednotlivých abiotických faktorů na rozšíření obratlovců .....	10
3.1 Vliv teploty.....	10
3.1.1 Obojživelníci .....	10
3.1.2 Plazi .....	11
3.1.3 Ptáci .....	13
3.1.4 Savci .....	14
3.2 Vliv srážek.....	16
3.2.1 Obojživelníci .....	16
3.2.2 Plazi .....	17
3.2.3 Ptáci .....	18
3.2.4 Savci .....	20
3.3 Vliv sezónnosti.....	22
3.3.1 Altitudiální migrace.....	22
3.3.1.1 Obojživelníci .....	23
3.3.1.2 Plazi .....	24
3.3.1.3 Ptáci .....	24
3.3.1.4 Savci .....	25
4 Klimatické změny .....	27
4.1 Změny geografického rozšíření obratlovců v důsledku klimatických změn.....	28
5 Závěr .....	31
6 Seznam literatury .....	33

## Úvod

Tropické oblasti jsou domovem jedinečné a rozsáhlé biodiverzity. Nachází se mezi obratníky Raka a Kozoroha, v rozmezí od 0°–23°28' zeměpisných šířek, a to v Jižní a Střední Americe včetně Karibiku, v západní, východní, střední a jižní Africe včetně Madagaskaru, také v jihovýchodní a jižní Asii, dále na východním pobřeží Austrálie a také na Novém Zélandu (Oceánie) (Feeley 2018). Jsou charakteristické stálým klimatem během roku, takže zde nedochází k výrazným výkyvům teplot jako např. v mírném pásu (Janzen 1967; Gradstein 2008). Sezónní podmínky, které jsou pro tyto oblasti specifické, se vyznačují střídáním období sucha a období dešťů, tj. nerovnoměrným ročním úhrnem srážek (Gradstein 2008). Specifickými tropickými ekosystémy jsou tropické horské oblasti, které se vyznačují výrazně nižší teplotou vzduchu kvůli vyšší nadmořské výšce, a to jak v zimních, tak i v letních měsících. V tropických horských oblastech vlivem vzájemného působení abiotických podmínek vzniká specifické klima, které se může lišit vzhledem ke geografickému rozmístění, topografii a sklonu hor (Osborne 2000; Burley 2004; Holzman 2008; McCain 2009; McCain 2010; Jarvis 2011). Díky tomu vzniká v horách unikátní biodiverzita (Gradstein 2008; McCain 2009), která velmi citlivě reaguje na každou změnu globálního klimatu (Dick 2005).

Tropické hory jsou charakteristické vždyzelenými a poloopadavými lesy, které udržují nižší teplotu (Gradstein 2008), než jaká je v jejich okolí a také ovlivňují místní klima tím, že tvoří překážky pro mraky a pro úhrny srážek. Také se vyznačují vegetační zonací, kdy se vegetace proměňuje se stoupající nadmořskou výškou a měnicími se klimatickými podmínkami (Huey 1978; Burley 2004; Gradstein 2008). Největší zastoupení tropických horských lesů je ve Střední a Jižní Americe, kde převažují vysoké hory s vlhčím a teplejším klimatem (Gradstein 2008; Jarvis 2011). Tyto specifické klimatické podmínky umožňují vyšší biodiverzitu než oblasti, kde je klima sušší a teplota více fluktuuje (Burley 2004; Gradstein 2008). Díky tomu zde najdeme specifickou faunu a floru, která ale sdílí některé společné rysy (Myers 2000), jakým je například pokles biodiverzity podél elevačních gradientů (McCain 2009, 2010).

Prvním vědcem, který zaznamenal, že biodiverzita v tropických horských oblastech se liší podél nadmořské výšky v závislosti na rozdílných klimatických podmínkách, byl Alexander von Humboldt. V 18. století vytvořil koncept izoterm, což jsou linie, které spojují oblasti se stejnou teplotou v odlišných nadmořských výškách hor (Körner 2019). Propojením jednotlivých linií vznikají vegetační stupně, pomocí nichž můžeme lépe zkoumat jednotlivé oblasti podél výškového gradientu hor. Efekt výškového gradientu je nejlépe prostudovaný na změnách druhové bohatosti obratlovců. Je zřejmé, že diverzita obratlovců klesá s vyšší

nadmořskou výškou tropických hor (Rahbek 1995; Kattan 2004). McCain (2009) navrhl, jaké mohou být příčiny tohoto snižování. Zprvu je to způsobeno rozdílnými klimatickými podmínkami v odlišných nadmořských výškách (McCain 2009). Zadruhé je to dáno evolučně a historicky a za třetí prostorovým uspořádáním druhů obratlovců (mid-domain effect) (Grytnes 2013). Mid-domain effect je geometrický model, který říká, že největší druhová bohatost obratlovců je tam, kde se jejich areály náhodně a nejvíce překrývají, a to jsou ve většině případů oblasti středních nadmořských výšek (Colwell 2004; Kattan 2004; McCain 2009).

Obratlovci obývají takové areály, ve kterých mají největší pravděpodobnost přežití. Velikosti jednotlivých areálů závisí na vlastnostech daného prostředí (např: vegetace, klimatické podmínky) a také na vlastnostech obratlovců (např: specializace, velikost těla, termální fyziologie) (Sunday 2011). Určujícími faktory velikosti a distribuce areálů, jsou tedy jak biotické faktory, které souvisejí s vlastnostmi daného druhu, ale i vzájemnými vztahy s jinými jedinci či druhy (např. kompetice o potravu, predace, mutualismus) (Jankowski 2010), tak i geografická rozšíření areálů. Dále altitudinální (výškový) gradient, globální změna klimatu, také antropogenní činnost a v neposlední řadě abiotické faktory (teplota, srážky, vlhkost, sezónnost atd.) (McCain 2009), kterými se v této práci budu věnovat podrobněji. Ty mají různou důležitost pro odlišné skupiny obratlovců. Například ve vztahu k teplotě je klíčová termální fyziologie (závislost teploty těla na teplotě okolí), podle ní můžeme obratlovce rozdělit do dvou skupin, a to na endotermní (homoiotermní) a ektotermní (poikilotermní) (Prosser 1962).

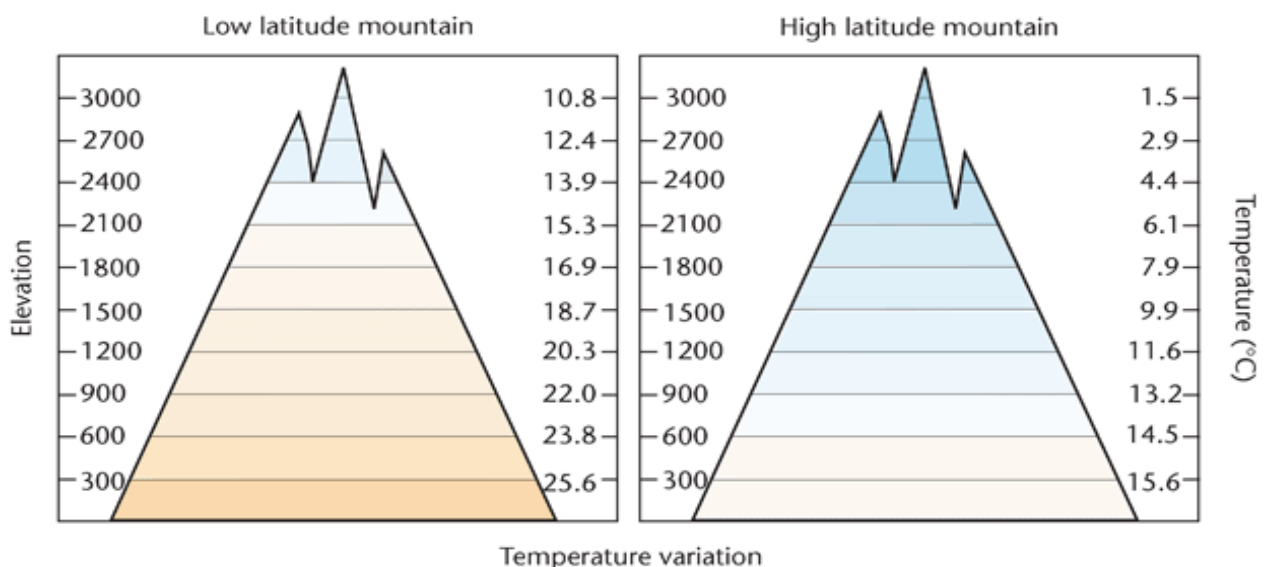
Cílem této práce je shrnout a porovnat dosavadní poznatky, které se týkají vlivu teplot, srážek, sezónních podmínek, vzdušné vlhkosti na rozšíření endotermních a ektotermních skupin obratlovců podél výškových gradientů hor. Dále uvést a vysvětlit základní hypotézu, která se týká rozšíření obratlovců podél elevačního gradientu tropických hor vzhledem k odlišným fyziologickým vlastnostem již zmíněných skupin obratlovců. A na závěr tato práce přiblíží problematiku klimatických změn a jejich důsledky na rozšíření obratlovců.

# 1 Abiotické faktory

Rozšíření tropických obratlovců podél výškových gradientů je z větší části dáno abiotickými faktory. Mezi ně patří teplota, srážky a vlhkost vzduchu (McCain 2009). Důležité jsou také interakce mezi jednotlivými abiotickými faktory, které mohou například způsobit velkou oblačnost a tím zajistit nižší teploty nebo vysokou vzdušnou vlhkost.

## 1.1 Teplota

Teplota je velmi důležitým faktorem pro všechny organismy. Ve vyšších nadmořských výškách se obratlovci obecně setkávají s nízkými teplotami, které pro ně mohou být ve většině případů limitující (Şekercioğlu 2012; Tallwin 2017). Průměrná teplota lineárně klesá se stoupající nadmořskou výškou o 0,6 °C na 100 m, jak je uvedeno na obr. 1 (Barry 1992; Osborne 2000; McCain 2007; McCain 2010). V závislosti na tomto fenoménu se mění vegetace, snižuje se produktivita prostředí a také zastoupení druhů obratlovců (McCain 2010). Průměrné roční teploty lehce fluktuují, ale nemění se v závislosti na zeměpisné šířce (McCain 2009). Mírné horské oblasti jsou oproti tomu charakteristické větší proměnlivostí teplot během roku (Jarvis 2011). Například v kostarických horách je teplota po celý rok téměř neměnná, naopak ve Skalistých horách se jedná o výrazné změny mezi teplotami ve vyšších a nižších nadmořských výškách (McCain 2009). Teplota je tedy důležitým abiotickým faktorem, který může ovlivnit areály rozšíření u obratlovců, ale záleží na tom, jak jsou na ni jednotlivé skupiny obratlovců závislé prostřednictvím jejich tepelné tolerance.



Obr. 1: Porovnání teplot podél gradientu dvou horských oblastí. Pravý sloupec představuje tropické oblasti (např. Venezuela) a levý sloupec mírné oblasti (USA) podle McCain (2010).



### 1.1.1 Ektotermní a endotermní obratlovci

Pro pochopení rozšíření a ekologických nároků u terestrických skupin obratlovců podél výškových gradientů je zapotřebí zmínit jejich způsob hospodaření s tělesnou teplotou (Huey 1991; Khaliq 2014). Skupiny obratlovců reagují odlišným způsobem na klimatické podmínky v prostředí, ve kterém se nacházejí. Vzhledem k jejich termální fyziologii je můžeme rozdělit do dvou větších skupin, a to na endotermní a ektotermní obratlovce.

Skupina endotermních obratlovců je charakterizována produkcí metabolického tepla, které jim pomáhá udržovat stálou tělesnou teplotu (Porter 1969; Seebacher 2009). Díky tomu mohou reagovat na postupné změny klimatických podmínek (Forero-Medina 2011).

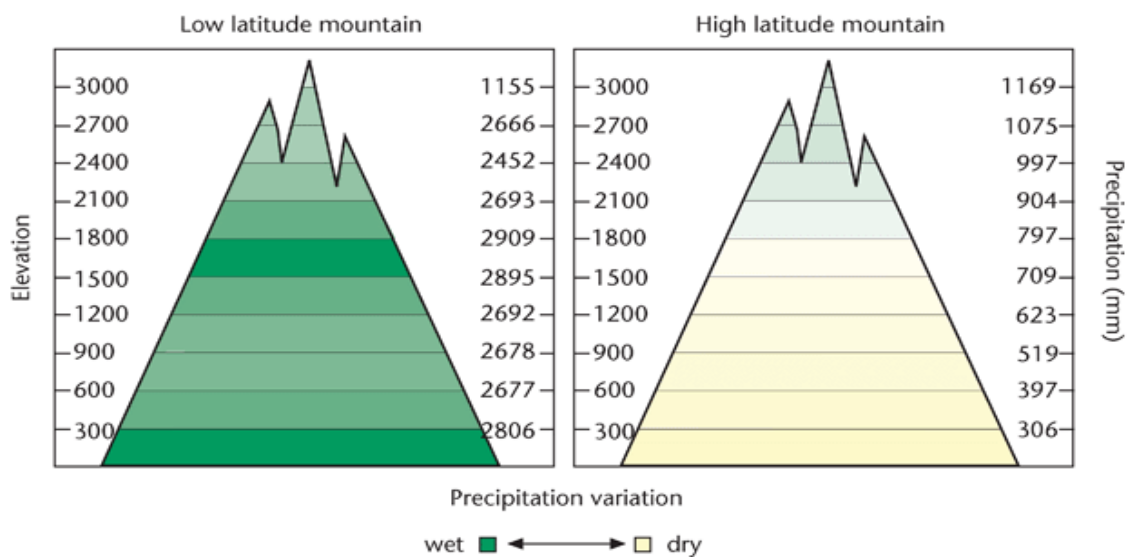
Skupina ektotermních obratlovců je charakterizována nestálou tělesnou teplotou, to znamená, že teplota jejich těla je závislá na okolním prostředí (tj. teplotě vzduchu, intenzitě slunečního záření, vlhkosti, úhrnu srážek, lesním porostu) (Porter 1969; Seebacher 2009; Huang 2020). Do této skupiny řadíme obojživelníky a plazy. Plazi, konkrétně hadi a ještěři, jsou oproti obojživelníkům více vázáni na příjem tepla ze slunečního záření (Pearson 1976; Hung 2020). Naopak obojživelníci stráví méně času vyhříváním než plazi (Hawkins 2003). O ektotermních obratlovcích můžeme mluvit jako o teplotních specialistech, kteří se snaží žít v méně proměnlivých klimatických podmínkách, a mohou se na ně lépe adaptovat (Seebacher 2009). Podle Khaliq (2014) a Chan (2016) jsou ektotermní obratlovci upřednostňováni hlavně v takových oblastech, ve kterých teploty během dne více fluktuují, ale sezónní rozsah teplot je nižší. Naopak je tomu u endotermních obratlovců, kteří si můžou dovolit větší fluktuace teplot vlivem sezónních podmínek během roku (Chan 2016). Tento rozdíl může být patrný ve vztahu k vegetaci. V lesích je obecně stálejší a chladnější klima, proto tam většinou převažují endotermní obratlovci. Zatímco otevřená stanoviště jsou doménou plazů, kteří zde nacházejí možnosti k termoregulaci (vyhřívání, úkryty).

## 1.2 Srážky

Roční úhrny srážek se pohybují v tropických oblastech převážně od 2000 mm–10 000 mm (Jeník 1995). Burley (2004) uvádí, že průměrné roční srážky jsou závislé na geografickém rozmístění hor a pohybují se od 500 mm do 10 000 mm.

Vzhledem k velkým úhrnům srážek se tyto oblasti vyznačují vysokou vlhkostí, která je udržována horskými lesy a díky tomu i trvale sníženou teplotou. Srážky se mohou v tropických oblastech vyskytovat v podobě deště, horizontálních srážek, které vznikají kondenzací vodní páry, nebo sněhové pokrývky, jež se vyskytuje ve vysokohorských oblastech (Barry 1992;

McCain 2010). Tropické a mírné oblasti se mezi sebou liší v úhrnu srážek v závislosti na nadmořské výšce, jak je patrné z obr. 2. V mírných oblastech se míra úhrnu srážek kontinuálně zvyšuje podél nadmořské výšky, zatímco v tropických oblastech se nejvíce srážek vyskytuje ve středních nebo nižších nadmořských výškách. Jednotlivé přechody, tedy zonace, které jsou evidentní vzhledem ke změnám vegetace a druhového zastoupení se stoupající nadmořskou výškou, jsou způsobeny kombinacemi teplot a srážek, které vytvářejí specifické klimatické podmínky (McCain 2010).



