



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Fakulta životního prostředí
Katedra ekologie a životního prostředí

Vliv globálních klimatických změn na vybrané druhy ptáků a savců a jejich společenstva

Global Climate Changes Impact on Selected Species of Birds
and Mammals and their Assemblages

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Zpracovala: Kateřina Brožová

2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vliv globálních klimatických změn na vybrané druhy ptáků a savců a jejich společenstva“ vypracovala samostatně s použitím odborné literatury uvedené v seznamu, který je součástí této práce.

V Praze dne 29. 4. 2008

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu své bakalářské práce Ing. Petru Zasadilovi Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, ochotu a trpělivost, se kterou mi věnoval svůj čas při konzultacích této práce.

Abstrakt

Projevy globálních klimatických změn jsou patrné u všech žijících organismů. Ptáci a savci jsou jedněmi z nejlépe prostudovaných skupin živočichů, na kterých lze vliv podnebných změn dokumentovat. Literární rešerše se proto po stručném úvodu do problematiky globálních klimatických změn a jejich vlivu na biodiverzitu zabývá právě jimi. Kapitola věnovaná dopadu změn na ptáky popisuje hlavní projevy v základních ukazatelích fenologie, tj. načasování migrace a době hnízdění. Kapitola věnující se savcům předkládá pozorování reakcí konkrétních druhů na změny klimatu v minulosti a díky modelům i vybrané prognózy do budoucna, zejména pro území Evropy. Závěrečná část práce shrnuje možná řešení a předběžná opatření ke zmírnění dopadů globálních klimatických změn.

Abstract

Various manifestations of the undergoing global climate changes are evident across the whole range of living organisms. As thoroughly documented species, birds and mammals are well suitable for deeper studies on the subject of these changes and their effects. Therefore, after a brief introduction to the global climate issue and its respective consequences and impacts on the biodiversity, this literature search focuses right on them. The birds-dedicated chapter describes the effects of the global warming on the basic phenology indicators, i.e. migration and breeding timings, while the mammals' chapter reveals past observations on particular species and provides a modeled prognosis for the future European-wide development. Finally, the conclusion summarizes the presented solutions and pre-emptive measures to soften the impacts of the emerging climate changes.

Obsah

1. Problematika globálních klimatických změn - příčiny a důsledky.....	6
1.1. Historická periodizace.....	6
1.1.1 Nejstarší období	6
1.1.2 Prvohory až třetihory	7
1.1.3 Doby ledové	8
1.2. Příčiny a důsledky.....	8
1.2.1 Příčiny klimatických změn.....	8
1.2.2 Skleníkový efekt a skleníkové plyny	10
1.2.3 Dopady klimatických změn	13
2. Dopady klimatických změn na biologickou diverzitu.....	17
2.1. Biologická diverzita.....	17
2.2. Vliv člověka na biodiverzitu	18
2.3. Vliv klimatických změn na biodiverzitu.....	19
3. Dopady klimatických změn na ptáky	21
4. Dopady klimatických změn na savce	28
4.1. Výzkum na pytlonoších	28
4.2. Vliv na evoluci	29
4.3. Počítačové modely a prognózy do budoucna.....	31
5. Možná opatření ke zmírnění dopadů globálních klimatických změn	35
5.1. Mezinárodní iniciativa	35
5.2. Současná situace a scénáře do budoucna	36
5.3. Řešení.....	37
6. Souhrn a závěr	40
7. Přílohy.....	41
8. Použitá literatura.....	42

Úvod

Změny klimatu, jejich dopady a nutnost reakce představují jedno z klíčových témat současné environmentální politiky. Vědecké poznatky posledních let ukazují, že zvyšování koncentrací skleníkových plynů v důsledku lidské činnosti klimatický systém Země ovlivňuje. Ten se výkyvům koncentrací přizpůsobuje formou globálního oteplování a následných změn celého systému. Navzdory pokroku, jenž byl proveden v oblasti vědy a výzkumu klimatických změn, stále existují nejasnosti v oblasti vzájemné interakce emisí skleníkových plynů a klimatického systému (ČHMÚ 2007).

Dostupná měření skutečně vypovídají o nárůstu teplot v posledních desetiletích. Tyto střednědobé údaje jsou dále doplňovány o výsledky výzkumů v oblasti paleoklimatologie, která odhaduje historický vývoj klimatu nepřímo rozbořen hornin, ledovcových vrtů, letokruhů apod. Na základě všech dostupných dat dělají vědci závěry a počítačové modely tak simulují vývoj klimatu až na několik století dopředu (Barnosky & Kraatz 2007).

Rozsáhlé změny klimatu, které byly pozorovány a doloženy v Evropě a na dalších kontinentech, způsobují posuny ve fenologii a distribuci rostlin a živočichů, sahají od terestrických po mořské ekosystémy (Holliday 2004).

Cílem této práce je zpracovat literární rešerši se zaměřením na:

- obecnou problematiku globálních změn klimatu
- dopady klimatických změn na biodiverzitu
- dopady klimatických změn na ptáky
- dopady klimatických změn na savce
- možná opatření ke zmírnění dopadů podnebných změn

1. Problematika globálních klimatických změn - příčiny a důsledky

Pro analýzu problematiky globálních změn je nezbytné nejprve objasnit základní termíny.

Klima je dlouhodobý režim počasí podmíněný energetickou bilancí systému Země-atmosféra, atmosférickou cirkulací, charakteristikami povrchu podkladu (povrchu zemského a objektů na něm) a lidskými zásahy. Tento režim se rok od roku v desetiletích poněkud mění - kolísá kolem střední hodnoty. Kolísání podnebí je v historickém období poměrně malé, avšak v geologickém měřítku jsou svědectví o jednostranných výchylnkách podnebí trvajících tisíce let i řádově déle (doby ledové, meziledové).

Podle velikostí podnebních jevů a dějů se rozlišuje makro-, mezo- a mikroklima (podobně se dělí meteorologie na tytéž velikostní obory) doplňované někdy i kategorií "místního podnebí" mezi mezo- a mikroklimatem. Vědním oborem, který popisuje, vysvětluje podnebí, popřípadě i předpovídá jeho změny, je klimatologie, považovaná dnes za součást meteorologie (Collins 2002, Barros 2006).

1.1. Historická periodizace

Aby bylo možné zasadit údaje ze současné skutečnosti do kontextu minulých dob a především ukázat, že klima nikdy nebylo stálé a stálé také patrně nebude, je vhodné nejprve zrekapitulovat historii klimatu na Zemi, od stvoření této třetí planety Sluneční soustavy, až po současnost. Tento oddíl se snaží analyzovat jednotlivé oblasti globálních změn a určit význam lidských zásahů do nich.

1.1.1 Nejstarší období

Země je třetí planetou Sluneční soustavy a jedinou planetou, na které byl dosud objeven život. Vznikla asi před 4,57 miliardami let shlukováním vesmírného prachu a plynu nejprve do menších těles o průměru jen několika kilometrů, které se později spojily v jeden celek (Acot 2005).

Atmosféra po vzniku Země se skládala především z vodíku a hélia (prvky tvořící původní mlhovinu). Vlivem procesů provázejících bouřlivé období utváření Země a některých katastrof (srážky s vesmírnými tělesy) došlo k zániku prvotní atmosféry a vznikla atmosféra druhotná, sležená především z molekulárního dusíku, amoniaku, oxidu uhličitého, sirovodíku, oxidu siřičitého a vodních par. Tyto prvky se uvolnily ze zemského pláště a vody. Současná atmosféra vznikala dlouhým procesem rozpadu těchto původních molekul plynů a biochemickými ději, o které se později zasloužily organismy vniklé na Zemi.

Kyslík se v atmosféře ve větším množství objevil teprve po miliardě let jako produkt fotosyntézy jednoduchých bakterií. K jeho výraznému navýšení došlo před 2-1,6 miliardami let, kdy se objevují eukaryotní organismy, schopné lepší fotosyntetické činnosti. Tyto organismy vázaly

velké množství oxidu uhličitého a uvolňovaly kyslík. Oxid uhličitý se pak z jejich odumřelých těl ukládal do rozsáhlých vápenatých pánví. Tímto ukládáním došlo ke snížení jeho množství v atmosféře a tak i k omezení skleníkového efektu, důsledkem čehož bylo globální snížení teploty na celé planetě.

Před 2,3 miliardami let nastalo první zalednění, které trvalo asi 300 milionů let. Pak se teplé klima opět vrátilo. K ochlazení došlo znovu asi před 1 miliardou let, vlivem vesmírného působení a některých geologických událostí spojených s pohybem kontinentů. Podle některých vědců v tomto období zalednění, které trvalo asi 400 milionů let ve třech velkých vlnách, bylo zalednění tak výrazné, že mohlo dokonce dojít k zamrznutí celé Země.