Obr. 2: Porovnání množství srážek u elevačních gradientů dvou horských oblastí. Levý sloupec představuje oblast tropického pásma (Venezuela) a pravý oblast mírného pásma (USA) podle McCain (2010).

Množství srážek může být také ovlivňováno nebo regulováno například pasáty nebo monzuny. Pasáty jsou větry v intertropické zóně konvergence. Tato zóna je charakteristická úzkým pásem oblačnosti, jejíž výskyt je především v rovníkových oblastech. Tyto větry způsobují velice intenzivní srážky (Schneider 2014). Pasáty také souvisí se vznikem bouří, které se podobně jako silné deště vytvářejí a vyvíjejí v tropických oblastech nad teplými oceány a postupují směrem k pevnině (McDonald 2005). Příkladem mohou být tropické bouře nazývané hurikány, nebo tajfuny, jejichž výskyt je v oblastech sníženého tlaku nad oceánem (Houze 2010).

Monzuny jsou sezónní větry, které specificky ovlivňují oblasti především jihovýchodní Asie. Například na Taiwanu monzuny způsobují roční průměrný úhrn srážek okolo 2500 mm, (kromě vlhkosti), který ovlivňuje teplotu v nížinných, středních a vyšších nadmořských výškách. Ve středních či vysokohorských oblastech budou monzuny způsobovat chladné klima,

přestože v nížinných oblastech (tropických a subtropických) bude mít klima stále teplejší a vlhčí charakter (Huang 2020).

### 1.2.1 Vzdušná vlhkost

Vzdušná vlhkost se v tropických horských oblastech vyskytuje v různých podobách a může být výsledkem vzájemného působení různých klimatických faktorů, například vysokých srážkových úhrnů, teploty, proudění vzduchu nebo rozsáhlých mlh vyskytujících se ve vlhkých tropických horských oblastech, které obklopují horské lesy (Hu 2016). Mlhy vznikají kondenzací vodních par a jejich výskyt mimo jiné ovlivňuje pronikání světla mezi vegetací, jako například v karibských horských lesích (Cavelier 1989).

Sytá vysokohorská oblaka způsobují nižší teploty a převážně vlhčí charakter klimatu (Stadmüller 1987), díky čemuž se výrazně méně projevuje období sucha (Pounds 1999). Například v zalesněných oblastech andských hor se úhrny srážek a relativní vlhkost zvyšovaly s rostoucí nadmořskou výškou, ale teploty vzduchu a sluneční záření se naopak snižovaly (Jarvis 2011; Ramírez 2017). V takových oblastech se rozprostírá pás mlžných a oblačných lesů, jak je tomu například v Monteverde v pohoří Cordillera de Tilarán v Kostarice (Stadmüller 1987; Pounds 1999; Burley 2004). Klimatické podmínky oblačných lesů jsou velice proměnlivé podle toho, kde se vyskytují. Jarvis (2011) se zabýval analýzou tropických oblastí na studovaných kontinentech (Afrika, Latinská Amerika včetně Karibiku, jihovýchodní Asie) a stanovil pro ně průměrné roční klimatické hodnoty. Zjistil, že oblačné lesy se vyskytují od 220 do 5005 m n. m. Oblačné lesy, které mají charakter vlhkých lesů se nachází v Latinské Americe, Karibiku a Asii a jejich průměrná měsíční hodnota srážek je kolem 2500 mm. Jejich sezónnost je nižší oproti oblačným lesům v Africe, kde Jarvis (2011) uvádí sušší lesy v pohoří Simon ve východní Etiopii s průměrnými srážkami kolem 1500 mm za rok. Naopak na západním pobřeží u Guinejského zálivu mají lesy nejvyšší sezónnost srážek. Na jihozápadním pobřeží v oblasti hory Mt. Kamerunu mohou dosahovat kolem 12 000 mm za rok (Manga 2014).

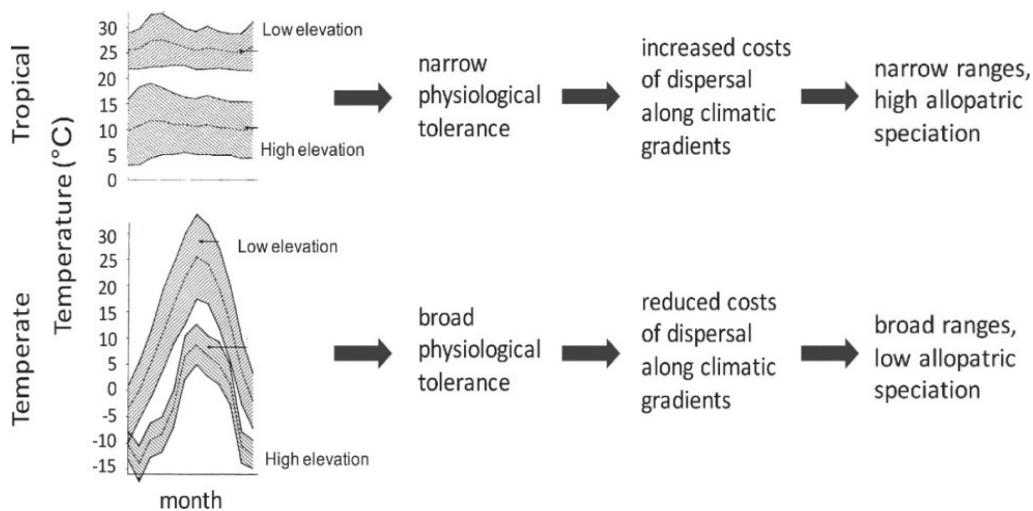
Teploty jsou pro jednotlivé kontinenty zcela podobné. Kromě denního teplotního rozmezí v Asii, která má většinou nižší teploty kolem 9,3 °C, v Africe se teplota pohybuje okolo 10,4 °C a v Latinské Americe a Karibiku byla teplota stanovena na 10,3 °C. Stálá vlhkost a poměrně nízké teploty vyhovují například epifytickým rostlinám, které jsou využívány jako materiál pro stavbu hnízd, nebo se uplatňují jako potrava pro některé druhy ptáků (Stadmüller 1987; Şekercioğlu 2012).

### 1.3 Sezonalita

Sezónní podmínky se v tropických oblastech vyznačují střídáním období sucha a období dešťů. Období sucha je v nížinných oblastech mnohem výraznější, a také delší, než je tomu ve středních nadmořských výškách u některých hor, kde se mohou vyskytovat rozdíly také mezi návětrnou a závětrnou stranou (Boyle 2010). Boyle (2011) ve své práci uvádí, že vyšší zastoupení srážek omezuje menší druhy ptáků. McGuire (2013) uvádí podobný trend také pro letouny (Chiroptera). Stálé a silné deště jsou pro obratlovce nepříznivým faktorem, protože srážky, s nimi spojené chladné podnebí a vlhko mohou negativně ovlivňovat například dobu vyhledávání potravy (Boyle 2010; McGuire 2013). Týká se to hlavně frugivorních, nektarivorních a insektivorních druhů, které jsou specializované na určitý typ potravy (Preston 2008). Jednou z možných reakcí tropických obratlovců na změny sezónních podmínek je altitudiální migrace. (Podrobněji viz samostatná kapitola 4.4.1.)

## 2 Janzenova hypotéza

V roce 1967 představil americký profesor biologie Daniel Hunt Janzen tzv. hypotézu, sezónnosti (Janzen's "seasonality hypothesis") (Janzen 1967; Sheldon 2018). Janzen v ní propojil vliv klimatických podmínek a fyziologických vlastností živočichů, jejich následné odpovědi na ekologické podmínky a možnou distribuci druhů podél elevačních gradientů včetně jejich adaptace (Ghalambor 2006; McCain 2009). Jeho hypotéza se zabývá charakterem klimatických podmínek v mírném a tropickém pásu, které mohou být hlavním faktorem ovlivňujícím rozšíření obratlovců v různých nadmořských výškách (Janzen 1967; Ghalambor 2006). Na základě svých teoretických úvah Janzen došel k závěru, že „horské průsmyky“ jsou pro obratlovce hůře překonatelné v tropických oblastech, než v mírných oblastech (Janzen 1967). Autorova predikce pro mírné oblasti předpokládá, že z důvodu překrývání se sezónních teplot, budou mít zdejší obratlovci širší rozsah rozšíření a budou lépe adaptováni na výkyvy teplot (Janzen 1967; Stevens 1992; Ghalambor 2006). Naopak asezónní teplotní podmínky v tropických horských oblastech představují pro obratlovce užší rozsah rozšíření se sníženou adaptací na výkyvy teplot (Janzen 1967; Rahbek 1997), jak je uvedeno na obr. 3. V mírných oblastech jsou tedy obratlovci spíše teplotními generalisty a v tropických oblastech by se naopak jednalo o teplotní specialisty (Cadena 2012; Quintero 2018).



Obr. 3: Schematické zobrazení Janzenovy hypotézy, která představuje sezónní změny teplot pro místa s nízkou a vysokou nadmořskou výškou v tropickém a mírném pásu (Janzen 1967; převzato z Ghalambor 2006 a upraveno).

Janzen (1967) uvádí, že tropické horské oblasti izolují především vysokohorské populace stálých druhů ptáků od teplejších a nižších nadmořských výšek. Je to z důvodu poměrně stálých teplot ve vyšších nadmořských výškách. Ty způsobí zúžení jejich dosavadních areálů a snížení

jejich schopností se přizpůsobit rozdílným teplotním výkyvům podél elevací. Může to být způsobeno tím, že jednotlivé druhy nemusí být jak evolučně, tak ekologicky adaptovány na teplotní režimy mimo dané horské oblasti. Kvůli tomu mnohé populace druhů nejsou schopny překročit překážky ve vyšších nadmořských výškách (Ghalambor 2006; Gradstein 2008) a případně mění pouze své výškové rozsahy (Heyer 1967; Wake 1976; McCain 2009; Pintanel 2019).

Huey (1978) byl mezi prvními vědci, kteří se pokusili otestovat Janzenovu hypotézu u zástupců ektotermních obratlovců. Ve své analýze se zabýval devíti horskými přechody v tropickém a mírném pásmu, konkrétně v oblasti Tilaránu v Kostarice a v Lassen Peak v Kalifornii. Zaměřil se na konkrétní obratlovce jako žáby, ještěry a hady. Stanovil jejich výškové areály a jeho výsledky poukázaly na mnohem užší rozsahy podél výškového gradientu v Tilaránu v Kostarice, než tomu bylo v analogickém prostředí v mírném pásmu. Tedy Janzenovy predikce byly potvrzeny.

Wake (1976) se věnovali podobným trendům u tropických mloků. Testovali geografické rozšíření u devíti druhů mloků z čeledi mločkovitých (Plethodontidae) v oblastech Střední a Severní Ameriky. Zaměřili se na jejich konkrétní rozšíření podél nadmořských výšek, bez zeměpisné šířky. Ukázalo se, že ve Střední Americe počet druhů mloků osciluje v závislosti na geografickém rozšíření konkrétních druhů a na topografii jednotlivých oblastí. Druhy, které se vyskytují ve vyšších nadmořských výškách, mají užší elevační rozsahy než ty, které se vyskytují v nižších nadmořských výškách (Wake 1976), což opět podporuje Janzenovu hypotézu (Heyer 1967; Huey 1978).

Janzenovu hypotézu testovali také Ghalambor (2006) a McCain (2009). Ve své práci poukázali na to, že termální fyziologie obratlovců může ovlivňovat jejich rozšíření podél nadmořských výšek. Dále také upozorňují na sezónní klimatické rozdíly, které mohou hrát roli nejen v konkrétně studovaných oblastech, ale také mezi nimi. Pro doložení teplotních rozsahů sledovali po dobu 6 až 12 měsíců celkem 30 lokalit, které se nacházely v místě překrytí mezi jednotlivými oblastmi. Vypočítanými hodnotami bylo možné proložit přímkou, jež ukazuje, že s rostoucí nadmořskou výškou se snižuje možnost vzájemného překrývání naměřených teplot v tropických horských oblastech. Vědci tak potvrdili predikci, že horské překážky jsou účinnější ve vyšších nadmořských výškách (Janzen 1967; Wake 1976; Huey 1978; Ghalambor 2006; McCain 2009; Pintanel 2019).

### 3 Vliv jednotlivých abiotických faktorů na rozšíření obratlovců

#### 3.1 Vliv teploty

Jedním z hlavních abiotických faktorů, který významně ovlivňuje rozšíření u jednotlivých skupin obratlovců, je teplota (Huey 1978; Navas 2002; Hawkins 2003; Ghalambor 2006; Huang 2007; McCain 2009; McCain 2010; Southwood 2010). U ektotermních obratlovců však teplota často nepůsobí sama o sobě, ale v kombinaci s vegetačním pokryvem a celkově s heterogenitou prostředí (Stein 2014). Například plazi, aby mohli kompenzovat své tepelné ztráty, jsou závislí na otevřených stanovištích, kam proniká sluneční záření (Huang 2007; Tallowin 2017). Podle Pintanel (2019) se podobné trendy vyskytují u některých druhů žab.

##### 3.1.1 Obojživelníci

Vysokohorské lesy v tropických andských horách ukrývají velice bohaté druhové zastoupení obojživelníků (Navas 2002, 2006). Ortiz-Yusty (2013) sledoval změny prostorového rozšíření u 223 druhů obojživelníků, konkrétně u 207 druhů žab, 8 druhů červorů a 8 druhů mloků, podél výškového gradientu konkrétně v Kolumbii, na základě změn průměrné roční teploty a úhrnu srážek (Navas 2006; Ortiz-Yusty 2013). Bylo zjištěno, že nejvíce obojživelníků se vyskytuje na západním pobřeží Kolumbie podél pohoří Kordiller, ve kterém bylo identifikováno celkem 67 druhů, a nejmenší zastoupení bylo nalezeno v nižších oblastech kolem řeky Caucy a v severozápadní oblasti u zálivu Urabá v Kolumbii, kde žily pouze tři druhy. V tomto výzkumu vědci došli k závěru, že obojživelníci jsou silně ovlivňováni proměnlivostí prostředí, ve kterém se nachází, a že silnějším faktorem, jenž ovlivnil jejich rozšíření, byla teplota a ne srážky (Navas 2002; Ortiz-Yusty 2013). Zřejmě to může být způsobeno tím, že oblasti tropických And jsou bohatší na úhrny srážek, než je tomu v mírných oblastech (Owen 1989).

Podobné trendy se objevily u dalších tropických druhů obojživelníků v andských horách, například u lesních druhů žab rodu *Pristimantis* z čeledi Strabomantidae (Pintanel 2019), které se vyskytují v Ekvádoru v nadmořské výšce kolem 4538 m n. m. (Meza-Joya 2016). Pintanel (2019) se zabýval výškovými rozsahy u 520 druhů žab a klimatickou variabilitou mezi areály jejich rozšíření a také jejich teplotními tolerancemi, pomocí nichž bylo možné určit jejich preferovaná stanoviště. Ukázalo se, že nadmořská výška nehrála takovou roli, naopak díky vyššímu teplotnímu kritickému maximu a vyšší maximální tělesné teplotě byly žáby více tolerantní na fluktuace teplot v otevřených oblastech bez lesního porostu a jejich překrývání podél elevací bylo častější než u lesních druhů žab. Je to z toho důvodu, že lesní porost udržuje relativně stálé klimatické podmínky. Tedy lesní druhy mají užší areály rozšíření, než tomu je u

druhů, které se vyskytují na otevřených stanovištích bez lesního porostu (Janzen 1967; Ghalambor 2006; Pintanel 2019). Také bylo dokázáno, že zvýšené teploty mají negativní vliv na druhy otevřených stanovišť a jejich areály se budou posouvat do vyšších nadmořských výšek oproti lesním druhům, jejichž výskyt je vázán na úzké areály rozšíření v lesním porostu (Ghalambor 2006; Pintanel 2019).

### 3.1.2 Plazi

Areály rozšíření u plazů jsou ve většině případů v otevřených krajinách s nízkou vegetací, které dominují dostatečným přísunem světelné energie, důležité pro regulaci jejich tělesné teploty (Hertz 1981, 1992; Huang 2007; McCain 2010). Tento trend Hertz v roce 1981 a poté opět v roce 1992 zkoumal u dvou druhů ještěřů rodu *Anolis*. Zjistil, že druh *Anolis roquet* z čeledi leguánovitých (Iguanidae), jehož výskyt je vázán na ostrov Martinik v Karibském moři, obývá otevřené krajiny od 20 do 650 m n. m., narozdíl od příbuzného anolise Gundlachova (*Anolis gundlachi*) z téže čeledi, který se vyskytuje v celkově chladnějších podmínkách v oblačných lesích od 270 do 850 m n. m. v Portoriku (Hertz 1981). Naproti tomu příbuzný druh anolis chocholkatý (*Anolis cristatellus*) se oproti druhu *Anolis gundlachi* nacházel v otevřenějších oblastech, kde trávil mnohem delší dobu než jeho dva příbuzné druhy. Bylo prokázáno, že anolis chocholkatý je více senzitivní na vyšší teploty vzduchu (Hertz 1981, 1992).

Huang (2020) se pokusil objasnit podobný trend, a to jaký vliv má teplota a přítomnost lesního porostu na areál rozšíření a maximální dobu aktivity tropického a subtropického druhu ještěra mabuji dlouhoocasé (*Eutropis longicaudata*) z čeledi scinkovitých (Scincidae) (Uetz 2021). Měření byla provedena na Taiwanu v jihovýchodní Asii v nadmořské výšce kolem 1000 m n. m., kde se teplota půdy pohybovala v zimních měsících nad 10 °C a průměrné roční srážky byly 2500 mm (Huang 2020). V těchto oblastech je značné zastoupení lesního porostu i ve vyšších nadmořských výškách a klimatické podmínky jsou ovlivněné monzuny, které vytvářejí teplejší a vlhčí charakter v nížinných oblastech a chladný charakter ve vysokohorských oblastech. Z celkových 563 pozorování byla většina zjištěna v nížinných oblastech pod 600 m n. m., kromě tří, které se vyskytovaly do 958 m n. m. Měření opravdu ukazují, že vzhledem k vysokým lesním porostům stanovenou nadmořskou výšku druh ještěra mabuji dlouhoocasé nepřesáhl. Je to z toho důvodu, že tito ještěři mají nižší toleranci k chladnějším podmínkám s vyšším zastoupením lesního porostu, proto jejich výskyt je ve vyšších nadmořských výškách omezen. Naopak oblasti, které se vyznačují otevřenou krajinou s nižší vegetací a vyšší teplotou, jsou pro tohoto ještěra příznivější z důvodu udržení vysoké tělesné teploty. Otevřená krajina



tedy napomáhá prodloužení doby aktivity u tohoto druhu (Huang 2014). Jeho maximální doba aktivity byla od března do října a poté se snižovala s nástupem chladnějších měsíců, stoupajícím výškovým gradientem a hustým lesním porostem (Huang 2020).

Huang (2014) se ve své práci zaměřil na to, jak teplota ovlivňuje vysokohorský druh *Takydromus hsuehshanensis* z čeledi ještěrkovitých (Lacertidae) a jak je ovlivňována teplotou vegetačního pokryvu v nadmořských výškách nad 1800 m n. m. v národním parku Taroko na Taiwanu. Výsledky opět poukazují na to, že otevřená krajina ve vyšších nadmořských výškách poskytuje příznivější stanoviště než hustý lesní porost.

Huang (2007) zkoumal podobné trendy také u hadů, konkrétně se zaměřil na tři druhy chřestýšovců z rodu *Trimeresurus*, a to na *Trimeresurus gracilis*, *Trimeresurus stejnegeri* a *Trimeresurus mucrosquamatus* z čeledi zmijovitých (Viperidae). Zaměřil se na to, jak budou tyto hadi reagovat na teplotu prostředí podél nadmořských výšek na Taiwanu vzhledem k jejich tepelným tolerancím (zimní kritické teplotní minimum, letní kritické teplotní maximum), tedy jak moc nízké, a naopak vysoké teploty budou pro tyto druhy omezujícím faktorem (Hertz 1981; Huang 2007). Průměrný teplotní aklimatizační rozsah mezi horskými a nížinnými oblastmi byl stanoven na 15 °C z toho důvodu, že se tyto tři druhy nenacházely ve stejných nadmořských výškách. Byla měřena tepelná tolerance u endemického druhu *Trimeresurus gracilis*, který obývá vysokohorské oblasti nad 2000 m n. m., v kontrastu s nížinnými druhy *T. stejnegeri* a *T. mucrosquamatus*. Výsledky ukazují, že druh *T. gracilis* bude více vázán na vyšší nadmořské výšky z důvodu lepšího přizpůsobení na větší teplotní variabilitu, než tomu je u jeho dvou příbuzných nížinných druhů, které jsou vázány na stabilní teploty v nížinách (Huang 2007).

Celkovou analýzu u plazů, konkrétně u ještěřů a hadů, provedla McCain (2010) na 25 lokalitách suchých a vlhkých hor v tropických a mírných oblastech. Zjistila, že ve vlhkých horách jsou plazi rozšířeni do 300 výškových metrů kvůli vyšším a pro ně optimálním podmínkám. Naopak tomu bylo v mírných oblastech, kdy se plazi vyskytovali pod 300 m n. m., ale také ve výškovém rozmezí od 600 do 1200 m n. m. (McCain 2010). Bylo to zřejmě způsobeno tím, že jsou pro ně mírné oblasti mnohem příznivější, vzhledem k vyššímu zastoupení otevřených stanovišť, kde se mohou vyhřívat (Porter 1969).

### 3.1.3 Ptáci

Tropické oblasti se vyznačují stálejšími teplotami, na které jsou zdejší druhy ptáků adaptovány. Například ze stálých druhů ptáků, kteří jsou vázáni na svá specifická stanoviště se stávají teplotní specialisti, ať už se jedná o nížiny, či vysokohorské oblasti. S velkými výkyvy teplot se pak vyrovnávají buď migrací nebo případně upadnutí do hibernace (zimního spánku) (Ruf 2015). V tomto stavu mohou přežívat nízké teploty během zimních měsíců, jako například lelek tečkovaný (*Caprimulgus tristigma*) z čeledi lelkovitých (Caprimulgidae) (McKechnie 2011).

Freeman (2014) ověřoval predikci rozšíření tropických horských ptáků do vyšších nadmořských výšek vzhledem k působení vyšších teplot v kontrastu s mírnými oblastmi. Pro upřesnění výsledků studoval tuto předpověď na dvou geograficky rozdílných horských oblastech, a to na hoře Mt. Karimui a na izolovaném ostrově Karkar, který náleží Nové Guineji. Výsledky prokázaly shodné trendy s původní predikcí. Tropické druhy ptáků prokazovaly silnější výškové posuny směrem nahoru, než dolů a v celkovém vyhodnocení reagovaly silněji než druhy mírných pásem. To může být způsobeno tím, že jejich výskyt je vázán na úzké elevační rozsahy, ale do budoucna to může způsobit vymírání či nárůst endemických druhů a může to mít za následek zvýšení počtu horkých míst (hotspots) (Freeman 2014).

Freeman (2016) se ve své práci zabýval tím, jestli tělesná teplota souvisí s rozšířením ptáků do vyšších nadmořských výšek vzhledem k nízkým okolním teplotám. Tedy do jaké nadmořské výšky budou moci posunout své areály rozšíření (nahoru, dolů) vzhledem ke své tepelné toleranci. Zjistil, že tropické druhy ptáků posunuly své areály rozšíření do vyšších nadmořských výšek, konkrétně o 100 výškových metrů, a to jak v nízké, tak vysoké nadmořské výšce na Nové Guineji (Freeman 2016). Také zjistil, že teplota jako hlavní faktor zřejmě nesouvisí s jejich omezením výskytu ve vyšších nadmořských výškách. Dále konstatuje, že vliv teploty samotné na výškové limity ptáků, tedy do jaké nadmořské výšky bude druh tolerantní vůči teplotě okolí není stále dostatečně prozkoumán (Freeman 2016). Je však důležité poznamenat, že pro přesnější výsledky je potřeba dalších studií, které se budou týkat rozšíření konkrétních populací nebo druhů ptáků podél elevací. Teplota okolí podle vědců ve většině případů nepůsobí sama, ale souvisí s dalšími faktory (nadmořskou výškou, vegetací), které společně působí na areály rozšíření ptáků (Hawkinse 2006; Freeman 2016). Vědci poskytují některé podpůrné hypotézy či návrhy, například, že horské druhy jsou adaptovány na úzké elevační rozsahy se stabilními teplotními podmínkami, a to omezuje jejich rozšíření (Janzen 1967, Ghalambor 2006). Tento trend byl pozorován také v andských horách v Ekvádoru, s velkým

druhovým bohatstvím, které se vyskytuje v celkově užších a menších areálech, než tomu je v nižších nadmořských výškách (Hawkinse 2006).

### 3.1.4 Savci

Analýzy, které McCain (2005) provedla, naznačují, že malí savci se nejvíce vyskytují v takových oblastech, ve kterých je pro ně klimatické optimum, jako tomu bylo například v horách na Kostarice (McCain 2004). Heaney (2001) studoval malé savce na čtyřech filipínských ostrovech (Leyte, Luzon, Mindanao, Negros), které dosahují nad 2000 m n. m. Kromě mnoha hypotéz se také zaměřil na srážkové úhrny na jednotlivých ostrovech a došel k závěru, že druhová bohatost je závislá na srážkách podle konkrétní studované nadmořské výšky. Tato analýza částečně podporuje predikci McCain (2004), protože nejvyšší druhová bohatost je spjatá se středními výškami, ale také se zvyšuje s vyšším množstvím srážek nad 865 m n. m., jak uvedl Heaney (2001).

Campera (2020) se zabýval druhovou bohatostí lemuru podél výškových gradientů ve východních deštných pralesích na Madagaskaru. Testoval, zda i zde je největší bohatost druhů ve středních výškách mezi 600–1200 m n. m. Ukázalo se, že výškové rozsahy druhů se lišily dle velikosti těla, která hraje důležitou roli v jejich termoregulaci. Větší druhy se rozšiřovaly do vyšších nadmořských výšek, naopak ty menší se zdržovaly v nižších nadmořských výškách kolem 600 m n. m. Může to být z důvodu příznivých klimatických podmínek, jež souvisí s vyšší produkcí potravy, která je pro ně z hlediska tepelné tolerance a celkové aktivity velice důležitá (Campera 2020). Tedy druhy s menší velikostí těla se vyskytovaly v nižších nadmořských výškách (Lomolino 2001), mezi nimi jsou například druhy *Avahi meridionalis* z čeledi indriovitých (Indridae), dále lemur límcový (*Eulemur collaris*) a jeho příbuzný druh eulemur běločelý (*lemur albifrons*) z čeledi lemurovitých denních (Lemuridae), jehož výskyt je na severovýchodě v parku Makira (Campera 2020). Při podobných výzkumech na filipínských ostrovech, Borneu, Jižním Mexiku, které se zabývaly malými savci, také došel Brown (2001) k závěru, že největší druhové zastoupení savců je ve středních nadmořských výškách. Výjimkou byli netopýři na filipínských ostrovech a v Oaxace v Mexiku, kdy jejich druhová bohatost klesala s nadmořskou výškou. Také podotýká, že v rámci studií u jednotlivých druhů savců je těžší se zabývat pouze konkrétním abiotickým faktorem, je důležité zohlednit všechny působící faktory a nahlédnout na jejich působení jako na celek (Brown 2001).

Výzkumy z jihovýchodního Peru z přírodní rezervace Manu naznačují, že teplota se ukázala hlavním hybatelem zastoupení areálů letounů podél výškových gradientů v závislosti na jejich

tepelných tolerancích (Graham 1983). Podle analýzy jsou horské druhy z důvodu nižších teplot teplotními horskými specialisty (Paterson 1996), pro které je přechod do nízkých nadmořských výšek překážkou. Podobné je to pro druhy nížinné, které nejsou adaptovány na chladnější klimatické podmínky (Graham 1983).

Na nízkou teplotu netopýři reagují například tím, že přesouvají své areály do teplejších oblastí, kde například shání dostatečné zdroje potravy, aby vykompenzovali tepelné ztráty, nebo také mohou upadnout do tzv. zimního spánku (hibernace) ve vyšších nadmořských výškách. Tento trend se většinou vyskytuje u zástupců mírného pásma, ale nevyskytuje se u tropických nížinných druhů, konkrétně u frugivorů. Tedy druhy, které jsou schopné se rozšířit do vyšších nadmořských výšek, jsou ty, které se dokážou rychle přizpůsobit, aklimatizovat, nebo mají dostatečnou tělesnou velikost, a tedy relativně nižší tepelné ztráty (Graham 1983). S podobnými trendy, jako je malá druhová bohatost letounů v Andách ve vyšších nadmořských výškách, bychom se také mohli setkat i u dalších savců (Paterson 1996), a to například u malých savců (hlodavci, myši, vačice). McCain (2004) se zabývala jejich rozšířením podél elevací Río Peñas Blancas v Kostarice mezi výškovými gradienty od 750 do 1850 m n. m. Zjistila, že většina studovaných druhů se nacházela ve středních nadmořských výškách, tedy v přechodech mezi nížinnou a horskou oblastí nad 800 m n. m. Mohlo by to být způsobeno tím, že malí savci nevykazovali takovou aktivitu v oblastech s nadmořskou výškou kolem 800 m n. m., vysokou teplotou a úhrnem srážek, ale jejich aktivita vzrostla nad touto hranicí, tedy mezi 900–1300 m n. m. Tam bylo zastoupení savců nejvyšší a opět klesalo mezi 1400–1800 m n. m., kde se znovu vyskytly vysoké srážky. Tedy nejvíce druhů se vyskytovalo v podhorské zóně, kde ubývalo množství srážek a klesala teplota.

Tento výzkum byl opakován ve třech obdobích, a to v období sucha, v časném a v pozdním období dešťů. Výsledky ukazují, že druhová diverzita malých savců byla v období sucha mnohem menší než v období dešťů, a to mohlo být způsobeno nedostatečným odchylem v tomto období oproti období dešťů. Dále se malí savci vyskytují méně v oblasti vyšší fragmentace stanovišť. Dalším důvodem mohlo být to, že druhy savců nebyly dostatečně prozkoumány podél výškového gradientu, tudíž výsledky odchytu nemusely být vypovídající. Proto je důležité zaměřit se na celkové prozkoumání studovaných výškových gradientů z pohledu druhového zastoupení v návaznosti na klimatické podmínky a také na opakování měření (McCain 2004).

Při podobných výzkumech na filipínských ostrovech, Borneu, Jižním Mexiku, které se zabývaly malými savci, také došel Brown (2001) k závěru, že největší druhové zastoupení

savců je ve středních nadmořských výškách opět z důvodu příznivých klimatických podmínek. Výjimkou byli netopýři na Filipínských ostrovech a v Oaxace v Mexiku, kdy jejich druhová bohatost klesala s nadmořskou výškou.

Endotermie poskytuje savcům větší možnost vyrovnání se s nízkými teplotami. energii, kterou vydají, musí nahradit nutričně bohatou potravou, nebo se ukryjí a přečkají nepříznivé podmínky. Tak reagují i již zmínění lemuři, kteří mají větší energetické nároky v nepříznivých nebo málo produktivních a také ve velice fragmentovaných oblastech (Dausmann 2009). V chladném počasí musí přijímat dostatečné množství potravy, které je důležité i pro jejich pohybovou aktivitu. Dlouhou hibernaci vykazuje např. maki tlustoocasý (*Cheirogaleus medius*) z čeledi makiovitých (Cheirogaleidae) v lese Kirindy na západním pobřeží Madagaskaru, který nepříznivé podmínky přečkává v izolovaných dutinách stromů. Dalšími druhy, vykazujícími podobnou adaptaci na chladné podmínky ve vyšších nadmořských výškách byly makiové z rodu *Microcebus* ze stejné čeledi. Obecně je však hibernace v tropických oblastech vzácná a omezená v zásadě jen na vyšší nadmořské výšky (Campera 2020). Většina velkých druhů savců reguluje svojí tělesnou teplotu vyhříváním na slunci, nebo společným zahříváním ve skupinách (Donati 2011). Přizpůsobení lemuru na teplé, nebo naopak chladné podmínky může být prospěšné z hlediska jejich větší distribuce podél elevačních gradientů (Goodman 2004).

## 3.2 Vliv srážek

V tropických horských oblastech mohou srážky negativně ovlivňovat skupiny obratlovců. Omezují jejich areály rozšíření podél výškových gradientů (Quian 2010) jako je tomu například u endotermních obratlovců vzhledem k jejich potravní specializaci, nebo jejich reprodukci (Tye 1992). Naopak ektotermní obratlovci, konkrétně obojživelníci, jsou úzce vázáni na vodní plochy či vlhká stanoviště, kde stráví většinu svého života včetně období své reprodukce (Buckley 2007; Qian 2007; Lewin 2016).