Koncem této doby ledové končí nejstarší období Země - prekambrium. Trvalo většinu planetární historie- od jejího vzniku až do doby před 600 miliony let- tedy asi 4 miliardy let. (Acot 2005)

1.1.2 Prvohory až třetihory

Prvohorní období začíná kambriem. V této době ještě na Zemi neexistovala pevnina a ozónová vrstva, organismy žily tedy jen v mořích. První pevnina se vynořuje až v ordoviku. Na pevninu se stěhují některé primitivní rostliny. Kromě pevniny se v ordoviku objevují také obratlovci. Působením metabolismu živých organismů dochází v následujícím období - siluru - ke změnám složení atmosféry. Vzniká ozónová vrstva- tato ochrana před ničivými účinky slunečního UV záření umožnila stěhování organismů na souš ve velkém měřítku. Tak se v devonské době objevují obrovské přesličky a kapradiny, ukládáním jejich organických zbytků pak v karbonu vznikají obrovské pánve uhlí.

Ke konci devonu, asi před 385 miliony let, dochází ke katastrofě. Její důsledky postihly především mořské organismy, mezi kterými došlo k obrovskému vymírání druhů. Tyto katastrofy ze starších období historie Země se obtížně objasňují. Vědci je často vysvětlují dopadem velkého meteoritu a sopečnou činností. Zmiňované události jsou obvykle propojené, protože dopad meteoritu naruší klid zemské kůry. Meteorit působí jednak přímo svým dopadem v určitém dosahu, mnohem významnější jsou ale dlouhodobé důsledky způsobené vyvržením obrovského množství prachu do ovzduší, která pak brání v pronikání slunečního záření na povrch a způsobují tak výrazné ochlazení. Stejný efekt má i sopečná činnost.

K dalším katastrofám došlo na přelomu permu a triasu (přelom prvohor a druhohor; vymírá 80-95% všech druhů). Asi nejznámější je katastrofa, která se odehrála na konci třetihorního období - křídly, před 65 miliony let. Měla fatální důsledek především pro dominantní druh na Zemi - dinosaurusy. Ti se nedokázali přizpůsobit rozsáhlým klimatickým změnám, které zahrnovaly opakované střídání oteplení a ochlazení v krátké době. Vyhynutí dinosaurů využili savci, kteří díky mnohem lepší termoregulaci byli schopni se klimatickým změnám přizpůsobit. K dalšímu období chaosu, provázeného rychlými změnami klimatu, dochází také před 35 miliony let (Acot 2005).

1.1.3 Doby ledové

Z hlediska analýzy klimatických změn je ale především důležitý cyklus dob ledových, který začíná cca před 3 miliony let.

Zalednění typu donau zahrnuje tři fáze v obdobích před 3 miliony, 2,5 a 2 miliony let. Pro srovnání v této době se objevuje a žije na Zemi nejstarší předchůdce člověka australopitekus. Následuje období gūnz I a II před 1 milionem až před 700 000 lety (v této době žije homo habilis). Dále - mindel I a II.(před 500 000 a 400 000 let) a riss I, II, III (před 300 000 , 200 000 a 100 000 lety) - období rodu homo erectus. V posledních 100 000 letech se rychlost střídání dob ledových viditelně zrychluje: udály se čtyři (würm I-IV) - před 80 000, 45 000, 32 000 a 18 000 let. Během tohoto posledního glaciálu byla hladina moře asi o 100 metrů níže než dnes a objem pevninských ledovců byl asi dvojnásobný proti současným asi 30 kilometrům krychlovým (Barros 2006; Acot 2005).

Tento stručný souhrn historie klimatického vývoje má poukázat především na to, že klima naší planety není ani zdaleka stálé. V minulosti zde existovala z hlediska lidského života nepředstavitelně dlouhá období zalednění, během kterých vyhynula většina druhů tehdejších organismů. Biosféra se ale naštěstí s těmito bouřlivými změnami vždy dokázala vyrovnat.

1.2. Příčiny a důsledky

1.2.1 Příčiny klimatických změn

Vliv člověka

Počátek vlivu lidské činnosti na klimatické změny bývá dáván do souvislosti s průmyslovou revolucí, tedy s polovinou 19. století. Acot (2005) ale uvádí, že k ovlivňování klimatu lidmi dochází již od počátků zemědělství - tedy od začátku neolitu - před 6000 lety. Podle posledních výzkumů se ale ukazuje, že zemědělství se lidé začali věnovat pravděpodobně o dost dříve - někdy od konce poslední doby ledové (Cílek 2007), tedy od doby před 12 000 lety. Lidé tehdy tím, že začali vypalovat obrovské plochy lesa, aby udrželi volnou půdu pro pěstování rostlin a pastvin pro zvířata, začali uvolňovat do vzduchu poměrně velké množství oxidu uhličitého.

Cílek (2007) uvádí, že od doby asi před 8 000 lety přestala teplota klimatu klesat - jak by se mělo dít podle přirozeného cyklu, ale místo toho se v podstatě stabilizovala. K určitým výchytkám došlo v období klimatického optima ve středověku v 11.-13. stol., od začátku 14. století pak naopak nastává poměrně výrazný pokles teplot, který trvá dlouhodobě až do poloviny 19. století (tzv. malá doba ledová). Je ale pravda, že teprve tehdy začíná výrazná změna - působení člověka doted' "jen" zastavilo ochlazování klimatu a způsobilo jeho stabilizaci, nyní ale růst koncentrace skleníkových plynů produkovaných člověkem změnil tento vývoj v oteplování. (Houghton 1998; Cílek 2007)

Přírodní faktory ovlivňující klima

Hlavní mechanismus, který řídil a řídí klimatické změny na Zemi, je dopad slunečního záření. Měří se změny v hodnotách dopadu záření na jednotku plochy. Bylo zjištěno, že tyto změny nejsou chaotické, ale závisí především na třech faktorech způsobených oběhem planety kolem Slunce a gravitační interakcí s ostatními planetami Sluneční soustavy. Jsou to: změna výstřednosti oběžné dráhy Země, kolísání úhlu zemské osy vůči rovině oběžné dráhy a precese rovnodennosti. Tyto cykly byly nazvány podle svého objevitele Melankovičovy a jejich důsledkem je například střídání dob ledových a meziledových.

Je důležité dodat, že od roku 1940 se nacházíme ve fázi s vyšším dopadem slunečního záření na Zemi. Kromě toho na teplotu na Zemi má vliv i zvýšení produkce záření Slunce samotného. Změny v intenzitě záření můžeme pozorovat posledních 10 000 let a období, ve kterém se nyní nacházíme, má nejvyšší aktivitu za posledních 8 000 let. Je tedy jedním z nejsilnějších (Cílek 2005; Cílek 2006). Lomborg uvádí, že zvýšení aktivity Slunečního záření se na globálním oteplování podílí 40% (Lomborg 2007).

Druhým mechanismem, který se podílí na klimatických změnách, jsou skleníkové plyny vyskytující se v atmosféře Země, které absorbují dlouhovlnné infračervené záření, díky čemuž je ohřívána spodní vrstva atmosféry a zemský povrch. Houghton uvádí, že pokud by atmosféra neobsahovala skleníkové plyny, teplota povrchu by se pohybovala kolem -6°C , zatímco za současné situace je jeho teplota průměrně asi 15°C . Právě tento 21° rozdíl je způsobený skleníkovými plyny. Je tedy logické, že změny v jejich koncentraci způsobí změny v teplotě atmosféry (Houghton 1998).

Konečně třetím mechanismem jsou oceány. Jejich proudění výrazně ovlivňuje klima v některých oblastech na Zemi. Typickou ukázkou je voda Golfského proudu, která se na rovníku ohřeje a putuje pak k severu, kde otepluje klima především v severní Evropě. Například ve Skotsku je tak výrazně teplejší podnebí než ve Skandinávii, která se nachází na stejné rovnoběžce. Tento proud se pak u Grónska kvůli ochlazení a zvýšené salinitě zanořuje do hloubky. Vědci ale zjišťují, že toto zanořování slábne, což může způsobit odklon směru proudění - proud by již nesměřoval na sever, ale stočil by se na úroveň rovníku, kde by způsobil oteplení, ale pro severní oblasti by to znamenalo znatelné ochlazení klimatu - o 3 až 8°C .