### 3.2.1 Obojživelníci

Jak již bylo zmíněno, tak obojživelníci jsou úzce vázáni na vlhká stanoviště s dostatečným množstvím srážek, jako je tomu například u druhů obojživelníků na Filipínách, konkrétně u žáby ropuchy obrovské (*Rhinella marina*) z čeledi ropuchovitých (Bufonidae), která se vyskytuje do 1200 m n. m., dále také u endemického druhu žáby ploskana rohatého (*Platymantis cornutus*) z čeledi (Ceratobatrachidae) a také u příbuzného druhu *Platymantis polillensis* z téže čeledi (Brown 2013). Tuto patrnost potvrdili Porter (1969) a Lewin (2006), v jejich analýzách se obojživelníci v suchých oblastech téměř nevyskytovali, a to právě

z důvodu absence dostatečného množství vody, která je nezbytná pro rozmnožování. Srážky mohou rovněž ovlivňovat reprodukci u jednotlivých druhů žab. Například v Austrálii se druhy v době nástupu reprodukce vyskytovaly v nižších oblastech s teplejšími klimatickými podmínkami a větší vlhkostí (Guedes 2018). Podle Qian (2010) jsou obojživelníci velice ovlivňováni variabilitou prostředí (topografií jednotlivých hor, vegetací, klimatickými podmínkami). Jejich výskyt podél nadmořských výšek je různý v závislosti na přítomnosti vodních zdrojů a příznivé teploty. Výskyt jednotlivých druhů je vázán i na geografické rozšíření hor. Například tropičtí mloci ve střední Americe se vyskytují většinou ve středních nadmořských výškách mlžných lesů, kde jsou vázáni na výskyt epifytních rostlin (Wake 1987). Jejich výskyt bude tedy korelovat s přítomností srážkových úhrnů.

### 3.2.2 Plazi

Kompletní analýza ještěřů a hadů podél výškových gradientů v mírných a tropických oblastech, respektive v suchých a vlhkých horách, byla provedena McCain v roce 2010. Zkoumala efekt střední domény (McCain 2004), a zda jsou teplota nebo spolupůsobení teploty a vody silnější faktor pro omezení rozšíření u plazů (McCain 2010). Zjistila, že predikce pro efekt střední domény jsou pro plazy slabé a faktor, který je více ovlivňuje, je teplota. Spolupůsobení srážek a teploty je pro plazy významné z hlediska využívání sálavého tepla, které je pro ně velice důležité. V suchých horách jsou plazi rozšíření masivněji než v horách vlhkých, a to kvůli nižší vegetaci, četnějším otevřeným místům vhodným k slunění, nižší vlhkosti a menšímu zastoupení srážek (McCain 2010).

Je však důležité zmínit, že i mnozí hadi v období reprodukce požadují vlhčí klimatické podmínky. Srážky, vlhkost a snížená teplota mohou mít negativní vliv na rychlost kladení vajíček a jejich vylíhnutí a následný vývoj (Shine 2002). Je tomu tak například u druhu *Tropidonophis mairii* z čeledi užovkovitých (Colubridae), který v době rozmnožování vyhledává vlhké oblasti (Brown 2004). Poté se ale vrací do oblastí s příznivějšími podmínkami, kde má více možností k vyhřívání (Shine 2002). Ještěři jsou ve většině případů vázáni na vlhká stanoviště, obklopená lesním porostem. Souhrnná studie z mírného pásu, konkrétně z oblasti Texasu v Severní Americe, byla rovněž provedena na ektotermních obratlovcích a zahrnuje vliv teploty a srážek (Owen 1989). Podobné výzkumy z tropických oblastí pro ektotermní obratlovce prozatím chybí, můžeme však očekávat jisté analogie. Nejvyšší diverzita by se pak vyskytovala v menších nadmořských výškách s vyššími teplotami a častějšímu přístupu k slunečnímu záření kvůli vyhřívání a nižším srážkovým úhrnům než v oblastech, kde dominuje drsná topografie horského masivu.

### 3.2.3 Ptáci

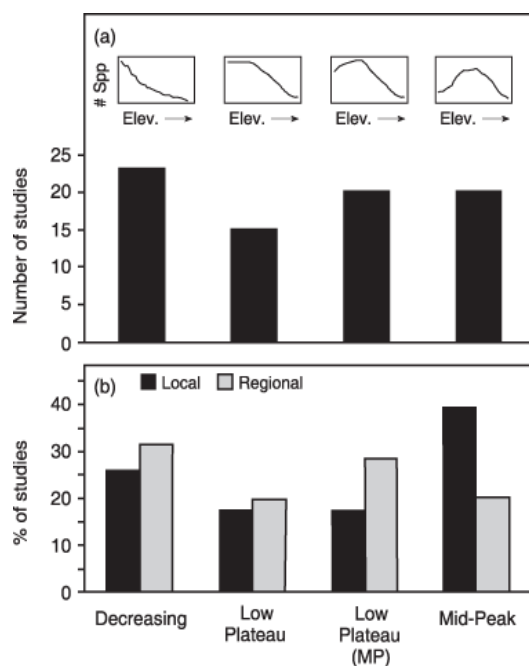
Silné deště a bouřky, které se vyskytují ve vyšších nadmořských výškách, mají na tropické druhy ptáků negativní vliv, například při shánění potravy. Tyto nepříznivé klimatické podmínky značně omezují jejich potravní nabídku. Období dešťů také může být morfologicky, vzhledem k malé velikosti těla ptáků, velice náročné (Boyle 2010; 2011).

Boyle (2011) se zabývala tím, jak se s úhrny srážek ve vyšších nadmořských výškách podél horských transektů v Národním parku Braulio Corrallo v Kostarice měnilo druhové zastoupení ptáků v nížinných lesích na konci prosince mezi lety 1990–2009. Došla k závěru, že srážky a bouřky mají vliv na posuny ptáků do nižších nadmořských výšek. Sezónní migrace směrem dolů probíhají většinou u menších druhů ptáků, kteří mají rychlý metabolismus, jak je tomu například u druhu pipulky podhorní (*Corapipo altera*) z čeledi pipulkovitých (Pipridae). Také poznamenala, že tento druh vykazuje charakteristiky LFO hypotézy (limited foraging opportunities). Ta předpokládá, že ptáci jsou omezeni sháněním potravy v důsledku vlivu sezónních podmínek včetně bouří, a proto musejí migrovat do nižších nadmořských výšek, kde je dostatečné množství potravy a kde přechájejí období dešťů. Studie byla provedena především u frugivorních a nektarivorních druhů, které jsou závislé na sezónní rostlinné potravě. Stejně trendy byly nalezeny i u dalších druhů pěvců, a to u drozda světlebřichého (*Turdus obsoletus*) z čeledi drozdovitých (Turdidae) a také u tyrančíka ochmetového (*Zimmerius vilissimus*) a jeho příbuzného tyrančíka skvrnookého (*Mionectes olivaceus*) z čeledi tyranovitých (Tyrannidae) (Boyle 2011). Podle analýz, které uvádí Terborgh (1977), jsou nejvíce ovlivněni insektivorní druhy. Je to z toho důvodu, že hmyz kvůli nižší teplotě a silným dešťům ve vyšších nadmořských výškách vykazuje nepatrnou aktivitu. Méně jsou pak dotčeny frugivorní druhy a nejméně granivorní druhy.

Tye (1992) zkoumal horské oblasti v západním Kamerunu a zaměřil se na 31 druhů nížinných ptáků ve středních a horských oblastech v období sucha. Zabýval se také druhy, jejichž přirozenými stanovišti jsou celkově nižší, sušší a teplejší oblasti, ale rozšiřují se z důvodu reprodukce do vyšších, či nižších oblastí kvůli vyššímu úhrnu srážek. Je tomu tak u 17 druhů, které zůstávají v období reprodukce v nižších nadmořských výškách a poté se vrací na původní stanoviště. Zjistil, že klimatické podmínky ohrožují reprodukci u většiny vysokohorských ptáků, a proto se stěhují do nižších nadmořských výšek. Obdobné je to i ve středních nadmořských výškách, kde druhy mají širší rozsahy, takže se jejich areály mohou s horskými druhy překrývat (Tye 1992). Výškové rozsahy horských druhů mohou být od 400

do 2500 m n. m. Některé druhy jsou však stále a na svých stanovištích zůstávají po celý rok. (Boyle 2011).

Celkový počet ptačích druhů závisí na spolupůsobení klimatických podmínek a faktorů přispívajících k jejich rozšíření podél výškových gradientů. McCain (2009) vytvořila ucelený přehled, který se týkal z větší části tropických oblastí a poukazuje na průběh ptačích diverzit podél elevací. Zjistila čtyři hlavní typy, a to lineární pokles se stoupající nadmořskou výškou; plató v nižších nadmořských výškách s lineárním poklesem diverzity s výškovým gradientem; lehce zvýšené plató v nižších nadmořských výškách s vrcholem ve středních nadmořských výškách a poklesem do vyšších nadmořských výšek a na závěr vrchol druhového zastoupení ve středních nadmořských výškách, opět s poklesem diverzity do vyšších nadmořských výšek, které jsou patrné z grafu na obr. 4 (McCain 2009).

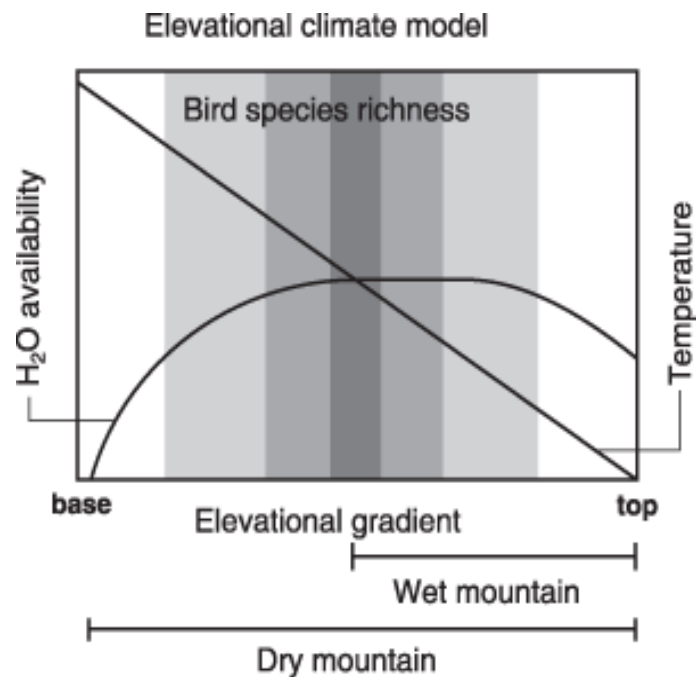


Obr. 4: a) Zobrazení čtyř typů průběhů diverzit ptáků podél elevačního gradientu b) procentuální zastoupení studií u každého ze čtyř typů (McCain 2009).

Podle McCain (2009) je rozšíření druhové bohatosti součinností konkrétních klimatických podmínek (teplota, srážky, vlhkost). McCain (2009) dále uvedla, že nejvyšší zastoupení druhů se vyskytovalo ve středních nadmořských výškách, odpovídá již zmiňovanému efektu střední domény (mid-domain effect). V těchto oblastech jsou příznivé klimatické podmínky, které podporují největší druhovou bohatost. Teplota se snižuje s vyšší nadmořskou výškou na všech horách v globálním měřítku, ale srážkové úhrny jsou jiné, například kvůli geografickému



rozložení hor nebo jejich sklonu. Proto je důležité se zaměřit na místní klima v konkrétních studovaných oblastech. McCain (2009) vytvořila globální klimatický model, který vysvětluje diverzitu na vlhkých a suchých horách. Podle obr. 5 je patrné, že v suchých horách se největší druhové zastoupení vyskytuje ve vyšších nadmořských výškách, naopak ve vlhkých horách budeme s rostoucí nadmořskou výškou pozorovat pokles druhového zastoupení.

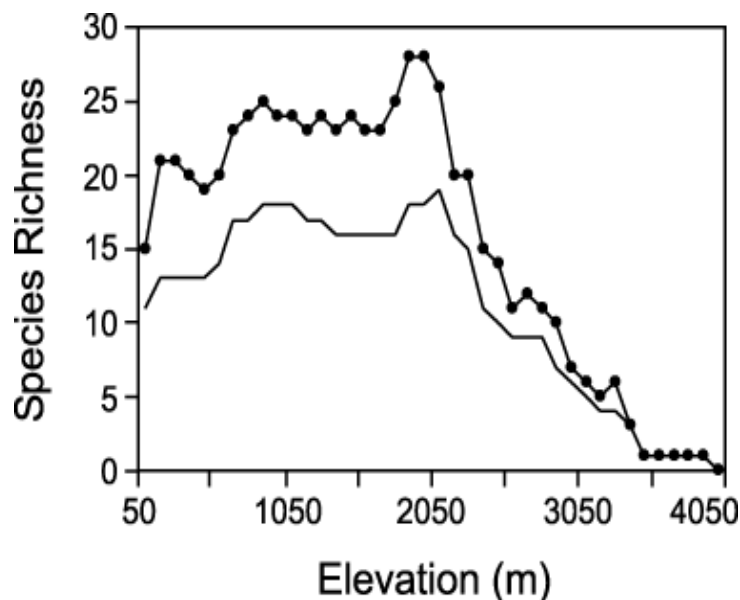


Obr: 5. Globální shrnutí ptačí diverzity podél elevačních gradientů ve vlhkých (Wet mountain) a suchých (Dry mountain) horách v závislosti na klimatu (Temperature, H<sub>2</sub>O availability). Na pravé straně grafu je naznačen vrchol hory (top) a na levém je vyznačeno úpatí hory (base). Šedé sloupečky naznačují druhovou bohatost, přičemž nejtmaší poukazuje na největší abundanci druhů. Pozorujeme lineárně klesající trend druhového zastoupení v tropických oblastech a rovnoměrné rozložení diverzity ve středních oblastech mírného pásma (McCain 2009).

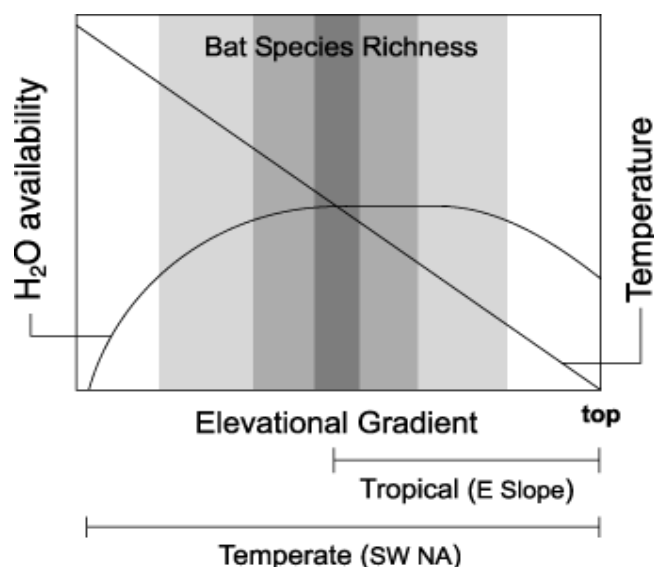
### 3.2.4 Savci

Také areály savců jsou ovlivňovány přímo, prostřednictvím termoregulace (Patterson 1996; McCain 2007), nebo nepřímo, například v souvislosti s vegetačním pokryvem nebo dostupností potravy (Wallace 1876; Graham 1983).

McCain (2007) studovala rozšíření letounů (Chiroptera) podél výškových gradientů na suchých horách na západním pobřeží Peru v Jižní Americe a na vlhkém Olympijském pohoří v Severní Americe. Zkoumala, jak mohou být letouni ovlivněni prostřednictvím působení klimatických podmínek (teplota, srážky). Došla k závěru, že druhové zastoupení letounů klesalo s rostoucí nadmořskou výškou, ale také poukázala na jejich rozšíření v závislosti na zeměpisné šířce (McCain 2007), kdy klesá jak teplota vzduchu, tak i přítomnost srážek. Nejvíce druhů se vyskytovalo ve středních nadmořských výškách, kde byla vysoká teplota a také dostatečný přísun srážek, což je patrné z obr. 6. Tento model potvrzuje trend efektu střední domény (McCain 2009), kdy se v suchých horách největší druhové zastoupení vyskytovalo ve středních nadmořských výškách, jak je zobrazeno na obr. 7 (McCain 2007).



Obr. 6: Obecný model druhového zastoupení letounů podél nadmořských výšek v oblasti západního Peru (suché hory). Hladká čára zobrazuje vzor pouze pro deset studovaných letounů a čára s tečkami, vyobrazuje škálu pro všechny ostatní studované druhy (McCain 2007).



Obr. 7: Globální shrnutí druhového zastoupení letounů podél elevačních gradientů v tropických a mírných oblastech v závislosti na klimatu (McCain 2007).