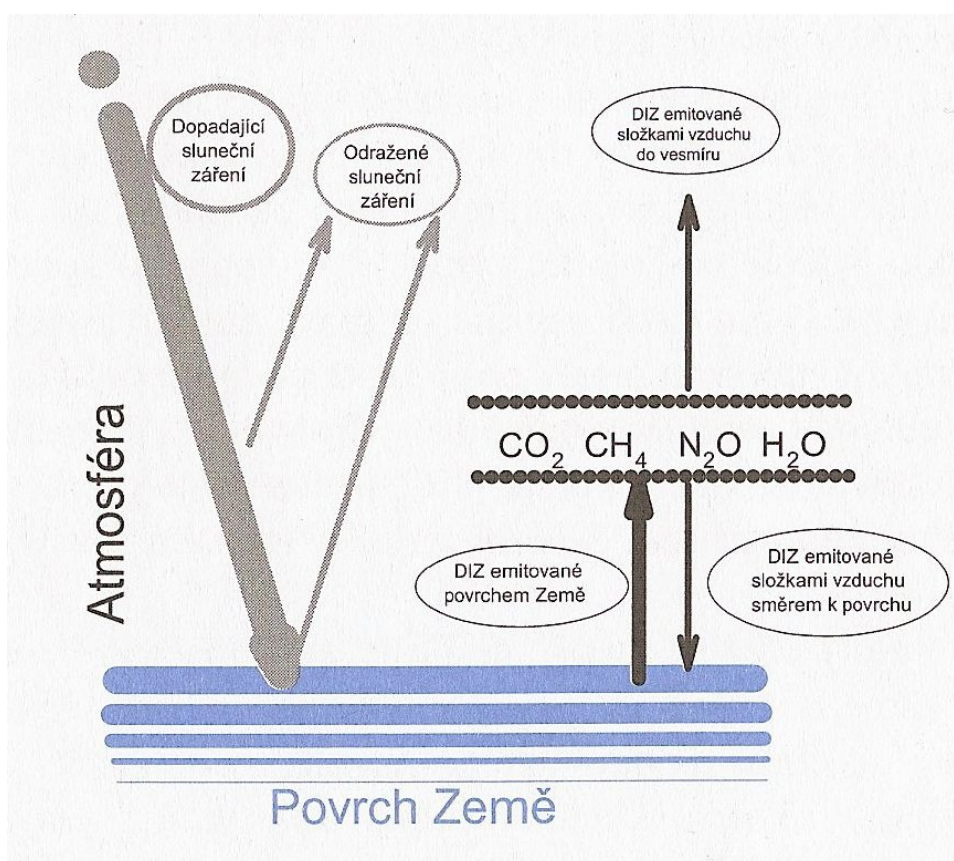
Oceány tedy rozvádějí teplo po Zemi a vyrovnávají tak klima. Kromě toho mořské řasy se výrazně podílejí na odbourávání CO_2 z atmosféry. Fotosyntézou ho rozkládají a uhlík v něm obsažený se ukládá v podobě vápencových sedimentů. Spolu se suchozemskou biomasou tak odstraňují z atmosféry asi polovinu uhlíku vypouštěného do atmosféry lidmi (Houghton 1998).

1.2.2 Skleníkový efekt a skleníkové plyny

Princip skleníkového efektu

Sluneční krátkovlnné záření dopadá na atmosféru Země. Malý podíl je absorbován atmosférou, další odražen zpět do vesmíru a největší část dopadá na povrch Země. Zde je částečně absorbováno a částečně odraženo zpět do atmosféry. Povrch Země emituje dlouhovlnné infračervené záření (DIZ), to je v atmosféře pohlcováno molekulami skleníkových plynů. Tím se atmosféra částečně ohřeje a sama emituje dlouhovlnné záření jak zpět k povrchu Země, tak i do vesmíru (Obr. 1). Skleníkové plyny prakticky neovlivňují pohlcování slunečního záření, ale silně pohlcují dlouhovlnné záření z povrchu Země. Patří mezi ně oxid uhličitý, metan, oxidy dusíku a chlorofluorované uhlovodíky (Nátr 2006). Tento efekt je důležitý pro život na Zemi: bez něj by byla průměrná teplota povrchu Země $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je-li skutečná průměrná teplota $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$, způsobuje skleníkový efekt teplotní rozdíl $33\text{ }^{\circ}\text{C}$. To, o čem se dnes hovoří, je tedy teplotní zvýšení skleníkového efektu (Šesták 2000; Pretel 2006).

Obr. 1 Skleníkový efekt (Nátr 2006).



Oxid uhličitý

Ze skleníkových plynů je asi nejdůležitější, jelikož se na zvýšení skleníkového efektu podílí cca ze 70 % (dále pak 23 % metan a 7 % oxid dusný). Jeho obsah v atmosféře je přibližně 380 ppmv (=jeden díl v milionu objemově, čili $1 \cdot 10^{-4}$). CO₂ je jeden z hlavních nositelů uhlíku a významně

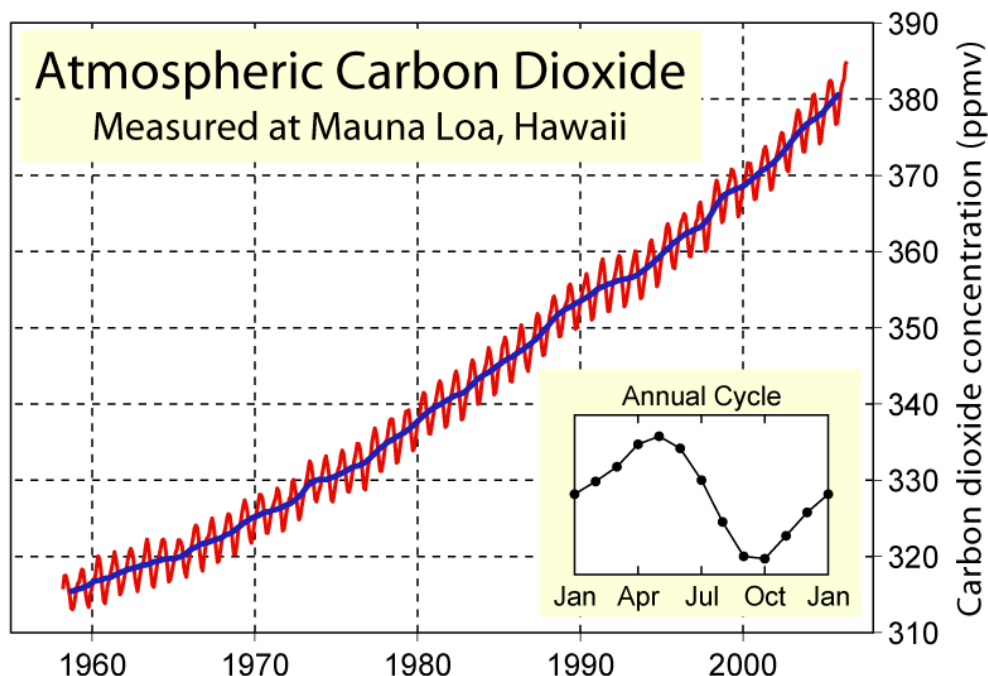
se podílí na jeho koloběhu. Ke zvyšování množství CO₂ přispívá dýchání, spalování, rozklad organického materiálu a další. Naopak jako kompenzace těchto procesů existují i procesy s opačným účinkem - hlavními jsou fotosyntéza rostlin a rozpouštění CO₂ ve vodě oceánů (Barros 2006).

Předtím, než lidské aktivity začaly významně narušovat ovzduší a během období relativně krátkých ve srovnání s geologickým měřítkem, byly výměny mezi zásobníky pozoruhodně stálé. Po několik tisíc let před začátkem industrializace v polovině 18. století se udržovala rovnováha. Koncentrace atmosférického CO₂ měřená v jádrech vrtů v ledovcích se pohybovala kolem 280 ppmv. Podle Houghtona (1998) koncentrace CO₂ vzrostla od průmyslové revoluce cca o 25 % a podle Acota (2005) se koncentrace CO₂ v atmosféře od roku 1750, tedy od úplného začátku průmyslové éry, zvýšila dokonce o třetinu.

Na obrázku č. 2 jsou zobrazeny výsledky přesného měření na observatoři blízko vrcholu Mauna Loa na Havaji, které ukazují, že množství CO₂ nyní stoupá každý rok asi o 0,5 % (o 1,8 ppmv), souvislost s činností lidí tedy nebude náhodná. Rytmické kolísání koncentrace je způsobeno tím, že CO₂ je z atmosféry odstraňován během vegetačního období a vrací se do ní zpět, když vegetace v zimě odumírá. Na severní polokouli je více vegetace než na jižní a proto se minimum v ročním cyklu CO₂ nachází v období severního léta (Houghton 1998; Nátr 2006).

Obr. 2 Koncentrace CO₂ v atmosféře měřená na Havaji

(http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide)



Metan

Obsah tohoto plynu v atmosféře je asi 2 ppmv. To je oproti oxidu uhličitému nesrovnatelně méně, nicméně vliv metanu není zanedbatelný, protože jeho skleníkové účinky jsou asi 7,5 krát

vyšší než účinky CO₂. Odhadovaný vliv na zvyšování skleníkového efektu je asi 23 %. Hlavním přirozeným zdrojem tohoto plynu jsou mokřady. Další zdroje jsou přímým nebo nepřímým výsledkem lidských aktivit - např. únik z potrubí zemního plynu nebo naftových vrtů, střevní fermentace u skotu a jiného dobytka, rozpad komunálního odpadu a spalování dřeva a rašeliny. Oproti oxidu uhličitému má metan mnohem menší životnost v atmosféře - jen asi 11 let - proto je dobře patrné, že změny jeho koncentrace souvisí se změnami velikosti lidské populace (Houghton 1998; Buchdahl 1999).

Oxid dusný

Jeho koncentrace je v atmosféře asi 0,3 ppmv a přírůstek od začátku průmyslové revoluce je asi 8 %. Životnost má poměrně dlouhou - asi 150 let. Jeho zdroje ale nejsou moc dobře známy - je to především zemědělství a chemický průmysl. Na zvýšení skleníkového efektu podílí cca ze 7 % (Houghton 1998, Buchdahl 1999).

Chlorofluorované uhlovodíky (CFC) a ozon

CFC jsou na rozdíl od ostatních skleníkových plynů syntetického původu. Jejich zastoupení v atmosféře je asi 1 ppbv ($1 \cdot 10^{-7}$), tedy řádově několikatisíckrát méně než CO₂. Jejich skleníkový účinek je však 5 000-10 000 krát větší než účinky CO₂. Kromě toho chlorofluorované uhlovodíky nepůsobí jen jako skleníkové plyny, ale působí také na ozónovou vrstvu Země tím, že ozón rozkládají. Molekula ozonu se skládá ze tří atomů kyslíku a molekuly CFC obsahují atomy chloru - ty se uvolňují mimo jiné vlivem UV záření, okamžitě reagují s ozonem a rozkládají jej na původní kyslík. Produkce CFC byla v rámci ochranných opatření výrazně omezena a byly většinou nahrazeny hydrochlorofluorovanými uhlovodíky (HCFC), ty sice již nepůsobí ničivě na ozónovou vrstvu, stále ale mají skleníkové účinky (Houghton 1998).

Aerosoly

Aerosoly jsou soustavy malých částic rozptýlených chemických látek. Jejich přítomnost zabraňuje pronikání části slunečního záření na povrch, takže vlastně mají opačný účinek než skleníkové plyny a přispívají tak k ochlazení Země. Vykazují velkou prostorovou a časovou variabilitu, jelikož je jejich životnost velmi krátká - trvá přibližně týden až deset dní. Asi nejvýznamnější z těchto částic jsou sulfáty, které vznikají při emisích oxidu siřičitého v průmyslu a energetice (Houghton 1998, Barros 2006).

O kolik se vlastně zvýšila teplota atmosféry od počátku průmyslové revoluce? Acot (2005) ve své knize uvádí následující: "V číslech vypadá problém následovně. Průměrná teplota na planetě Zemi se od roku 1861 zvýšila o 0,6 °C (i když v tomto údaji se vědci shodují jen asi s dvoutřetinovou jistotou). Od roku 1960 pozorujeme výrazný ústup ledovců a sněhového příkrovu (dnes prý činí 10 %). Průměrné srážky se na severní polokouli v průběhu 20. století každých deset let zvýšily ve středních a vysokých zeměpisných šířkách o 0,5-1 % a průměrná hladina moří stoupla ve stejném období o 10-20 centimetrů. Roky se silným jevem El Niño máme k dispozici

počínaje koncem 19. století.". Také Cílek (2007) uvádí hodnotu zvýšení teploty člověkem 0,5-0,7°C. Je jisté, že poměrně vysokou měrou se na tomto oteplení podílí člověk, i když roli hrají také jiné faktory, především změny intenzity slunečního záření a Melankovičovy cykly.

Sonte Arhenius se již před více než sto lety zamýšlel nad tím, že kdyby člověk spaloval opravdu velké množství fosilních paliv, oteplilo by se ve Švédsku, mohli by se tam pěstovat brambory a žilo by se tam lépe (Cílek 2007). Cílek (2007) v pořadu uvádí, že je docela dost možné, že právě stabilizace klimatu od doby, kdy se lidé věnují zemědělství, umožnila tak rychlý a tak rozsáhlý rozvoj lidské civilizace, od kmenových společenství živících se lovem až po současnou industriální kulturu, během několika tisíc let. Když si srovnáme klimatická optima - období teplého a celkově příhodného klimatu pro zemědělství - z počátku neolitu a středověku (11.-13. století), tak se kryjí s výrazným rozvojem lidské civilizace. Je tedy paradoxně dost pravděpodobné, že právě "znečištění", které člověk svou činností způsobuje a které je všeobecně tolik odsuzováno, umožnilo člověku vytvořit dnešní civilizaci.

To je ale samozřejmě poněkud jednostranný pohled, který v žádném případě nemá omlouvat pokračující znečišťování prostředí. I Lomborg (2007), přes svůj ekologický skepticismus uznává, že: "Jestliže se bude globální teplota v tomto století nadále zvyšovat, bude to mít celou řadu dopadů jak pozitivních, tak negativních, převážně však negativních." (Lomborg 2007)

1.2.3 Dopady klimatických změn

Odpověď na otázku, jak se změny klimatu promítnou do budoucnosti, není jednoduchá. Je relativně snadné uvažovat o efektu jedné změny za předpokladu, že nedojde k jiným. Budou se však měnit zároveň i další faktory. Navíc ekosystémy mají velikou schopnost adaptace a lidská společnost má ještě větší schopnost na změnu reagovat a přizpůsobit se jí. Chceme-li tedy odhadnout účinky klimatických změn, měl by být brán ohled i na reakci a adaptaci a to není snadné (Houghton 1998).

O kolik se dá předpokládat, že se teploty zvýší během příštího století? Odhady se poměrně dost liší. Záleží hlavně na tom, do jaké míry se podaří přejít na obnovitelné zdroje energie - tedy jak se podaří vyrovnat ekonomické náklady na jejich výrobu s náklady na zpracování fosilních paliv. To píše ostatně i Lomborg (2007): "V přechodu na budoucnost bez fosilních paliv však bude hrát mnohem větší roli relativní cena sluneční energie, větrné energie a fúze ve srovnání se zdroji založenými na uhlíku. Opravdu důležitým úkolem tak je zajistit, aby se ceny těchto obnovitelných zdrojů rychle snižovaly, což zase vyžaduje podstatně zvýšený přísun peněz na výzkum." Šanci na přechod na obnovitelné zdroje by mělo zvýšit pokračující zlevňování výroby této energie a vysoce pravděpodobné zdražování fosilních paliv.

Odhady předpokládaného růstu teploty se u autorů liší. Houghton (1998) uvádí asi nejvíce - podle něj teplota v následujících 100 letech vzroste o asi 2,5°C. Odhad je založen na jedné z prognostických studií IPCC. Lomborg (2007), který se přiklání k jiným prognózám IPCC uvádí, že "Při realističtějším vývoji ceny solární energie se však teplota zvýší během příštích 50 let jen o

0,7°C a poté klesne. I u pesimističtějšího odhadu bude zvýšení teploty činit jen 1,5°C za 100 let a poté dojde k poklesu, takže teplota z roku 1995 se vrátí v roce 2195." Vidíme tedy, že předpoklady vývoje globálního oteplování závisí na řadě faktorů a v závislosti na tom se mění i předpoklady zvyšování teploty.

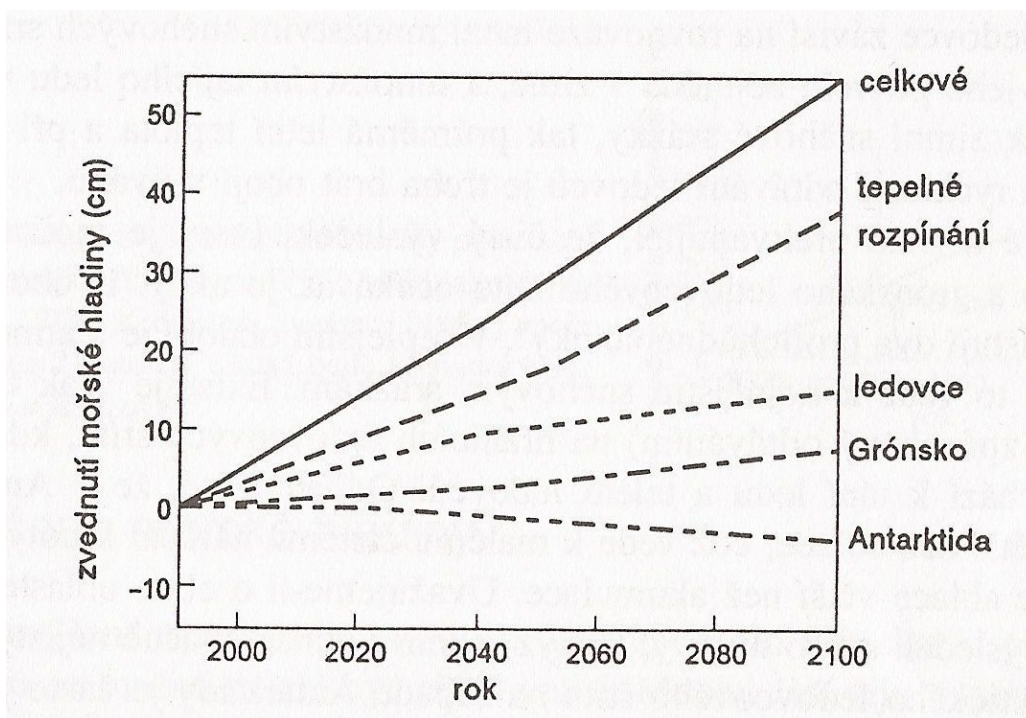
Vzhledem k tomu, že jsme dospěli k údajům oteplení od 0,7 do 2,5°C, je obtížné vyvozovat, jaké bude globální oteplování mít důsledky. Tedy alespoň hypoteticky předpokládejme spíše nejhorší variantu, kterou uvádí Houghton (1998) a uvažujme důsledky pro ní.