Úhrny srážek jsou nejvyšší ve středních nadmořských výškách, tedy pod úpatím hor, naopak nejméně srážek je dosaženo od úpatí hor směrem k jejich vrcholu. V horách s vlhkými a teplými podmínkami na úpatí (východní Andy, Nová Guinea) by však bohatost netopýrů měla klesat s poklesem teploty a sekundárně s poklesem dostupnosti vody. McCain (2007) zjistila největší druhové zastoupení tropických letounů ve středních nadmořských výškách suchých hor, a to z čeledi listonosovitých (Phyllostomidae) a netopýrovitých (Vespertilionidae).

### 3.3 Vliv sezónnosti

Obratlovci mohou reagovat na sezónní podmínky tím, že migrují do nižších, nebo naopak do vyšších nadmořských výšek, nebo mohou upadnout do stavu hibernace (zimního spánku). Na rozdíl od altitudiálních migrací u ptáků a savců, je obecně menší pozornost věnovaná posunům u ektotermních obratlovců (Fleming 2019). Je to zřejmě způsobeno mnohem výraznějšími přesuny mezi vodním (mokřady, vodní plochy) a suchozemským prostředím například u obojživelníků (Hsiung 2018).

#### 3.3.1 Altitudiální migrace

Altitudiální migrace jsou sezónní výškové pohyby na krátké vzdálenosti mezi různými nadmořskými výškami u jednotlivých skupin živočichů (Chaves-Campos 2003; Dingle 2007; Rappole 2013; Barçante 2017; Hsiung 2018; Fleming 2019). Jejich výskyt je častý u obratlovců migrujících z oblastí, ve kterých převládají příznivější klimatické podmínky pro hnízdění, odchov mláďat nebo shánění potravy, do oblastí, kde přechávají nepříznivá období, jako období dešťů nebo zimní měsíce (Barçante 2017). Mohou být způsobeny jak biotickými faktory

(predace, shánění potravy, kompetice) tak i abiotickými (srážky, teplota, povětrnostní podmínky, sezónní podmínky, sněhová pokrývka) (Hsiung 2018).

Altitudiální migrace byly popsány na všech kontinentech kromě Antarktidy, z toho většina výzkumů se zabývá oblastmi mírného pásu, především v Severní Americe, kde se vědci zaměřili na studium savců, hlavně kopytníků a ptáků (Hsiung 2018). Z tropických pásem je získáno celkově méně poznatků, ale altitudiální migrace jsou výraznější z důvodu převládajících sezónních podmínek (Boyle 2015). Ty jsou spolu s hledáním potravy podle Hsiunga (2018) důležitými vnějšími faktory, které ovlivňují výškové migrace u obratlovců.

Znalosti o altitudiálních migracích na úrovni jedinců u většiny skupin obratlovců jsou stále ještě omezené. Je proto důležité, aby byly vytvořeny výzkumné metody, které budou zkoumat a monitorovat výškové posuny u jednotlivých druhů či skupin obratlovců na základě vnějších a vnitřních faktorů, které by je mohly ovlivňovat. Takové faktory jsou například fragmentace stanovišť, antropogenní činnost, vznik kulturních krajín, ve kterých mají obratlovci ztížené podmínky při hledání potravy, dále zvýšení predace, konkurence a také změna klimatu (Hsiung 2018). Mohou nám ale i přiblížit problematiku úbytku druhů podél elevačních gradientů (Rahbek 1995).

### 3.3.1.1 Obojživelníci

Obojživelníci (žáby, mloci) jsou vázáni na vodní prostředí hlavně v období reprodukce, které je dlouhé v řádu dní, maximálně týdnů, kdy kladou vajíčka do vodního či vlhkého prostředí a poté migrují do oblastí, kde přečkávají zimu nebo shánějí potravu. Většina migrací u ektotermních obratlovců je spíše latitudiálních, jako například u axolotla skvrnitého (*Ambystoma maculatum*) z čeledi axolotlovitých (Ambystomatidae), který se vyskytuje v Severní Americe. Po období reprodukce (jaro–podzim) migruje a přezimuje v norách menších savců. Jeho přesné migrační pohyby jsou doposud neobjasněné a potřebují více studií (Madison 1997). S podobným trendem migrace bychom se také setkali u druhu *Rana sevosia* z čeledi skokanovitých (Ranidae) (Richter, 2001).

Existuje však druh mloka, u kterého byly nalezeny jisté znaky, podobající se výškovým migracím. Takovým příkladem je mločík popelavý (*Plethodon cinereus*) z čeledi mločíkovitých (Plethodontidae), který se vyskytuje v Severní, Střední a Jižní Americe v oblačných lesích (Wake 1987; Woolbright 2014). Jeho sezónní posuny jsou od podzimu do jara, kdy na začátku podzimu migruje do vyšších nadmořských výšek, kde převažují oblasti se skalnatým povrchem. Skály umožňují úkryty ve formě dutin nebo štěrbin, zde dospělí mloci

mohou přečkat zimní měsíce. Na jaře, kdy je vyšší vlhkost vzduchu díky srážkám a je tepleji, sestupují do nižších oblastí, aby nakladli vajíčka. Bylo zjištěno, že na jaře sezónní migraci uskutečnilo poměrně více jedinců, než tomu bylo na podzim, pravděpodobně z důvodu jejich větší aktivity na jaře (Woolbright 2014).

### 3.3.1.2 Plazi

U plazů, konkrétně u hadů a želv, bylo popsáno velmi málo výškových migrací. Ve většině případů migrují do nižších nadmořských výšek kvůli reprodukci či přezimování (Hsiung 2018). Gomez (2015) se ve své práci zabýval dospělými samci chřestýše (*Crotalus oreganus*) z čeledi zmijovitých (Viperidae). Bylo zjištěno, že samci sezónně migrují mezi oblastmi, kde přečkávají zimní nepříznivé období ve stavu hibernace až do letních měsíců, kdy migrují do nižších nadmořských výšek. Podle výzkumů se podobné trendy našly i u želv sloních (*Chelonoidis* sp) z čeledi testudovitých (Testudinidae) (Bastille-Rousseau 2016) na Galapágách, které migrovaly v nejméně chladném období, tedy v období sucha, do vysočin, naopak při příchodu teplejšího klimatu a období dešťů migrovaly do nížinných oblastí (Blake 2013). Byly studovány denní pohyby a rozmístění u 17 jedinců obou pohlaví u želvy sloní podél elevačních gradientů od 6 až 423 m n. m. Bylo zaznamenáno, že 14 jedinců se pohybovalo každoročně mezi nížinnými oblastmi a vysočinami nad 100 výškových metrů. Studie se zaměřila především na to, jestli je migrace ovlivněna změnou vegetace, snížením teploty, velikostí těla, nebo důsledkem snížení kvality potravy. Bylo zjištěno, že výškové posuny uskutečnili jedinci obou pohlaví kvůli změně vegetace, a tedy i z důvodu kvality potravy, nikoli kvůli změně teploty. Také aktivita se lišila podle velikosti těla. Pokud se snížila kvalita potravy v nížinách, do vyšších nadmořských výšek dříve migrovali největší jedinci, naopak jedinci se střední velikostí se nacházeli níže a ti nejmenší zůstávali prakticky v nížinách. Vědci také zjistili, že migrace do nižších nadmořských výšek souvisela pouze s produktivitou prostředí, a to v tu dobu, kdy v nízkých nadmořských výškách byla produktivita nejvyšší. Přesuny želv se objevily v březnu v průběhu období dešťů z důvodu vyššího zastoupení potravy v nížinných oblastech (Blake 2013).

### 3.3.1.3 Ptáci

Ptáci mohou být ovlivněni sezónními podmínkami různým způsobem. Frugivorní druhy ptáků mohou například sledovat nejvyšší produkci ovoce v sezónním období, kvůli kterému migrují z vyšších nadmořských výšek do nížin (Loiselle 1991). Nebo mohou provádět částečné migrace do nižších, či vyšších nadmořských výšek kvůli bouřím vyskytujícím se ve vyšších nadmořských výškách, nebo vyššímu zastoupení srážek, které jim znemožní shánět potravu a

rozmnožovat se (Boyle 2010; 2011). Tak je tomu například u frugivorního endemického druhu vranuchy stredoamerické (*Cephalopterus glabricollis*) z čeledi kotingovitých (Cotingidae), která žije v Kostarice. Vyskytuje se ve vyšších nadmořských výškách (1400 m n. m.), v období reprodukce mezi březnem a červnem migruje do nižších nadmořských výšek, kde je také největší zastoupení dostupné potravy. Po období reprodukce se vrací zpět do vyšších nadmořských výšek (Chaves-Campos 2003). Podobně migruje i pipulka podhorní, která je endemickým druhem z čeledi pipulkovitých (Pipridae) (Anciães 2009). Hnízdí také převážně od března do června a poté se vrací zpět do nižších nadmořských výšek kvůli lepší dostupnosti potravy a také k přečkání období dešťů (Boyle 2011; Barçante 2017).

#### 3.3.1.4 Savci

Altitudiální migrace byly rovněž sledovány u savců, konkrétně u druhu orangutana sumaterského (*Pongo pygmaeus abelii*) z čeledi hominidů (Hominidae). Výškové rozsahy populace orangutanů byly studovány mezi lety 1998–2000 ve třech rozmezích nadmořských výšek (250–500 m n. m.; 500–1000 m n. m.; 1000–1500 m n. m.) v národním parku Gunung Leuser v oblasti hory Ketambe (1281 m n. m.) na severu Sumatry v Indonésii v závislosti na dostupnosti ovoce, které je pro ně nejvíce zastoupenou složkou v jejich potravě (Sugardjito 1987; Buij 2002), jako například fíky, které jsou pro tyto obratlovce důležité z hlediska kalorického příjmu (Sugardjito 1987). Bylo zjištěno, že rostliny produkovaly ovoce v různých časových obdobích během roku a orangutani sledovali tyto změny a reagovali na ně výškovými posuny (Sugardjito 1987; Buij 2002; Wich 2008). Podobné trendy byly také sledovány u příbuzného druhu orangutana bornejského (*Pongo pygmaeus pygmaeus*) na Borneu (Buij 2002).

Zajímavou skupinou z pohledu altitudiálních migrací jsou letouni (Chiroptera). Migrace většiny druhů letounů je závislá na jejich potravní specializaci a charaktery migrací jsou rozdílné u frugivorních, nektarivorních, nebo insektivorních druhů (McGuire 2013). Tropické druhy netopýrů se živí podobně jako tropičtí ptáci rostlinnou potravou. U netopýrů jsou migrace v tropických oblastech jevem mnohem vzácnějším, než je tomu v mírných oblastech (Fleming 2003). Je to z toho důvodu, že netopýři mírných pásem migrují při nízkých teplotách v noci nebo za soumraku, aby snížili své metabolické nároky, přežívají v úkrytech, nebo hibernují (Neubaum 2006). Naopak tropické druhy netopýrů přežívají tuto dobu díky latitudiální migraci za zdrojem své potravy (Fleming 2019). Podle McCain (2009) jsou netopýři při migracích limitováni nízkými teplotami více než dostupností potravy. Je tomu tak například u studovaného druhu *Miniopterus natalensis* z čeledi létavcovitých (Miniopteridae), u kterého

byly zjištěny výškové posuny z 1400 m n. m. do 1800 m n. m., kvůli přezimování a uchýlení se k hibernaci v nízkých teplotách podél hory Kilimandžára (Voigt 2014). Další studie byla provedena u frugivorního zástupce listonose žlutoramenného (*Sturnira lilium*) z čeledi listonosovitých (Phyllostomidae), u kterého byla zkoumána závislost okolních teplot a dostupnosti potravy na začátek reprodukce. Bylo zjištěno, že na začátku reprodukce byla teplota silnějším faktorem než dostupnost potravy (Mello 2009).

Teploty také mohou ovlivňovat sezónní aktivity u dalších dvou studovaných druhů netopýrů, a to u druhu *Lasiurus bruchyotis* a *Lasiurus cinereus* čeledi netopýrovitých (Vespertilionidae) na Galapágách. V obou studovaných případech bylo potvrzeno, že jejich areály rozšíření se překrývají a jsou ovlivňovány vyšší teplotou v nížinných oblastech v letních měsících. Z toho důvodu migrují z nížin do vyšších nadmořských výšek, kde mají stálá nocoviště. Naopak jejich aktivita vzrůstá v nížinných oblastech s přicházejícími chladnými měsíci (McCracken 1997).

## 4 Klimatické změny

Dlouhodobý stav, při kterém se mění průměrné teplotní hodnoty klimatického systému na naší planetě, se nazývá klimatická změna. Ke klimatickým změnám docházelo v historii naší Země opakovaně a přirozenou cestou, například mezi dobami ledovými a meziledovými. Nynější klimatické změny, kterými se vědci věnují po desítky let, jsou rychlejší, než tomu bylo v historii a je to jeden z hlavních problémů, se kterým se příroda nedokáže tak rychle vyrovnat a přizpůsobit se. Ve většině případů jsou klimatické změny způsobené antropogenní činností (Williams 2003; Diaz 2018). Sheldon (2019) uvádí, že vzhledem k nadměrnému spalování fosilních paliv, ze kterých se uvolňuje vysoké množství atmosférického CO<sub>2</sub>, vzrůstá celková koncentrace skleníkových plynů. Vysoká koncentrace CO<sub>2</sub> má za následek zvyšování průměrných teplot, nerovnoměrné povětrnostní podmínky a také vyšší srážkové úhrny (Houghton 2005).

Studie předpokládají, že jednotlivé druhy obratlovců, které jsou citlivé na proměnlivé úhrny srážek a sezónní klimatické podmínky, budou posouvat své areály rozšíření do vyšších nadmořských výšek (Enquist 2002; Thuiller 2007). Williams (2003) se ve své práci zaměřil na australské oblasti a predikuje, že zvýšení teploty o 1 °C je pro naši planetu do budoucna nevyhnutelné a horské oblasti na takovou klimatickou změnu odpovídají v minimální míře. Naopak snížení počtu druhů je více než zřejmé při zvýšení teploty nad 3,5 °C. V takových oblastech mohou přežít jen druhy, které jsou adaptované na dané klimatické podmínky. Posun teploty, který se pohybuje kolem 5 °C, je pro většinu druhů hraniční a jen některé druhy obratlovců mohou přežít v refugiích nebo na malých stanovištích (Williams 2003). Zvýšená teplota také ovlivňuje vlhkost a srážky v tropických oblastech, a proto může docházet k nepříznivým dopadům na ekosystémy včetně jejich bohaté biodiverzity (Gregory 2009; Sheldon 2019).

Tyto změny můžeme sledovat především v již zmíněných tropických horských oblastech, ve kterých jsou jednotlivé druhy obratlovců nuceny k emigracím (posunům do vyšších nadmořských výšek). To může vést ke změnám jejich druhového zastoupení (Young 2014; Peters 2016). Některé studie dokazují, že dlouhodobě zvýšená teplota a celkové změny klimatických podmínek ovlivňují výškové rozsahy specializovaných druhů obratlovců, jako jsou někteří ptáci nebo obojživelníci (McCain 2009). To může vést například k selekci některých druhů z důvodu jejich snahy se rozšířit do vyšších nadmořských výšek, kde se zastavují o horské překážky, které nedokážou překonat (McCain 2009), nebo dokonce může dojít k postupnému vymírání (Shoo 2005; Parmesan 2006).



#### 4.1 Změny geografického rozšíření obratlovců v důsledku klimatických změn

Mnoho studií dokazuje, že kvůli klimatickým změnám se mění rozšíření jednotlivých druhů obratlovců podél nadmořských výšek (Lomolino 2001; Williams 2003; McCain 2007; Thuiller 2007; Raxworthy 2008; Chen 2011; Forero-Medina 2011; Freeman 2014).

Skupinou obratlovců, která je velice důkladně studována z hlediska rozšíření podél nadmořské výšky v závislosti na změně klimatických podmínek, jsou ptáci (Gregory 2009; Chen 2011; Şekercioğlu 2012). Nejvíce ohroženými skupinami obratlovců jsou právě horští ptáci (Şekercioğlu 2012). Důsledkem zvyšování teplot jsou nuceni opustit své stávající areály a rozšířit se do vyšších nadmořských výšek, tím pádem se mění jejich geografické rozšíření, současně dochází ke ztrátě jejich původních stanovišť, snižování výškových rozsahů, také snížení velikosti populací a možnosti rapidního nárůstu pravděpodobnosti vyhynutí jednotlivých druhů (Shoo 2005; Pimm 2006).