Zvyšování hladiny moře

Postupné globální oteplování je bezpečně doloženo ústupem ledovců a následným zdvihem mořské hladiny, který je měřitelný (Ložek 2007). V minulé historii Země najdeme mnoho dokladů o velkých změnách úrovně mořské hladiny. Během teplého období před nástupem poslední doby ledové byla průměrná hladina moře asi až o 5 až 6 metrů výše než v současnosti, naopak ke konci doby ledové před 18 000 lety hladina Světového oceánu ležela nejméně o 120 m níže než dnes (Ložek 2001). Faktorů přispívajících k pravděpodobnému zvýšení v příštím století je více (viz. Obr. 3). Největší z nich má původ v tepelném rozpínání vody v oceánech. Dalším faktorem jsou tající ledovce. Odhaduje se, že právě tání ledovců v tomto období mohlo k pozorovanému globálnímu zvýšení mořské hladiny o 10 až 15 cm přispět asi 5 centimetry.

Modelování účinku klimatické změny na chování ledovců je však složité. Růst nebo úbytek ledovce závisí na rovnováze mezi množstvím sněhových srážek, které dopadnou na jeho povrch hlavně v zimě, a množstvím tajícího ledu v létě. Je třeba brát obojí v úvahu - zimní sněhové srážky i průměrnou letní teplotu. Podle odhadů IPCC (2007) se předpovídá celkové průměrné zvýšení mořské hladiny do r. 2030 asi o 15 cm a do r. 1100 asi o 50 cm (viz. Obr. 3). Zvýšení mořské hladiny pravděpodobně na celé zeměkouli stejnoměrné. Účinky tepelného rozpínání se budou místně značně lišit (Houghton 1998)

Obr. 3 Odady podílu různých faktorů na zvýšení mořské hladiny v příštím století podle scénáře emisí skleníkových plynů IPCC IS 92a (Houghton 1998).



Nedostatek vody

Globální oteplení, byť jen o několik stupňů, by mohlo mít vážné důsledky pro zdroje vody (Wallace & Christy 2001). Přestože se bude zvyšovat hladina oceánů, předpokládají někteří vědci, že zvyšující se globální teploty způsobí vysoušení půdy a zvětšování pouštních oblastí kvůli většímu výparu vody dopadající na zemský povrch (Houghton 1998). Jiní jako například Lomborg a Cílek ale předpokládají, že zvyšování teploty povede k vyšším výparům z oceánu a větším srážkám (Lomborg 2007; Cílek 2007). Cílek (2007) dodává, že na začátku poslední doby meziledové byla při vyšší teplotě Sahara pokryta bujnou vegetací.

Kromě toho se často zmiňuje nastávající problém s nedostatkem pitné vody, a to i z důvodu stále se zvětšující lidské populace. Houghton (1998) uvádí, že v některých zemích, kde je dosud vody dost se využívají podzemní zásoby vody rychleji než jsou doplňovány. Kromě toho, jak bude (ve spojení se zvyšováním teploty) sladké vody ubývat, budou hrozit válečné konflikty mezi státy. Lomborg (2007) tyto jednotlivé hrozby důsledně rozebírá a ukazuje, že zde vždy bude možnost odsolování mořské vody. Toto odsolování samozřejmě bude něco stát, rozhodně vyjde ale mnohem levněji než válečné konflikty.

Dopady na lidské zdraví

Houghton (1998) uvádí, že zvyšování teploty povede ke zvýšenému počtu úmrtí a že tento počet značně převyší jakýkoliv pokles úmrtí v obdobích chladu. S tím nesouhlasí Lomborg (2007), který naopak uvádí, že počet smrtí mrazem dalece přesahuje smrti horkem a tak dojde naopak ke

snížení úmrtnosti z tohoto důvodu. Podle Houghtona (1998) hlavním přímým účinkem klimatické změny bude stres z horka při extrémně vysokých teplotách a romě toho zmiňuje i jinou obavu - z rozšíření tropických nemocí. I tuto hrozbu ale Lomborg (2007) vyvrací.

Klimatický chaos

Cílek (2007) uvádí, že problémem není ani tak globální oteplování jako spíše distribuce změn jím způsobených. Rychlost s jakou lidé vypouští zplodiny ze spalování fosilních paliv způsobují to, co nazývá klimatickým chaosem. Tedy větší frekvence extrémní projevů klimatu. Problém není v tom, že by bylo více či méně srážek, ale že najednou na jednom místě spadne srážek hodně - tato voda se pak samozřejmě odteče, protože půda jí nestačí pojmout - a pak následuje sucho. Lomborg (2007) s tím však nesouhlasí a uvádí statistiky, že k většímu výskytu extrémnějších klimatických projevů nedochází. To, že v důsledku přírodních katastrof umírá více lidí a dochází k větším ztrátám na majetku je podle něj logický důsledek růstu populace a jejího bohatnutí. Poněkud neurčitou odpověď dává Acot (2005): "Živelné katastrofy se podle nich (vědců; pozn.) od začátku století zhoršují a opakují se častěji. To však dnes není žádný meteorolog schopen prokázat, a kdyby se fakta potvrdila, ani vysvětlit. Všichni však připouštějí, že oteplování naší planety, které započalo před více než sto lety, je pravděpodobně příčinou současných excesů; zvýšená vlhkost v atmosféře v důsledku většího odpařování vody z oceánů například vede k vydatnějším či častějším srážkám či intenzivnějším El Niño (na přelomu let 1997-1998 byl zaznamenán vůbec nejsilnější El Niño)."

2. Dopady klimatických změn na biologickou diverzitu

2.1. Biologická diverzita

Historie

Jak již bylo shrnuto, Země vznikla asi před 4,5 miliardami let. První organismy se objevily již asi 600 milionů let poté. Byly to zatím jednobuněčné, jednoduché organismy. Ještě dlouho nebyly schopné ani fotosyntézy, především proto, že v té době, ještě nebyl v atmosféře téměř žádný kyslík. Asi před 3,5 miliardami let začaly tyto jednoduché formy života vytvářet mikrobiální povlaky- sdružovaly se do společenství- jakýchsi plen. Žily stále ještě v moři, protože atmosféra neměla dosud vytvořenou ozónovou vrstvu a život na souši byl tudíž nemožný. První aerobní organismy se objevily před 2,8 miliardami let, ale jednalo se stále ještě o velmi jednoduché formy, eukaryota přišla teprve až o miliardu let později.

První živočichové se objevují ale až asi před 600 miliony let. "Krátce" po tom, před začátkem kambria, začíná jejich velká populační exploze a diverzifikace. V té době je již v atmosféře srovnatelné množství kyslíku jako dnes. Velká expanze rostlin přichází o dalších 200 milionů let později. Objevují se veliké rostliny jako kapradiny a přesličky, které potom daly základ uhelným pánvím.

Jak bylo řečeno, Země prošla v průběhu svého vývoje mnoha proměnami klimatu a některé byly náhlé a měly takový dopad, že způsobily vyhynutí třeba i 90% všech druhů. Přestože ale došlo několikrát k tak drastickým změnám, nestalo se, že by vymřely celé kmeny nebo čeledě. Proto také docházelo za posledních 600 milionů let ke stálému růstu biodiverzity (Wilson 1995).

Co je to vlastně biodiverzita?

Nejčastěji je biologická diverzita chápána jako rozmanitost společenstva z hlediska počtu druhů, kterými je společenstvo tvořeno. Na této úrovni je také důležitá poměrná početnost jednotlivých druhů. Druh je nejčastěji chápán jako soubor jedinců, kteří si vyměňují navzájem genetickou informaci a jsou schopni mít plodné potomstvo (Růžička 2005). Pokud plodné potomstvo mít nemohou, nejde o jeden druh (Wilson 1995).

Vývoj a vznik nových druhů

Je obecně akceptovatelným faktem, že evoluce působí stále a neodvratně, přesto ale existují různé směry vývoje. Druhy se vyvíjí především dvěma způsoby. Prvním způsobem je tzv. fyletická změna, kdy dojde k postupné změně druhu v jeho vývoji, současný druh se již velmi liší od předchozí fáze vývoje. Takto se tedy jeden druh promění vlastně v jiný, zůstává však stále jen jeden. Druhým způsobem je speciace - štěpení linií, kdy je výsledkem vznik dvou (či více) nových

druhů, které se pak vyvíjí každý vlastním směrem. Původní druh tak zaniká a vzniká několik nových (Wilson 1995; Růžička 2005).

Kolik je na světě druhů?

Problém určení celkového počtu je v tom, že zatím vědci znají jen velmi málo druhů z těch, které žijí na Zemi. Odhaduje se dokonce, že pouze 10% z nich je pojmenováno. V dnešní době víme cca o 1,5 - 2 milionech druzích, celkem se ale odhaduje existence kolem 10 až 100 miliónů recentních druhů organismů. Odhady se značně liší podle použité metodiky a soudnosti autorů (Wilson 1995, Růžička 2005).

2.2. Vliv člověka na biodiverzitu

Jak je to vlastně s vlivem člověka na rozmanitost druhů v přírodě? Opravdu zasahujeme do prostředí takovým způsobem, že způsobujeme hromadné vymírání druhů? Wilson (1995) tvrdí, že ano. Zabývá se tímto tématem dost podrobně, rozebírá jednotlivé případy narušení ekosystémů i celkový dopad lidstva na biosféru v průběhu jeho historie.

Jako základní kategorie ovlivňování biodiverzity člověkem uvádí:

- ničení fyzického prostředí
- vytlačení nově zavedenými druhy
- změna prostředí chemickým znečištěním
- křížení s jinými druhy a poddruhy
- nadměrný lov

Příkladem ničení fyzického prostředí je například kácení pralesů. Prales je výjimečným ekosystémem, který se vytváří velmi dlouhou dobu a poskytuje ochranu obrovské rozmanitosti organismů. Jejich kácením tak ztrácíme velké množství druhů, které nikde jinde nenajdeme.

K vytlačování novými druhy Wilson (1995) uvádí příklad, který má široký dopad nejen na místní faunu, ale i na místní obyvatele. V roce 1959 britští kolonisté vysadili pro své sportovně-rybářské potřeby do Victorina jezera v Egyptě dravého nilského okouna. Ten drasticky omezil tamní populaci Cichlid a mnoho z jejích druhů již vyhubil. Následky ale nepostihly jen Cichlidy, ale i místní obyvatelstvo, které bylo na rybolovu závislé.

Alarmující je také zkušenost ze zásahů do populace plžů na ostrově Moorea. Tamní správa nejprve vysadila obrovského býložravého afrického hlemýždě, který měl sloužit jako zdroj potravy. Brzy se však přemnožil a začal škodit. Proto správa vysadila dalšího hlemýždě, tentokrát masožravého. Následky ale byly katastrofální. Tento plž sice zlikvidoval populaci afrického hlemýždě, ale spolu s ní také populace všech plžů na ostrově.

Wilson (1995) uvádí celou řadu dalších případů ohrožení biodiverzity. Ukazuje tak, že člověk má na rozmanitost organismů v přírodě nezanedbatelný dopad a zdůrazňuje nutnost změny přístupu. To je ale obtížné, protože změny se často týkají rozvojových zemí (vyspělé země už na svých územích dávno snížení rozmanitosti druhů provedli), kde jsou lidé v takové životní situaci, že neberou v úvahu takovéto následky. Možnost snad spočívá v materiální podpoře. Pokud budou mít lidé zabezpečeny základní potraviny pro přežití, nebudou muset takovým zásadním způsobem narušovat místní prostředí (Wilson 1995).

2.3. Vliv klimatických změn na biodiverzitu

Klimatické změny samotné i v kombinaci s ostatními změnami týkajícími se životního prostředí mají významný dopad na existující ekosystémy na Zemi (Körner 2000, Leemans 2004, Li 2006). Mnoho druhů se proto musí dokázat adaptovat stále se měnícím podmínkám a přežít po generace na daném území. Podle IPCC (2007) dopady změn klimatu byly pozorovány u 50 % sledovaných celosvětově rozšířených druhů. Paleoeologické a paleoklimatické výzkumy dokazují, že globální oteplování vedlo k posunům výskytu mnoha druhů rostlin i živočichů už v minulosti (Parmesan and Yohe 2003). To znamená, že spousta druhů stále posouvá své území, aby tak udržela krok s měnícím se klimatem a našla nové oblasti s vhodnými podmínkami již od pradávna. Pokud se však klima bude měnit stále rychleji, je možné, že rostliny a živočichové brzy držet krok nezvládnou a hrozí jim vyhynutí (Li 2006). Odhad IPCC (2007) je takový, že pokud zvýšení teploty překročí 1,5-2°C, ocitne se v nebezpečí vyhynutí 20-30 % rostlinných a živočišných druhů.

Podle Li et al. (2006) je vážným problémem, že dnešní svět je již tak přeměněný člověkem a nenarušené lokality existují pouze na malých izolovaných ostrůvkách obklopených městy, silnicemi a civilizací bez biokoridorů, které by umožnily migraci druhů mezi sebou. Systém přírodních rezervací a parků je prostorově omezená síť, která se bude těžko přizpůsobovat klimatickým změnám (Li et al. 2006). „Předpokládá se, že každý druh se posouvá podle svých specifických nároků na prostředí. Jak se klima mění, druhy se stěhují na místa, kde jsou konkurenceschopní a které jim vyhovují z hlediska jejich klimatické tolerance“ (Chapin et al. 2004). Podle Li et al. (2006) mohou být pro mnohé živočichy klimatické změny drastičtější než pro rostliny, jelikož jsou závislí na „migračních stezkách“, ale také na dalších faktorech. Musí být schopni, si obstarat potravu, jak na lokalitách, které se mají stát jejich novým „domovem“, ale i během celé migrace. Což je mnohem obtížnější nebo téměř nemožné pro druhy se specifickou potravou, jakou je např. bambus pro pandy.

Proto Li et al. (2006) doporučuje rozšíření rezervací směrem k pólům a / nebo vyšším nadmořským výškám, jak jen je to možné. Rozšiřování jako takové doporučuje i Huntley (2007). Podle něj je důležité počítat už při navrhování takovýchto území s tím, že se druhy budou postupem času posouvat. Navíc by měly být plánované biokoridory bez ohledu na politické hranice k propojení všech rezervací a útočišť chráněných druhů (Li et al. 2006; Huntley 2007). Velká a spojitá chráněná území jsou mnohem lepší než malá a roztroušená (Araújo 2004). Měla

být plánovaná tak, aby zahrnovala veliké rozpětí nadmořské výšky a ostatních geografických parametrů. To by mělo umožnit druhům snáze posouvat své hranice výskytu v souladu s klimatickými změnami. Podle Li et al. (2006) by byl ideální celosvětový propojený systém rezervací a věří, že by to mělo veliký přínos k zajištění zachování druhů a genetické diverzity. Schröter et al. (2005) ale poukazují na ohromné potíže, při úpravách současných chráněných oblastí přes politické hranice a také na problémy spojené s vlastnictvím pozemků.

Na setkání „Royal Society“ řeší problém vztahu biodiverzity a měnícího se klimatu i z druhé strany. „Další pokračování rychlé ztráty biologické diverzity povede k dlouhodobé neschopnosti ekosystémů regulovat klima, může ještě urychlit a zesílit oteplování klimatu a vést tak k neočekávaným a možná nevratným změnám. Rychlé řešení ztráty a degradace biodiverzity pomůže získat prostor pro budoucí možnosti snižování rozsahu změn klimatu a zvládnutí jejich dopadů.“ Upozorňují na to, že zatímco naše porozumění dopadu klimatu na biologické rozmanitosti se stále zvětšuje, naše znalost dopadu biologické diverzity na klima je stále velice omezená (Summary of an international meeting held at the Royal Society 2007). I Vačkář & Plesník (2005) uvádějí: „Čím rozmanitější ekosystém, tím vyšší je pravděpodobnost jeho obnovy třeba i po velké katastrofě. Do určité míry tak může biodiverzita působit jako pojistka proti krizi životního prostředí.“

Veškeré předpovědi o vývoji druhů však mohou selhat, protože nedokážeme přesně odhadnout budoucí změny klimatu, také nelze předvídat schopnost tolerance daných druhů a mnohé evoluční změny v populacích (Araújo & Rahbek 2006). Příroda je dnes vnímána spíše jako neustále se měnící mozaika, která se nechová pouze deterministicky, nýbrž poskytuje prostor pro nahodilé procesy, někdy i katastrofické posuny. Tím se předpověditelnost chování systémů komplikuje (Vačkář & Plesník 2005). Nikdy proto nebudeme schopni předvídat budoucnost s přesností, ale potřebujeme strategii pro použití současných znalostí a bioklimatických modelů k lepšímu porozumění pravděpodobných dopadů klimatu na biodiverzitu (Araújo & Rahbek 2006).

Výsledky většiny experimentů naznačují, že se fungování ekosystému s rostoucí biodiverzitou „nasycuje“. Ekosystémy totiž pravděpodobně obsahují druhy, které fungování systému nijak významně neovlivňují. Při změně životního prostředí se však mohou pro ekosystém stát klíčovými složkami právě ty druhy, které předtím byly „nadbytečné“. Biodiverzita tak může fungovat jako určitá pojistka ekosystému proti kolapsu. Zabránit poklesu biodiverzity je pro udržitelný rozvoj lidské civilizace stejně důležité jako snížit zátěž civilizačního růstu na životní prostředí. Z ekologického hlediska jsou tedy investice do ochrany biodiverzity výnosným pojištěním pro společnost, která je na zdravém fungování ekosystémů více než závislá (Vačkář & Plesník 2005).

3. Dopady klimatických změn na ptáky

Rozsáhlé změny klimatu způsobují posuny ve fenologii a distribuci rostlin i živočichů, sahají od terestrických až po mořské ekosystémy (Holliday 2004, Millien et al. 2006). Protože se jedná o dlouhodobý fenomén velkého měřítka, je obtížné jej zachytit z perspektivy jednoho lidského života. Proto se využívá analýz dlouhých časových řad. Není to tak i v případě ptáků. Díky své atraktivitě je tato skupina ze všech živočišných tříd snad nejdéle a nejlépe zkoumána (Sparks & Menzel 2002), protože ptáci jsou dobrými bioindikátory a jsou populární (Crick 2004). Dokládají to studie z mnoha koutů světa, převážně však z Evropy a Severní Ameriky (Parmesan 2006).