V již zmíněné oblasti Monteverde v Kostarice byl tukan krátkozobý (*Ramphastos sulfuratus*) z čeledi tukanovitých (Ramphastidae) nucen se rozšířit do vyšších oblastí vzhledem k dlouhodobé změně klimatu. Tento druh hnízdí v dutinách stromů a jeho výškový posun znamená konkurenci o dutiny stromů s druhem kvesala chocholatého (*Pharomachrus mocinno*) z čeledi trogonovitých (Trogonidae), který je nyní ohroženým druhem (Pounds 1999).

Lawler (2009) ve své práci uvádí obecné modely rozšíření ptáků a predikuje jejich posuny do vyšších nadmořských výšek v závislosti na klimatických změnách. Příkladem je ohrožený guan horský (*Oreophasis derbianus*) z čeledi hokovitých (Cracidae), který je rozšířen v oblačných lesích pohoří Sierra Madre de Chiapas v Mexiku v nadmořských výškách 1200–2500 m n. m. (Cornejo 2009; Lawler 2009). Shodně je to u zástupců z téže čeledi, konkrétně u guana chocholatého (*Penelope Purpurascens*) a guana černého (*Chamaepetes unicolor*) (Chaves-Campos 2003). Dalšími ohroženými druhy jsou například papoušci kostaričtí (*Touit costaricensis*) z čeledi papouškovitých (Psittacidae), kteří obývají oblasti Kostariky a Panamy a strnadovci cochabambští (*Compsospiza garleppi*) z čeledi tangarovitých (Thraupidae), jejichž výskyt je převážně v horských oblastech And a Bolívie v Jižní Americe. S tímto trendem částečně souhlasí Forero-Medina (2011), který se zaměřil na výškový gradient podél hory Cerros del Sira v Peru v pěti nadmořských výškách (690 m n. m., 1310 m n. m., 1570 m n. m., 1970 m n. m. a 2220 m n. m.). Jeho výsledky naznačují, že při dlouhodobě zvyšujících se teplotách se některé druhy opravdu rozšiřovaly do vyšších nadmořských výšek, ale ne v takové

míře, jak bylo predikováno. Podle jeho úsudku by to mohlo být způsobeno tím, že pozvolné nárůsty teplot ptáci sice zaregistrují, ale do jisté míry se jim přizpůsobují. To znamená, že reagují na postupné nárůsty teplot pomaleji. Jak již bylo zmíněno, reakce ptáků není vázána pouze na teplotu, ale také na faktory, jež s ní souvisí, například na potravu, která je pro ně důležitá vzhledem k vysokým metabolickým nárokům. Dále s tím také souvisí heterogenita prostředí (Forero-Medina 2011), například v Andách v jihovýchodním Peru byly zaznamenány výškové posuny lesního porostu do vyšších nadmořských výšek vzhledem k postupnému oteplování (Feeley 2011). Forero-Medina (2011) souhlasí s predikcemi Lawler (2009), podle kterých klimatické změny přispějí k většímu ohrožení ptačích zástupců.

Peh (2007) se zaměřil na oblasti v jihovýchodní Asii. Predikuje, že podstatná část tropických druhů ptáků vyhledává nová stanoviště v souvislosti se změnou klimatických podmínek. Pro svůj výzkum použil údaje z nižších nadmořských výšek běžných druhů ptáků, aby poukázal na jejich horní, dolní, nebo obě hranice jejich rozšíření. Dobře známé lesní druhy ptáků z jihovýchodní Asie, jako je drozdek konipasí (*Enicurus scouleri*) z čeledi lejskovitých (Muscicapidae), cetie jihoasijská (*Bradypterus luteoventris*) z čeledi cvrčilkovitých (Locustellidae) a vrabec rezavý (*Passer rutilans*) z čeledi vrabcovitých (Passeridae) opravdu posunuly horní, dolní nebo obě hranice distribuce do vyšších nadmořských výšek mezi lety 1971–1999.

Můžeme poukázat na hrozby vyhynutí obratlovců v závislosti na jejich rozšíření do vyšších nadmořských výšek na hoře Tsaratanana na Madagaskaru (2876 m n. m.) Podle Myers (2000) je tato oblast jedním z nejvíce ohrožených míst na světě pro vysoké zastoupení endemických druhů. V takových oblastech je druhové zastoupení obratlovců v ohrožení z důvodu úbytku jejich stanovišť. Výšková rozšíření na Madagaskaru jsou také podporována například studii o ektotermních obratlovcích (Raxworthy 2008). Tewksbury (2008) predikuje, že nejvíce ohroženými druhy obratlovců jsou právě zástupci horských ektotermních obratlovců. Je tomu tak kvůli jejich velice úzkým areálům, které se vyskytují ve vyšších izolovaných areálech, například u lesních druhů, jejichž výskyt je vázán pouze na lesní vegetaci, a proto je velice důležitá jejich ochrana.

Změna klimatu může hrát významnou roli také u nížinných druhů ve středních pásmech nebo u horských druhů, které se vlivem změny klimatu posunou do vyšších nadmořských výšek, kde se ale mohou setkat s podmínkami, na něž mohou mít sníženou schopnost adaptace (Janzen 1967; Williams 2003; Shoo 2005). Podle Şekercioğlu (2008) budou do budoucna ohrožení

především zástupci stálých druhů ptáků, kteří budou mnohem více senzitivní na změnu klimatu než migrující druhy ptáků, již budou lépe přizpůsobeni z důvodu větších teplotních rozdílů během jejich migrací. Thomas (2004) předpokládá, že vzhledem k zvyšování průměrných teplot by mohlo do roku 2050 dojít k vymření až 15–37 % druhů ptáků.

## 5 Závěr

Rozšíření obratlovců podél výškových gradientů v tropických oblastech není oproti horizontálnímu rozšíření zdaleka tolik prozkoumáno. Může to být způsobeno velikostmi výškových gradientů, které jsou mnohem menší a hůře studovatelné. Na druhou stranu díky nim vědci získávají mnoho poznatků o celkové biodiverzitě obratlovců a mohou vytvořit modely či měřítka, která budou nápomocná pro zpřesnění a aktualizaci dosavadních výzkumů a dat (Malhi 2010; McCain 2010; Körner 2017).

Abiotické faktory, či klimatické determinanty jsou jedny z nejdůležitějších vlivů, které ovlivňují rozsahy obratlovců v tropických horských oblastech. Mezi nejdůležitější faktory, které ovlivňují obratlovce patří teplota, (Huey 1978; Hawkins 2003; Ghalambor 2006; McCain 2009; McCain 2010), dále srážky, vzdušná vlhkost, sezónní podmínky a klimatické změny (Stadmüller 1987; McCain 2009; Jarvis 2011). Méně prozkoumanými klimatickými vlivy jsou bouřky a přítomnost mlh, u kterých nemůžeme vyhodnotit jasné závěry, a je potřeba dalších studií, jež se budou tímto tématem dále zabývat (Boyle 2011).

Jak jsem zmínila výše, nejvíce druhů obratlovců se nachází v nižších a středních nadmořských výškách a s přibývajícím gradientem nadmořské výšky druhové bohatství obratlovců klesá. Areály rozšíření mohou být různé podél výškových gradientů. Mohou být úzké, široké, nebo se mohou překrývat a je to dáno tím, že obratlovci reagují různě na klimatické a okolní podmínky podél nadmořských výšek vzhledem k jejich termální fyziologii. Například někteří zástupci stálých druhů ptáků, jejichž výskyt je vázán na vyšší, či nižší nadmořské výšky, budou mít úzké areály rozšíření z důvodu denních fluktuací, ale sezónně stabilních teplot, na které jsou adaptováni (Chan 2016). Tomu tak není u sezónně migrujících, částečně migrujících druhů ptáků, kteří aktivně reagují na sezónní klimatické podmínky tím, že se stěhují na začátku období dešťů do nižších nadmořských výšek a po jejich skončení se opět vrací zpět. Jejich areály jsou širší a tím pádem jsou teplotními generalisty a jsou aklimatizováni na teplotní fluktuace během jejich migrací. Tyto trendy jsou také velice podobné u savců, konkrétně u letounů.

Endotermie poskytuje obratlovcům (savcům, ptákům) lepší podmínky při změnách teplotních podmínek a tím pádem mohou reagovat na jejich postupné změny (Forero-Medina 2011). Teplota na endotermní obratlovce působí přímo (fyziologií), či nepřímo (vegetace, topografie atd.) v nižších nebo středních nadmořských výškách a s vyšší nadmořskou výškou klesá druhové zastoupení například hlodavců (McCain 2009). Ve většině případů, ale teplota

působí společně s vegetačním pokryvem, který vysoké teploty snižuje vzhledem k vyšším korunám stromů podél gradientů. Na nízké teploty mohou obratlovci reagovat distribucí do nižších nadmořských výšek, nebo upadnout do stavu hibernace, strnulosti, kdy sníží svoji metabolickou aktivitu. Na vysoké teploty mohou podobně reagovat estivací neboli letním spánkem, který se ale u endotermních obratlovců v tropických oblastech vyskytuje jen zřídka. Areály rozšíření u obratlovců (savců) jsou většinou vertikální, nebo horizontální v lesní vegetaci (Scheffers 2017).

Naopak ektotermní obratlovci, konkrétně plazi, jsou více závislí na přímé teplotě z okolí, ještěi souzní s větší heterogenitou prostředí a obojživelníci pozitivně reagují na množství srážek (Tewksbury 2008). Tedy plazi budou vázáni spíše na otevřená stanoviště v nízkých a středních nadmořských výškách, kromě druhů vysokohorských, které jsou adaptovány na místní klimatické podmínky. Areály rozšíření u obojživelníků se váží na stanoviště, ve vyšších nadmořských výškách s dostatečným přístupem srážkových úhrnů, ale některé druhy opět mohou být vázány na otevřená stanoviště s nízkým porostem. Tedy z pohledu biodiverzity nejde generalizovat jeden trend, který bude pozitivně souznít se všemi druhy.

Podle zjištěných informací jsem dospěla k názoru, že více studií se zabývá ektotermními než endotermními obratlovci, a to si vysvětlují rozdílem fyziologických nároků u studovaných druhů. Ektotermní obratlovci reagují mnohem rychleji na proměnlivost prostředí, a proto jsou zajímavými z pohledu rychlejších a přesných predikcí pro vědce. Ve většině případů byly hypotézy, či predikce studovány v mírných nadmořských výškách, kde jsou klimatické podmínky více variabilní a poté byly porovnávány s oblastmi tropů.

Tropické horské oblasti jsou bohužel dlouhodobě ovlivňovány nejen zvyšující se teplotou, ale také antropogenní činností, fragmentací půd a v některých případech i rozsáhlým odlesňováním (Khaliq 2014), jak je tomu například v horských oblastech na Madagaskaru (Myers 2000; Raxworthy 2008) nebo ve východní Africe (Poynton 2007). Unikátnost tropických oblastí spočívá v obrovské rozmanitosti jednotlivých druhů obratlovců, kteří jsou nyní velice ohrožováni (Young 2014; Rahbek 2019). Je důležité se pozastavit nad závažností situace a stanovit si konkrétní body, které nám pomůžou se zamyslet nad ochranou tropických horských oblastí a díky tomu zachovat původní areály obratlovců (Myers 2000). Vědci predikují, že pokud se nepodaří vymyslet dostatečné ochranné metody a prostředky pro tyto oblasti a teplotní změny budou narůstat, mohlo by docházet k rozsáhlým ztrátám stanovišť a vymírání druhů obratlovců, které se v dnešní době bohužel děje, ale zatím v mnohem menší míře, než tomu bude podle vědců do budoucna (Myers 2000; Şekercioğlu 2008).

## 6 Seznam literatury

- ANCIÃES, Marina a A. Townsend PETERSON, 2009. Ecological niches and their evolution among Neotropical manakins (Aves: Pipridae). *Journal of Avian Biology* [online]. **40**(6), 591-604 [cit. 2021-12-16]. ISSN 09088857.
- BARÇANTE, Luciana, Mariana M. VALE a Maria Alice S. ALVES, 2017. Altitudinal migration by birds: a review of the literature and a comprehensive list of species. *Journal of Field Ornithology* [online]. **88**(4), 321-335 [cit. 2021-10-07]. ISSN 02738570.
- BARRY, Roger G., 1992. *Mountain Weather and Climate*. Psychology Press.
- BASTILLE-ROUSSEAU, Guillaume, Charles B. YACKULIC, Jacqueline L. FRAIR, Freddy CABRERA, Stephen BLAKE a Luca BÖRGER, 2016. Allometric and temporal scaling of movement characteristics in Galapagos tortoises. *Journal of Animal Ecology* [online]. **85**(5), 1171-1181 [cit. 2021-10-26]. ISSN 0021-8790.
- BLAKE, Stephen, Charles B. YACKULIC, Fredy CABRERA, Washington TAPIA, James P. GIBBS, Franz KÜMMETH, Martin WIKELSKI a John FRYXELL, 2013. Vegetation dynamics drive segregation by body size in Galapagos tortoises migrating across altitudinal gradients. *Journal of Animal Ecology* [online]. **82**(2), 310-321 [cit. 2021-10-26]. ISSN 00218790.
- BOYLE, W. Alice a Kathy MARTIN, 2015. The conservation value of high elevation habitats to North American migrant birds. *Biological Conservation* [online]. **192**, 461-476 [cit. 2021-10-07]. ISSN 00063207.
- BOYLE, W. Alice, 2011. Short-distance partial migration of Neotropical birds: a community-level test of the foraging limitation hypothesis. *Oikos* [online]. **120**(12), 1803-1816 [cit. 2021-11-17]. ISSN 00301299.
- BOYLE, W. Alice, D. Ryan NORRIS a Christopher G. GUGLIELMO, 2010. Storms drive altitudinal migration in a tropical bird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. **277**(1693), 2511-2519 [cit. 2021-08-06]. ISSN 0962-8452.
- BROWN, G. P. a R. SHINE, 2004. Maternal nest-site choice and offspring fitness in a tropical snake (*Tropidonophis mairii*, Colubridae). *Ecology* [online]. **85**(6), 1627-1634 [cit. 2021-12-01]. ISSN 0012-9658.
- BROWN, James H., 2001. Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography* [online]. **10**(1), 101-109 [cit. 2021-11-27]. ISSN 1466822X. Dostupné z: doi:10.1046/j.1466-822x.2001.00228.x
- BROWN, Rafe, Cameron SILER, Carl OLIVEROS, et al., 2013. The amphibians and reptiles of Luzon Island, Philippines, VIII: the herpetofauna of Cagayan and Isabela Provinces, northern Sierra Madre Mountain Range. *ZooKeys* [online]. **266**, 1-120 [cit. 2021-11-23]. ISSN 1313-2970.
- BUCKLEY, Lauren B a Walter JETZ, 2007. Environmental and historical constraints on global patterns of amphibian richness. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. **274**(1614), 1167-1173 [cit. 2021-11-23]. ISSN 0962-8452.
- BUIJ, R., S.A. WICH, A.H. LUBIS a E.H.M. STERCK, 2002. Seasonal movements in the Sumatran orangutan (*Pongo pygmaeus abelii*) and consequences for conservation. *Biological Conservation* [online]. **107**(1), 83-87 [cit. 2021-10-27]. ISSN 00063207.
- BURLEY, Jeffery, Julian EVANS a John A. YOUNGQUIST, ed., 2004. *Encyclopedia of Forest Sciences*. Oxford: Elsevier. ISBN 0-12-145160-7.
- CADENA, Carlos Daniel, Kenneth H. KOZAK, Juan Pablo GÓMEZ, et al., 2012. Latitude, elevational climatic zonation and speciation in New World vertebrates. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. **279**(1726), 194-201 [cit. 2021-11-20]. ISSN 0962-8452.