Data a měření

U ptáků se klimatické změny nejzřetelněji projevují v jejich fenologii. Základními fenologickými ukazateli, na kterých se probíhající změny snadno demonstrují, je načasování migrace a doba hnízdění. Pro mnohé z nich jsou k dispozici dlouhé časové řady, zahrnují velké geografické oblasti a jsou založeny na práci dobrovolníků (Crick 2004). Zatímco v botanice lze pracovat s různými fenologickými záznamy pokrývajícími několik století (např. pylové sedimenty, produkce vinné révy, dendrochronologie), ornitologové to mají mnohem těžší. V tomto směru jsou příletová data stěhovavých ptáků jedněmi z nejdelších dostupných časových řad. Podrobnější výzkum populací jednotlivých ptačích druhů je tak bohužel omezen pouze na několik posledních desetiletí (Parmesan 2006).

Měření musí splňovat řadu kritérií. Zvolené vzorky ptačích populací musí být dostatečně velké, musí být také reprezentativní, aby odpovídaly svým složením jiným populacím a nakonec musí být voleny tak, aby pokrývali dostatečně celý region. Jedině tak mohou být výsledky zobecnitelné i na jiné populace druhu v daném regionu. Důvěryhodnost každé studie závisí na množství dat, způsobu jejich sběru, délce časové řady a použitých statistických analýzách. Výhodou jsou nepochybně nepřetržité časové úseky přesahující alespoň půl století. Také souhra dalších faktorů může být natolik komplikovaná, že od sebe nelze odlišit vliv klimatických změn a mezidruhových interakcí (Davis et al. 1998; Tryjanowski et al. 2002).

Hlavní faktory působící na změnu fenologie ptáků

Asi nejvýznamnějším faktorem je zvyšování teploty. Jak bylo uvedeno dříve, za posledních sto let se teplota na Zemi zvýšila průměrně o 0,6 °C, v oblasti Středomoří se ale od roku 1952 zvýšila průměrná teplota o 1,4 °C. Důsledkem je například to, že stromy nasazují listí o 16 dní dříve a na podzim je shazují o 13 dní později. Ptáci od tohoto roku přilétají na svá hnízdiště o 15 dní později. Ne vždy jsou tedy posuny ve fenologii tím směrem, jak bychom si představovali. Většinou se totiž uvádí, že ptáci přilétají na hnízdiště dříve, protože teplejší podmínky předznamenávají časnější nástup fenofází. Klimatické změny závisí na geografickém měřítku, protože změny teploty se ve vztahu ke stadiu hnízdního cyklu mohou mezi studovanými

lokalitami lišit, a tak se fenologické projevy mohou v některých regionech uspíšit a v jiných opozdit (Visser et al. 1998).

Například Cotton (2003) ve své studii uvádí, že mírný růst teploty v letech 1971 - 2000 v subsaharské Africe způsobil dřívější odlet stěhovavých ptáků z těchto zimovišť na hnízdiště v jihovýchodní Anglii, kam zase přiletěli dříve. Také změny v migraci na krátké vzdálenosti v polské studii (Tryjanowski et al. 2002) ukázaly, že 14 ze 16 druhů ptáků přilétá dříve na hnízdiště, na kterých je vyšší teplota.

Dalším faktorem, který má na migraci ptáků vliv je množství srážek. Jejich vliv ale není zcela jednoznačný; výrazně záleží na teritoriu. Ze studie subsaharských druhů ptáků odlétajících hnízdit do Středomoří vyplývá nepřímá úměra mezi množstvím srážek a dobou odletu k hnízdění. Čím více zde bylo srážek, tím dříve ptáci ke hnízdění odlétali (Gordo et al. 2005). Hlavně v suchých regionech, jakým je Sahel, nebo v oblastech s výraznějším sezónním rozložením dešťů mohou mít srážky na ptáky markantní vliv. Zde totiž mají deštivá období za následek růst potravní nabídky, které ptáky energeticky připraví na dlouhý přelet přes Saharu do západního Středomoří (Saino et al. 2004).

North Atlantic Oscillation - NAO

Mezi osvědčené metody zjišťování souvislosti mezi změny klimatu a ptačí fenologií se řadí index severoatlantické oscilace (North Atlantic Oscillation - NAO). Tato metoda měří velkoprostorové charakteristiky klimatu. Ty vykazují určité zákonitosti-oscilace ve svém opakování. NAO měří, jako už napovídá název, zákonitosti v severoatlantickém regionu, který zahrnuje i naše území. Měření je založeno na rozdílech v normalizovaném mořském tlaku mezi Lisabonem (Portugalsko) a Stykkisholmurem/Rejkjavíkem (Island) (<http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/nao.stat.winter.html>).

Pozitivní fáze se vyznačuje vysokými atmosférickými a mořskými teplotami v západní Evropě, silnými větrnými oscilacemi v severním Atlantiku a nízkými teplotami na východním pobřeží Kanady (Ottersen et al. 2001). Efekt NAO obecně ovlivňuje ptactvo tak, že při hodnotě indexu větší než nula, doprovázené mírnějšími, vlhčími a teplejšími zimami, přilétají ptáci na hnízdiště dříve (Rainio et al. 2006). Naopak při negativní hodnotě indexu NAO se přilet ptactva na hnízdiště opozdí (Žalakevičius et al. 2006).

Záleží ovšem, na kterém kontinentu ptáci přezimují a hnízdí. Pozitivní index NAO značí sice ve Skandinávii mírnější zimy a ptáci přilétají dříve, ale v Africe má kladná hodnota NAO za následek omezenou produktivitu vegetace, což může v konečném důsledku počátek migrace zbrzdit, jako např. ve Středozeří (Jonzen et al. 2006). To že index NAO má výpovědní hodnotu opravdu jen pro severoatlantickou oblast ukazuje studie Hubálka (2004). Jeho výzkum zjišťoval korelaci 37 jihomoravských migrantů s indexem NAO. Zjistil, že druhy přezimující v oblasti Středomoří přilétali zpět dříve, pokud byl index NAO kladný. Přiletly ptáků z oblasti subsaharské Afriky ale s NAO nevykazovaly žádnou souvislost.

Migrace

Jarní migrace je typický cyklicky se opakující projev ptačí fenologie, jehož hlavním cílem je přemístit se na lokalitu s vhodnými podmínkami pro reprodukci. Přiletět na hnízdiště včas podle „plánu“, je pro ptáky spolu s datem zahájení snůšky klíčový moment. Pokud se na hnízdiště dostaví pozdě, samcům se snižuje šance na nalezení vhodného hnízdního teritoria nebo vhodné samice ke spáření, naopak předčasný přilet s sebou nese hrozbu náhlého zhoršení jarního nestálého počasí k horšímu a nedostatek potravy (Coppack & Both 2002).

Mnoho autorů přichází se zjištěním, že vyšší teploty mají vliv na časování migrace, resp. na přilet na hnízdiště (Crick 2004). V posledních desetiletích se u většiny druhů v mnoha oblastech uspíšil přilet na hnízdiště řádově o několik dní (Cotton 2003, Lehikoinen et al. 2004). Prakticky v každém větším současném datovém souboru se projeví trend k časnějším přiletům v průběhu konce 20. století. Délka posunu se však liší mezidruhově i v rámci oblastí. Průměrný posun prvního přiletového dne vpřed z lokalit v celé Evropě činí 0,373 dne za rok. Průměrné datum jarního průtahu vykazuje stejný trend, jen hodnota je menší - 0,100 dne za rok (Lehikoinen et al. 2004). Během let 1913 až 1996 se přilet 14 ze 16 dálkových migrantů v západním Polsku uspíšil o 10 dní a o 20 dní u migrantů na krátkou vzdálenost. Uvedený trend byl markantní především od 70. let 20. století. Zbylé dva druhy (pěnice pokřovní *Sylvia curruca* a bramborníček hnědý *Saxicola rubetra*) vykazovaly spíše tendenci k pozdějším přiletům (Tryjanowski et al. 2002).

Úzký vztah k efektu NAO byl pozorován např. u druhů monitorovaných na ostrově Helgoland (Hüppop & Hüppop 2003). V letech 1909-2000 se chytali zástupci 24 evropských druhů, kteří přilétali průměrně o 0,05-0,28 dne za každý rok dříve bez rozdílu mezi typem migrantů. Tento posun koreloval se zvyšující se lokální teplotou a ještě silněji s pozitivní hodnotou indexu NAO (Hüppop & Hüppop 2003). Stejní autoři přicházejí s velmi podobnými výsledky také z Finska, kde se v kratší periodě 19 let studoval přilet 81 druhů. Z nich většina (79 %) přilétala dříve po mírných a vlhkých zimách reprezentovaných pozitivním indexem NAO (Hüppop & Hüppop 2003).

V rámci druhu nemusí všechny aspekty ptačí fenologie vykazovat shodný trend. U severoamerického migranta drozda stěhovavého *Turdus migratorius* se rozšířil interval mezi přiletem na hnízdiště a zahnízděním o 18 dní, protože v nižších nadmořských výškách se zvýšila teplota, které se drozd přizpůsobil urychlením fenologie tahu. Ovšem na hnízdišti, kde nedošlo k obdobné změně klimatu, musel následně čekat delší dobu na příhodné podmínky k zahnízdění (Inouye et al. 2000). Interval mezi přiletem a hnízděním rozšířil i lejsek černohlavý *Ficedula hypoleuca*, ale známé jsou i přesně opačné případy, kdy se interval mezi přiletem a zahnízděním výrazně zkrátil (Ahola et al. 2004).