- CAMPERA, Marco, Luca SANTINI, Michela BALESTRI, K.A.I. NEKARIS a Giuseppe DONATI, 2020. Elevation gradients of lemur abundance emphasise the importance of Madagascar's lowland rainforest for the conservation of endemic taxa. *Mammal Review* [online]. **50**(1), 25-37 [cit. 2021-11-30]. ISSN 0305-1838.
- CAVELIER, Jaime a Guillermo GOLDSTEIN, 1989. Mist and fog interception in elfin cloud forests in Colombia and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* [online]. **5**(3), 309-322 [cit. 2021-11-23]. ISSN 0266-4674.
- COLWELL, Robert K., Carsten RAHBEEK a Nicholas J. GOTELLI, 2004. The Mid-Domain Effect and Species Richness Patterns: What Have We Learned So Far? *The American Naturalist* [online]. **163**(3), E1-E23 [cit. 2021-11-27]. ISSN 0003-0147.
- CORNEJO, J., 2009. Breeding programme for Horned guan *Oreophasis derbianus* at Africam Safari, Mexico. *International Zoo Yearbook* [online]. **43**(1), 136-148 [cit. 2021-12-17]. ISSN 00749664.
- DAUSMANN, K. H., J. GLOS a G. HELDMAIER, 2009. Energetics of tropical hibernation. *Journal of Comparative Physiology B* [online]. **179**(3), 345-357 [cit. 2021-11-30]. ISSN 0174-1578.
- DIAZ, Henry F., Raymond S. BRADLEY a Liang NING, 2018. Climatic Changes in Mountain Regions of the American Cordillera and the Tropics: Historical Changes and Future Outlook. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* [online]. **46**(4), 735-743 [cit. 2021-10-14]. ISSN 1523-0430.
- DICK, C. W. a S. J. WRIGHT, 2005. Tropical mountain cradles of dry forest diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. **102**(31), 10757-10758 [cit. 2021-09-06]. ISSN 0027-8424.
- DINGLE, Hugh a V. Alistair DRAKE, 2007. What Is Migration? *BioScience* [online]. **57**(2), 113-121 [cit. 2021-10-06]. ISSN 1525-3244.
- DONATI, Giuseppe, Eva RICCI, Nicoletta BALDI, Valentina MORELLI a Silvana M. BORGOGNINI-TARLI, 2011. Behavioral thermoregulation in a gregarious lemur, *Eulemur collaris*: Effects of climatic and dietary-related factors. *American Journal of Physical Anthropology* [online]. **144**(3), 355-364 [cit. 2021-12-01]. ISSN 00029483.
- ENQUIST, C. A. F., 2002. Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica. *Journal of Biogeography* [online]. **29**(4), 519-534 [cit. 2021-12-17]. ISSN 0305-0270.
- FEELEY, Kenneth J. a James T. STROUD, 2018. Where on Earth are the "tropics"? *Frontiers of Biogeography* [online]. **10**(1-2) [cit. 2021-10-19]. ISSN 1948-6596.
- FEELEY, Kenneth J., Miles R. SILMAN, Mark B. BUSH, et al., 2011. Upslope migration of Andean trees. *Journal of Biogeography* [online]. **38**(4), 783-791 [cit. 2021-11-26]. ISSN 03050270.
- FLEMING, Theodore H., 2019. Bat Migration. *Encyclopedia of Animal Behavior* [online]. Elsevier, 2019, s. 605-610 [cit. 2021-05-05]. ISBN 9780128132524.
- FLEMING, Theodore H., et al., 2003. *Ecology of bat migration: Bat ecology*.
- FORERO-MEDINA, German, John TERBORGH, S. Jacob SOCOLAR, Stuart L. PIMM a Sean A. RANDS, 2011. Elevational Ranges of Birds on a Tropical Montane Gradient Lag behind Warming Temperatures. *PLoS ONE* [online]. **6**(12) [cit. 2021-04-22]. ISSN 1932-6203.
- FREEMAN, B. G. a A. M. CLASS FREEMAN, 2014. Rapid upslope shifts in New Guinean birds illustrate strong distributional responses of tropical montane species to global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. **111**(12), 4490-4494 [cit. 2021-11-24]. ISSN 0027-8424.
- FREEMAN, Benjamin G. a Guy MIDGLEY, 2016. Thermal tolerances to cold do not predict upper elevational limits in New Guinean montane birds. *Diversity and Distributions* [online]. **22**(3), 309-317 [cit. 2021-11-24]. ISSN 1366-9516.
- GHALAMBOR, C. K., 2006. Are mountain passes higher in the tropics? Janzen's hypothesis revisited. *Integrative and Comparative Biology* [online]. **46**(1), 5-17 [cit. 2021-12-16]. ISSN 1540-7063.

- GOMEZ, Lita, Karl W. LARSEN a Patrick. T. GREGORY, 2015. Contrasting Patterns of Migration and Habitat Use in Neighboring Rattlesnake Populations. *Journal of Herpetology* [online]. **49**(3), 371-376 [cit. 2021-10-26]. ISSN 0022-1511.
- GOODMAN, Steven M. a Jörg U. GANZHORN, 2004. Elevational Ranges of Lemurs in the Humid Forests of Madagascar. *International Journal of Primatology* [online]. **25**(2), 331-350 [cit. 2021-12-01]. ISSN 0164-0291.
- GRADSTEIN, Robbert Stephan, Jürgen HOMEIER a Dirk GANSERT, 2008. *The tropical mountain forest: patterns and processes in a biodiversity hotspot*. 2008. Universitätsverlag Göttingen: Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek. ISBN 978-3-940344-22-9.
- GRAHAM, G. L., 1983. Changes in Bat Species Diversity along an Elevational Gradient up the Peruvian Andes. *Journal of Mammalogy* [online]. **64**(4), 559-571 [cit. 2021-11-27]. ISSN 1545-1542.
- GREGORY, Richard D., Stephen G. WILLIS, Frédéric JIGUET, et al., 2009. An Indicator of the Impact of Climatic Change on European Bird Populations. *PLoS ONE* [online]. **4**(3) [cit. 2021-12-17]. ISSN 1932-6203.
- GRYTNES, John-Arvid a Christy M. MCCAIN, 2013. Elevational Trends in Biodiversity. *Encyclopedia of Biodiversity* [online]. Elsevier, 2013, s. 149-154 [cit. 2021-12-06]. ISBN 9780123847201.
- GUEDES, Thaís B., Ricardo J. SAWAYA, Alexander ZIZKA, et al., 2018. Patterns, biases and prospects in the distribution and diversity of Neotropical snakes. *Global Ecology and Biogeography* [online]. **27**(1), 14-21 [cit. 2021-12-01]. ISSN 1466-822X.
- HAWKINS, Bradford A. a José Alexandre FELIZOLA DINIZ-FILHO, 2006. Beyond Rapoport's rule: evaluating range size patterns of New World birds in a two-dimensional framework. *Global Ecology and Biogeography* [online]. **15**(5), 461-469 [cit. 2021-11-23]. ISSN 1466822X.
- HAWKINS, Bradford A., Richard FIELD, Howard V. CORNELL, et al., 2003. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* [online]. **84**(12), 3105-3117 [cit. 2021-05-04]. ISSN 0012-9658.
- HEANEY, Lawrence R., 2001. Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology and Biogeography* [online]. **10**(1), 15-39 [cit. 2021-11-30]. ISSN 1466822X.
- HERTZ, Paul E., 1981. *Adaptation to altitude in two West Indian anoles (Reptilia: Iguanidae): field thermal biology and physiological ecology* [online]. The Zoological Society of London [cit. 2021-11-09].
- HERTZ, Paul E., 1992. Temperature Regulation in Puerto Rican Anolis Lizards: A Field Test Using Null Hypotheses. *Ecology* [online]. **73**(4), 1405-1417 [cit. 2021-11-09]. ISSN 00129658.
- HEYER, W. Ronald, 1967. A Herpetofaunal Study of an Ecological Transect Through the Cordillera de Tilarán, Costa Rica. *Copeia* [online]. **1967**(2) [cit. 2021-04-24]. ISSN 00458511.
- HOLZMAN, Barbara A., 2008. *Tropical forest biomes*. 2008. Westport, Conn.: Greenwood Press. ISBN 978-0-313-33998-1.
- HOUGHTON, John, 2005. Global warming. *Reports on Progress in Physics* [online]. **68**(6), 1343-1403 [cit. 2021-12-17]. ISSN 0034-4885.
- HOUZE, Robert A., 2010. Clouds in Tropical Cyclones. *Monthly Weather Review* [online]. **138**(2), 293-344 [cit. 2021-11-29]. ISSN 1520-0493.
- HSIUNG, An C., W. Alice BOYLE, Robert J. COOPER a Richard B. CHANDLER, 2018. Altitudinal migration: ecological drivers, knowledge gaps, and conservation implications. *Biological Reviews* [online]. **93**(4), 2049-2070 [cit. 2021-10-18]. ISSN 14647931.
- HU, Jia a Diego A. RIVEROS-IREGUI, 2016. Life in the clouds: are tropical montane cloud forests responding to changes in climate? *Oecologia* [online]. **180**(4), 1061-1073 [cit. 2021-11-23]. ISSN 0029-8549.



- HUANG, Shu-Ping a Ming-Chung TU, 2008. Heat tolerance and altitudinal distribution of a mountainous lizard, *Takydromus hsuehshanensis*, in Taiwan. *Journal of Thermal Biology* [online]. **33**(1), 48-56 [cit. 2021-11-09]. ISSN 03064565.
- HUANG, Shu-Ping, Warren P. PORTER, Ming-Chung TU a Chyi-Rong CHIOU, 2014. Forest cover reduces thermally suitable habitats and affects responses to a warmer climate predicted in a high-elevation lizard. *Oecologia* [online]. **175**(1), 25-35 [cit. 2021-11-09]. ISSN 0029-8549.
- HUANG, Shu-Ping, Yu-Chin LIN, Te-En LIN a Romain RICHARD, 2020. Thermal physiology explains the elevational range for a lizard, *Eutropis longicaudata*, in Taiwan. *Journal of Thermal Biology* [online]. **93** [cit. 2021-11-09]. ISSN 03064565.
- HUANG, Szu-Mien, Shu-Ping HUANG, Yi-Hue CHEN a Ming-Chung TU, 2007. Thermal Tolerance and Altitudinal Distribution of Three Trimeresurus Snakes (Viperidae: Crotalinae) in Taiwan. *Zoological Studies*. (46.5: 592-599).
- HUEY, Raymond B., 1978. Latitudinal Pattern of Between-Altitude Faunal Similarity: Mountains Might be "Higher" in the Tropics. *The American Naturalist* [online]. **112**(983), 225-229 [cit. 2021-04-25]. ISSN 0003-0147.
- HUEY, Raymond B., 1991. Physiological Consequences of Habitat Selection. *The American Naturalist* [online]. **137**, S91-S115 [cit. 2021-12-16]. ISSN 0003-0147.
- CHAN, Wei-Ping, I-Ching CHEN, Robert K. COLWELL, Wei-Chung LIU, Cho-ying HUANG a Sheng-Feng SHEN, 2016. Seasonal and daily climate variation have opposite effects on species elevational range size. *Science* [online]. **351**(6280), 1437-1439 [cit. 2021-11-24]. ISSN 0036-8075.
- CHAVES-CAMPOS, Johel, J. Edgardo ARÉVALO a Mariamalia ARAYA, 2003. Altitudinal movements and conservation of Bare-necked Umbrellabird *Cephalopterus glabricollis* of the Tilarán Mountains, Costa Rica. *Bird Conservation International* [online]. **13**(1), 45-58 [cit. 2021-07-21]. ISSN 0959-2709.
- CHEN, I-Ching, Jane K. HILL, Ralf OHLEMÜLLER, David B. ROY a Chris D. THOMAS, 2011. Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. *Science* [online]. **333**(6045), 1024-1026 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0036-8075.
- JAHANDIDEH-TEHRANI, Mahsa, Hong ZHANG, Fernanda HELFER a Yingying YU, 2019. Review of climate change impacts on predicted river streamflow in tropical rivers. *Environmental Monitoring and Assessment* [online]. **191**(12) [cit. 2021-10-20]. ISSN 0167-6369.
- JANZEN, Daniel H., 1967. Why Mountain Passes are Higher in the Tropics. *The American Naturalist* [online]. **101**(919), 233-249 [cit. 2021-08-06]. ISSN 0003-0147.
- JARVIS, Andy a Mark MULLIGAN, 2011. The climate of cloud forests. *Hydrological Processes* [online]. **25**(3), 327-343 [cit. 2021-09-06]. ISSN 08856087.
- JENÍK, Jan, 1995. *Ekosystémy: (úvod do organizace zonálních a azonálních biotů)*. Praha: Karolinum. ISBN 80-7184-040-8.
- KATTAN, Gustavo H. a Padu FRANCO, 2004. Bird diversity along elevational gradients in the Andes of Colombia: area and mass effects. *Global Ecology and Biogeography* [online]. **13**(5), 451-458 [cit. 2021-11-29]. ISSN 1466822X.
- KHALIQ, Imran, Christian HOF, Roland PRINZINGER, Katrin BÖHNING-GAESE a Markus PFENNINGER, 2014. Global variation in thermal tolerances and vulnerability of endotherms to climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. **281**(1789) [cit. 2021-12-16]. ISSN 0962-8452.
- KÖRNER, Christian a Eva SPEHN, 2019. A Humboldtian view of mountains. *Science* [online]. **365**(6458), 1061-1061 [cit. 2021-09-25]. ISSN 0036-8075.
- KÖRNER, Christian, Walter JETZ, Jens PAULSEN, Davnah PAYNE, Katrin RUDMANN-MAURER a Eva M. SPEHN, 2017. A global inventory of mountains for bio-geographical applications. *Alpine Botany* [online]. **127**(1), 1-15 [cit. 2021-12-16]. ISSN 1664-2201.

- LAWLER, Joshua J., Sarah L. SHAFER, Denis WHITE, Peter KAREIVA, Edwin P. MAURER, Andrew R. BLAUSTEIN a Patrick J. BARTLEIN, 2009. Projected climate-induced faunal change in the Western Hemisphere. *Ecology* [online]. **90**(3), 588-597 [cit. 2021-12-17]. ISSN 0012-9658.
- LEWIN, Amir, Anat FELDMAN, Aaron M. BAUER, et al., 2016. Patterns of species richness, endemism and environmental gradients of African reptiles. *Journal of Biogeography* [online]. **43**(12), 2380-2390 [cit. 2021-05-05]. ISSN 03050270.
- LOISELLE, Bette A. a John G. BLAKE, 1991. Temporal Variation in Birds and Fruits Along an Elevational Gradient in Costa Rica. *Ecology* [online]. **72**(1), 180-193 [cit. 2021-11-22]. ISSN 00129658.
- LOMOLINO, MARK. V., 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography* [online]. **10**(1), 3-13 [cit. 2021-04-18]. ISSN 1466822X.
- MADISON, Dale M., 1997. The Emigration of Radio-Implanted Spotted Salamanders, *Ambystoma maculatum*. *Journal of Herpetology* [online]. **31**(4) [cit. 2021-10-23]. ISSN 00221511.
- MALHI, Y., M. SILMAN, N. SALINAS, M. BUSH, P. MEIER a S. SAATCHI, 2010. Introduction: Elevation gradients in the tropics. *Global Change Biology* [online]. **16**(12), 3171-3175 [cit. 2021-12-01]. ISSN 13541013.
- MANGA, Veronica E., Christopher M. AGYINGI a Cheo E. SUH, 2014. Trace Element Soil Quality Status of Mt. Cameroon Soils. *Advances in Geology* [online]. **2014**, 1-8 [cit. 2021-12-17]. ISSN 2356-6728.
- MCCAIN, Christy M a John-Arvid GRYTNES, 2010. *Elevational Gradients in Species Richness: Encyclopedia of Life Sciences*. 10.
- MCCAIN, Christy M., 2004. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography* [online]. **31**(1), 19-31 [cit. 2021-11-29]. ISSN 03050270.
- MCCAIN, Christy M., 2005. Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology* [online]. **86**(2), 366-372 [cit. 2021-05-04]. ISSN 0012-9658.
- MCCAIN, Christy M., 2007. Area and mammalian elevational diversity. *Ecology* [online]. **88**(1), 76-86 [cit. 2021-08-06]. ISSN 0012-9658.
- MCCAIN, Christy M., 2007. Could temperature and water availability drive elevational species richness patterns? A global case study for bats. *Global Ecology and Biogeography* [online]. **16**(1), 1-13 [cit. 2021-05-04]. ISSN 1466-822X.
- MCCAIN, Christy M., 2009. Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography* [online]. **18**(3), 346-360 [cit. 2021-09-06]. ISSN 1466822X.
- MCCAIN, Christy M., 2009. Vertebrate range sizes indicate that mountains may be 'higher' in the tropics. *Ecology Letters* [online]. **12**(6), 550-560 [cit. 2021-09-06]. ISSN 1461023X.
- MCCAIN, Christy M., 2010. Global analysis of reptile elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography* [online]. [cit. 2021-12-01]. ISSN 1466822X.
- MCCRACKEN, G. F., J. P. HAYES, J. CEVALLOS, S. Z. GUFFEY a F. Carlos ROMERO, 1997. Observations on the distribution, ecology, and behaviour of bats on the Galapagos Islands. *Journal of Zoology* [online]. **243**(4), 757-770 [cit. 2021-11-11]. ISSN 09528369.
- MCDONALD, R. E., D. G. BLEAKEN, D. R. CRESSWELL, V. D. POPE a C. A. SENIOR, 2005. Tropical storms: representation and diagnosis in climate models and the impacts of climate change. *Climate Dynamics* [online]. **25**(1), 19-36 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0930-7575.
- MCGUIRE, Liam P. a W. Alice BOYLE, 2013. Altitudinal migration in bats: evidence, patterns, and drivers. *Biological Reviews* [online]. **88**(4), 767-786 [cit. 2021-11-05]. ISSN 14647931.
- MCKECHNIE, A. E. a N. MZILIKAZI, 2011. Heterothermy in Afrotropical Mammals and Birds: A Review. *Integrative and Comparative Biology* [online]. **51**(3), 349-363 [cit. 2021-12-01]. ISSN 1540-7063.

- MELLO, M.A.R., E.K.V. KALKO a W.R. SILVA, 2009. Ambient temperature is more important than food availability in explaining reproductive timing of the bat *Sturnira lilium* (Mammalia: Chiroptera) in a montane Atlantic Forest. *Canadian Journal of Zoology* [online]. **87**(3), 239-245 [cit. 2021-07-21]. ISSN 0008-4301.
- MEZA-JOYA, Fabio Leonardo a Mauricio TORRES, 2016. Spatial diversity patterns of *Pristimantis* frogs in the Tropical Andes. *Ecology and Evolution* [online]. **6**(7), 1901-1913 [cit. 2021-11-11]. ISSN 20457758.
- MYERS, Norman, Russell A. MITTERMEIER, Cristina G. MITTERMEIER, Gustavo A. B. DA FONSECA a Jennifer KENT, 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* [online]. **403**(6772), 853-858 [cit. 2021-08-06]. ISSN 0028-0836.
- NAVAS, C. A., 2006. Patterns of distribution of anurans in high Andean tropical elevations: Insights from integrating biogeography and evolutionary physiology. *Integrative and Comparative Biology* [online]. **46**(1), 82-91 [cit. 2021-11-16]. ISSN 1540-7063.
- NAVAS, Carlos A, 2002. Herpetological diversity along Andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* [online]. **133**(3), 469-485 [cit. 2021-11-16]. ISSN 10956433.
- NEUBAUM, Daniel J., Thomas J. O'SHEA a Kenneth R. WILSON, 2006. Autumn migration and selection of rock crevices as hibernacula by big brown bats in Colorado. *Journal of Mammalogy* [online]. **87**(3), 470-479 [cit. 2021-10-27]. ISSN 0022-2372.
- ORTIZ-YUSTY, Carlos Eduardo, Vivian PÁEZ a Zaplata A FERNANDO, 2013. *Temperature and precipitation as predictors of species richness in northern Andean amphibians from Colombia* [online]. *Caldasia*, (35.1: 65-80) [cit. 2021-11-12]. ISSN 0366-5232.
- OSBORNE, Patrick L, 2000. *Tropical ecosystems and ecological concepts*. 2000. Cambridge University Press. ISBN 0 521 64251 5.
- OWEN, James G., 1989. Patterns of Herpetofaunal Species Richness: Relation to Temperature, Precipitation, and Variance in Elevation. *Journal of Biogeography* [online]. **16**(2) [cit. 2021-11-16]. ISSN 03050270.
- PARMESAN, Camille, 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* [online]. **37**(1), 637-669 [cit. 2021-04-12]. ISSN 1543-592X.
- PATTERSON, B. D., V. PACHECO a S. SOLARI, 1996. Distribution of bats along an elevational gradient in the Andes of south-eastern Peru. *Journal of Zoology* [online]. **240**(4), 637-658 [cit. 2021-11-28]. ISSN 0952-8369.
- PEARSON, Oliver P. a David F. BRADFORD, 1976. Thermoregulation of Lizards and Toads at High Altitudes in Peru. *Copeia* [online]. **1976**(1) [cit. 2021-11-16]. ISSN 00458511.
- PEH, Kelvin S-H., 2007. Potential Effects of Climate Change on Elevational Distributions of Tropical Birds in Southeast Asia. *The Condor* [online]. **109**(2), 437-441 [cit. 2021-08-06]. ISSN 0010-5422.
- PETERS, Marcell K., Andreas HEMP, Tim APPELHANS, et al., 2016. Predictors of elevational biodiversity gradients change from single taxa to the multi-taxa community level. *Nature Communications* [online]. **7**(1) [cit. 2021-12-17]. ISSN 2041-1723.
- PIMM, S., P. RAVEN, A. PETERSON, C. H. SEKERCIOGLU a P. R. EHRLICH, 2006. Human impacts on the rates of recent, present, and future bird extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. **103**(29), 10941-10946 [cit. 2021-12-17]. ISSN 0027-8424.
- PINTANEL, Pol, Miguel TEJEDO, Santiago R. RON, Gustavo A. LLORENTE a Andrés MERINO-VITERI, 2019. Elevational and microclimatic drivers of thermal tolerance in Andean *Pristimantis* frogs. *Journal of Biogeography* [online]. **46**(8), 1664-1675 [cit. 2021-11-10]. ISSN 0305-0270.

- PORTER, Warren P. a David M. GATES, 1969. Thermodynamic Equilibria of Animals with Environment. *Ecological Monographs* [online]. **39**(3), 227-244 [cit. 2021-05-04]. ISSN 0012-9615.
- POUNDS, J. Alan, Michael P. L. FOGDEN a John H. CAMPBELL, 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* [online]. **398**(6728), 611-615 [cit. 2021-08-06]. ISSN 0028-0836.
- POYNTON, J. C., S. P. LOADER, E. SHERRATT a B. T. CLARKE, 2007. Amphibian diversity in East African biodiversity hotspots: altitudinal and latitudinal patterns. HAWKSWORTH, David L. a Alan T. BULL, ed. *Vertebrate Conservation and Biodiversity* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006-07-12, s. 277-292 [cit. 2021-11-18]. Topics in Biodiversity and Conservation. ISBN 978-1-4020-6319-0.
- PRESTON, KRISTINE L., JOHN T. ROTENBERRY, RICHARD A. REDAK a MICHAEL F. ALLEN, 2008. Habitat shifts of endangered species under altered climate conditions: importance of biotic interactions. *Global Change Biology* [online]. **14**(11), 2501-2515 [cit. 2021-12-16]. ISSN 13541013.
- PROSSER, C. Ladd, 1962. *Acclimation of poikilothermic vertebrates to low temperatures: Comparative physiology of temperature regulation*. Part I. Geophysical Institute University of Alaska College. ISBN 1-44.
- QIAN, Hong, 2010. Environment–richness relationships for mammals, birds, reptiles, and amphibians at global and regional scales. *Ecological Research* [online]. **25**(3), 629-637 [cit. 2021-04-24]. ISSN 0912-3814.
- QIAN, Hong, Xihua WANG, Silong WANG a Yuanliang LI, 2007. Environmental determinants of amphibian and reptile species richness in China. *Ecography* [online]. **30**(4), 471-482 [cit. 2021-11-23]. ISSN 09067590.
- QUINTERO, Ignacio a Walter JETZ, 2018. Global elevational diversity and diversification of birds. *Nature* [online]. **555**(7695), 246-250 [cit. 2021-12-17]. ISSN 0028-0836.
- RAHBEEK, Carsten, 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography* [online]. **18**(2), 200-205 [cit. 2021-11-28]. ISSN 0906-7590.
- RAHBEEK, Carsten, 1997. The Relationship Among Area, Elevation, And Regional Species Richness In Neotropical Birds. *The American Naturalist* [online]. **149**(5), 875-902 [cit. 2021-08-06]. ISSN 0003-0147.
- RAHBEEK, Carsten, Michael K. BORREGAARD, Robert K. COLWELL, et al., 2019. Humboldt's enigma: What causes global patterns of mountain biodiversity? *Science* [online]. **365**(6458), 1108-1113 [cit. 2021-08-06]. ISSN 0036-8075.
- RAMÍREZ, Beatriz H., Adriaan J. TEULING, Laurens GANZVELD, Zita HEGGER a Rik LEEMANS, 2017. Tropical Montane Cloud Forests: Hydrometeorological variability in three neighbouring catchments with different forest cover. *Journal of Hydrology* [online]. **552**, 151-167 [cit. 2021-12-16]. ISSN 00221694.
- RAPPOLE, John H., 2013. *The Avian Migrant* [online]. New York Chichester, West Sussex: Columbia University Press [cit. 2021-10-21]. ISBN 9780231518635.
- RAXWORTHY, CHRISTOPHER J., RICHARD G. PEARSON, NIRHY RABIBISOA, et al., 2008. Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar. *Global Change Biology* [online]. **14**(8), 1703-1720 [cit. 2021-05-05]. ISSN 13541013.
- RICHTER, Stephen C., Jeanne E. YOUNG, Richard A. SEIGEL a Glen N. JOHNSON, 2001. Postbreeding Movements of the Dark Gopher Frog, *Rana sevos* Goin and Netting: Implications for Conservation and Management. *Journal of Herpetology* [online]. **35**(2) [cit. 2021-10-23]. ISSN 00221511.

- RUF, Thomas a Fritz GEISER, 2015. Daily torpor and hibernation in birds and mammals. *Biological Reviews* [online]. **90**(3), 891-926 [cit. 2021-12-01]. ISSN 1464-7931.
- SEEBACHER, Frank, 2009. Responses to temperature variation: integration of thermoregulation and metabolism in vertebrates. *Journal of Experimental Biology* [online]. **212**(18), 2885-2891 [cit. 2021-12-16]. ISSN 1477-9145.
- ŞEKERCIOĞLU, Çağan H., Richard B. PRIMACK a Janice WORMWORTH, 2012. The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation* [online]. **148**(1), 1-18 [cit. 2021-12-16]. ISSN 00063207.
- ŞEKERCIOĞLU, CAGAN H., STEPHEN H. SCHNEIDER, JOHN P. FAY a SCOTT R. LOARIE, 2008. Climate Change, Elevational Range Shifts, and Bird Extinctions. *Conservation Biology* [online]. **22**(1), 140-150 [cit. 2021-12-17]. ISSN 08888892.
- SHELDON, Kimberly S., 2019. Climate Change in the Tropics: Ecological and Evolutionary Responses at Low Latitudes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* [online]. **50**(1), 303-333 [cit. 2021-12-17]. ISSN 1543-592X.
- SHELDON, Kimberly S., Raymond B. HUEY, Michael KASPARI a Nathan J. SANDERS, 2018. Fifty Years of Mountain Passes: A Perspective on Dan Janzen's Classic Article. *The American Naturalist* [online]. **191**(5), 553-565 [cit. 2021-09-25]. ISSN 0003-0147.
- SHINE, R. a G. P. BROWN, 2002. Effects of seasonally varying hydric conditions on hatchling phenotypes of keelback snakes (*Tropidonophis mairii*, Colubridae) from the Australian wet-dry tropics. *Biological Journal of the Linnean Society* [online]. **76**(3), 339-347 [cit. 2021-12-01]. ISSN 0024-4066.
- SHOO, Luke P., Stephen E. WILLIAMS a Jean-Marc HERO, 2005. Climate warming and the rainforest birds of the Australian Wet Tropics: Using abundance data as a sensitive predictor of change in total population size. *Biological Conservation* [online]. **125**(3), 335-343 [cit. 2021-04-05]. ISSN 00063207.
- SCHEFFERS, Brett R., Luke SHOO, Ben PHILLIPS, et al., 2017. Vertical (arboreality) and horizontal (dispersal) movement increase the resilience of vertebrates to climatic instability. *Global Ecology and Biogeography* [online]. **26**(7), 787-798 [cit. 2021-12-05]. ISSN 1466822X.
- SCHNEIDER, Tapio, Tobias BISCHOFF a Gerald H. HAUG, 2014. Migrations and dynamics of the intertropical convergence zone. *Nature* [online]. **513**(7516), 45-53 [cit. 2021-11-21]. ISSN 0028-0836.
- SOUTHWOOD, Amanda a Larisa AVENS, 2010. Physiological, behavioral, and ecological aspects of migration in reptiles. *Journal of Comparative Physiology B* [online]. **180**(1), 1-23 [cit. 2021-10-26]. ISSN 0174-1578.
- STADMÜLLER, Thomas, 1987. *Cloud forests in the humid tropics: bibliographic review*.
- STEIN, Anke, Katharina GERSTNER, Holger KREFT a Hector ARITA, 2014. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters* [online]. **17**(7), 866-880 [cit. 2021-12-16]. ISSN 1461023X.
- SUGARDJITO, J., I. J. A. TE BOEKHORST a J. A. R. A. M. VAN HOOFF, 1987. Ecological constraints on the grouping of wild orang-utans (*Pongo pygmaeus*) in the Gunung Leuser National Park, Sumatra, Indonesia. *International Journal of Primatology* [online]. **8**(1), 17-41 [cit. 2021-11-17]. ISSN 0164-0291.
- SUNDAY, Jennifer M., Amanda E. BATES a Nicholas K. DULVY, 2011. Global analysis of thermal tolerance and latitude in ectotherms. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. **278**(1713), 1823-1830 [cit. 2021-09-06]. ISSN 0962-8452.
- TALLOWIN, Oliver, Allen ALLISON, Adam C. ALGAR, Fred KRAUS a Shai MEIRI, 2017. Papua New Guinea terrestrial-vertebrate richness: elevation matters most for all except reptiles. *Journal of Biogeography* [online]. **44**(8), 1734-1744 [cit. 2021-11-19]. ISSN 03050270.

- TERBORGH, John, 1977. Bird Species Diversity on an Andean Elevational Gradient. *Ecology* [online]. **58**(5), 1007-1019 [cit. 2021-11-27]. ISSN 00129658.
- TEWKSBURY, Joshua J., Raymond B. HUEY a Curtis A. DEUTSCH, 2008. Putting the Heat on Tropical Animals. *Science* [online]. **320**(5881), 1296-1297 [cit. 2021-12-17]. ISSN 0036-8075.
- THOMAS, Chris D., Alison CAMERON, Rhys E. GREEN, et al., 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* [online]. **427**(6970), 145-148 [cit. 2021-12-17]. ISSN 0028-0836.
- THUILLER, Wilfried, 2007. Climate change and the ecologist. *Nature* [online]. **448**(7153), 550-552 [cit. 2021-12-17]. ISSN 0028-0836.
- TYE, HILARY, 1992. Reversal of breeding season by lowland birds at higher altitudes in western Cameroon. *Ibis* [online]. **134**(2), 154-163 [cit. 2021-04-15]. ISSN 00191019.
- UETZ, Peter, 2021. The Reptile Database. [Http://www.reptile-database.org](http://www.reptile-database.org) [online]. 2021 [cit. 2021-11-22].
- VOIGT, Christian C., Maria HELBIG-BONITZ, Stephanie KRAMER-SCHADT a Elisabeth K. V. KALKO, 2014. The third dimension of bat migration: evidence for elevational movements of *Miniopterus natalensis* along the slopes of Mount Kilimanjaro. *Oecologia* [online]. **174**(3), 751-764 [cit. 2021-10-26]. ISSN 0029-8549.
- WAKE, David B., 1987. Adaptive Radiation of Salamanders in Middle American Cloud Forests. *Annals of the Missouri Botanical Garden* [online]. **74**(2) [cit. 2021-11-24]. ISSN 00266493.
- WAKE, David.B. a J.F. LYNCH, 1967. *The distribution, ecology, and evolutionary history of plethodontid salamanders in tropical America.* [online]. *Sci. Bull. Nat. Hist. Museum* [cit. 2021-12-16].
- WALLACE, A.F., 1876. *The geographical distribution of animals.*
- WICH, Serge A., Erik MEIJAARD, Andrew J. MARSHALL, et al., 2008. Distribution and conservation status of the orang-utan ( *Pongo* spp.) on Borneo and Sumatra: how many remain? *Oryx* [online]. **42**(03) [cit. 2021-11-22]. ISSN 0030-6053.
- WILLIAMS, Stephen E., Elizabeth E. BOLITHO a Samantha FOX, 2003. Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* [online]. **270**(1527), 1887-1892 [cit. 2021-10-14]. ISSN 0962-8452.
- WOOLBRIGHT, Lawrence L. a Christopher P. MARTIN, 2014. Seasonal Migration by Red-Backed Salamanders, *Plethodon cinereus*. *Journal of Herpetology* [online]. **48**(4), 546-551 [cit. 2021-10-26]. ISSN 0022-1511.
- YOUNG, Kenneth R., 2014. Ecología de los cambios de cobertura del paisaje de glaciares de montañas tropicales. *Revista Peruana de Biología* [online]. **21**(3), 259-270 [cit. 2021-08-06]. ISSN 1727-9933.