Rozdíl v tom, jak se klimatické změny podepisují na ptačí fenologii, můžeme porozovat při rozdělení migrantů na krátké a velké vzdálenosti. Pokud se ptáci nalézají v dosahu určitých klimatických podmínek, jejich fenologie jim bude v rámci jejich možností odpovídat. Vzdálenější populace proto nebudou mít schopnost se klimatickým podmínkám na hnízdišti adekvátně

přizpůsobit (Gordo et al. 2005). Proto platí, že migranti na krátkou vzdálenost zimující v Evropě se řídí klimatickými podmínkami na zimovišti, které je blízké hnízdišti, a tudíž jsou podmínky na obou místech podobné (Tryjanowski et al. 2002). Migranti na dlouhou vzdálenost, kteří na zimu létají do subsaharské Afriky, nejsou na tak velkou dálku schopni rozpoznat, jaké teplotní podmínky panují v místě hnízdění, a proto načasují migraci podle klimatu zimoviště (Gordo et al. 2005) nebo podle počasí v průběhu migrační cesty (Both et al. 2005).

Odlišují se jednotlivé řády nebo druhy v reakci na klimatické změny? Téměř všechny řády reagují podobným způsobem. Mírně se liší pěvci od vodního ptactva, racků a bahňáků, na které má v rané fázi migrace NAO podstatnější vliv než na pěvce. Potenciálním vysvětlením může být délka sněhové pokrývky a jarní tání ledu, které jsou dány do souvislosti s indexem NAO s dopadem na ptáky vázané na vodu (Rainio et al. 2006). Na loukách a pastvinách roztává sníh dříve než v lese, proto Butler (2003) předpokládá, že ptáci otevřené krajiny, kteří se živí semeny travin, mohou přilétat na hnízdiště dříve. Lesní druhy jsou naopak potravně vázáni na hmyz, jehož početnost se dostatečně zvýší až po vyšších jarních teplotách.

Lze nalézt podstatné odlišnosti mezi populacemi severoamerickými a evropskými? Podle Butlera (2003) přilétají severoameričtí ptáci na hnízdiště také dříve, stejně jako evropští. Délka posunu se pohybovala od 4 dní u dálkových do 13 dní u migrantů na krátkou vzdálenost. Ptáci zimující na jihu USA totiž během migrace v průběhu jara unikají před studenými frontami, které na jaře postupují od jihu k severovýchodu USA, a proto se na hnízdiště „dostaví“ dříve. Dálkoví migranti zimující na jih od Spojených států touto vlnou chladného vzduchu dotčení nejsou (Butler 2003).

Ve srovnání s tím se v průběhu let 1960 až 2001 na ostrově Helgoland (Německo) podzimní průletová data opozdila u 14 ze 26 druhů (Hüppop & Hüppop 2005). Naopak u 6 druhů byl pozorován trend k časnějšímu průletu. Zajímavým zjištěním této práce je, že u 16 ze 26 druhů se prodloužil interval mezi jarním a podzimním tahem. Toto prodloužení pobytu ptáků na hnízdištích může mít pozitivní dopad na jejich hnízdní úspěšnost, neboť delší pobyt na hnízdištích umožňuje samicím vyšší počet hnízdění (Hüppop & Hüppop 2005).

Hnízdění

Hlavním důvodem ke každoroční jarní migraci ptáků je reprodukce. Jak pro migrující, tak i rezidentní druhy je hnízdní období nejdůležitějším obdobím v roce a jeho správné načasování a průběh má zásadní vliv na hnízdní úspěšnost. Hnízdění zahrnuje hledání teritoria, páření, kladení vajec, inkubaci, líhnutí mláďat a péči o potomstvo. Všechny tyto činnosti jsou snadno ovlivnitelné působením okolního prostředí, které může mít podstatný vliv na hnízdní úspěšnost. V souvislosti s klimatickými změnami byly pozorovány změny v některých fázích hnízdění. V posledních desetiletích ptáci obecně uspíšili datum snůšky (Crick et al. 1997, Møller et al. 2006).

Vliv na datum snůšky se dá vysvětlit jednak tím, že změna teploty má přímý vliv na energetické požadavky samic, a jejich načasování kladení vajec. Dalším vysvětlením je, že zvýšení teploty zvýší také dostupnost potravy, což pak ovlivní časnější hnízdění. Dá se tedy očekávat, že s vyšší

teplotou poroste také daná ptačí populace, jednak protože bude více snůšek, jednak proto, že díky většímu množství potravy budou snůšky lépe zabezpečeny (Stevenson & Bryant 2000).

Efekt klimatických změn na hnízdění je v Evropě nejlépe prostudovaný u lejska černošedého (Coppack & Both 2002, Both & Visser 2005). Both et al. (2004) zjistili u 20 z 25 populací po celé Evropě průkazný vztah mezi časnějším datem snůšky a silným trendem k jarnímu oteplování. Nizozemská populace lejska černošedého posunula od roku 1980 datum snůšky o více než týden dopředu. Datum snůšky lejska černošedého silně korelovalo s načasováním potravních zdrojů. V posledních dvou desetiletích, kdy se potravní maximum (početnost housenek) posunulo vpřed, ptáci kladli vejce relativně později vzhledem k maximu potravních zdrojů. V čase, kdy došlo k tomuto posunu potravního maxima, lejsci uspíšili líhnutí dřívějším začátkem inkubace a zkrácením intervalu mezi snesením posledního a líhnutím prvního vejce. Tím kompenzovali zpoždění hnízdění vzhledem k nárůstu potravy. Paradoxně v letech s posunutým potravním maximem snášeli větší snůšky, jejichž inkubace jim zabrala více času (Both & Visser 2005).

U jiných populací lejska černošedého v horských mediteránních oblastech se však datum snůšky ani její velikost neposunuly v porovnání s minulými lety, ale „předběhla se“ okolní příroda, duby nasadily listy dříve a na ně navázal nárůst abundance housenek, hlavního zdroje potravy mlád'at lejsků během hnízdního období (Sanz et al. 2003). Důležitý závěr, který plyne z nesrovnalosti mezi jarním přiletem, zahnízdním a klimatem, je nesynchronnost s maximální hojností potravy (píd'alky) nezbytné pro krmení mlád'at (Both & Visser 2001). Pokud se hnízdní fenologie tažných ptáků včas nevyrovná s tímto posunem, může mít nedostatek potravy fatální dopad na přežívání, hnízdní úspěšnost a velikost populace (Dunn 2004; Both et al. 2006).

Populační dynamika

Prostřednictvím procesů závislých na hustotě mají populace tendenci k samoregulaci, a proto je těžké vystopovat, zda je změna jejich velikosti spojena s klimatickými změnami či s jiným faktorem (Crick 2004). Klima může vyvolat jejich pokles i nárůst (McCarty 2001).

Jedním z negativních vlivů na populaci jsou extrémní výkyvy počasí, které mohou mít přímý i nepřímý vliv nejen na ptáky, ale i jejich kořist (Watkinson et al. 2004). Jedním z druhů, které trpí úbytkem populace v důsledku jarního oteplování, je tetřev hlušec *Tetrao urogallus* ve Skotsku. Tetřeví slepice jsou částečně schopné přizpůsobit načasování hnízdění výživovým potřebám a aktuální dostupnosti potravy. Schopnost adaptace ovšem není natolik silná, aby se fluktuační v jarních teplotách a náhlé periody chladných teplot během jarních měsíců neprojevovaly na velikosti populace (Moss et al. 2001).

Můžeme očekávat, že vyšší teplota vede k vyšší produkci mlád'at, protože časnější naklazení vajec je často spojováno s většími snůškami (Lack 1968, Dunn 2004). Vyšší teploty mohou vést k větší potravní nabídce, když rodiče krmí mlád'ata, a tím pádem k lepší hnízdní úspěšnosti (Dunn 2004).

Holandská studie (Both et al. 2006) devíti populací lejska černošedého ale zjistila, že jejich velikost se za posledních 20 let snížila v důsledku vyšší teploty o 90 %. Příčinou je špatné načasování hnízdění vzhledem k potravnímu vrcholu. Změny prostředí probíhají s větší rychlostí, než jsou lejscí schopni se přizpůsobit (Both & Visser 2001). Dalším případem úbytku ptačí populace kvůli nedostatku potravy z důvodu vyšší teploty je studie Waitea a Stricklanda (2006), kteří se zabývali snižováním populace sojky šedé (*Perisoreus canadensis*). Zjistili, že je způsobeno kazením potravy, kterou si tyto ptáci schovávají. Sojky začínají hnízdit velmi brzy, nasbírají si proto dostatek potravy v létě a skladují je při nízkých zimních teplotách. Vlivem současných vyšších zimních teplot se jim ale tato potrava začne kazit dříve, než ji mohou spotřebovat.

Distribuce

Klima je také důležitý faktor geografického rozšíření druhů (McCarty 2001). Změny v distribuci vyžadují dlouhodobý, opakovaný monitoring, čehož bylo dosaženo tvorbou atlasu ptáků ve Velké Británii, kterému předcházely studie o posunu druhů za posledních 50 let v Evropě a Severní Americe (McCarty 2001). Výsledkem je zjištění, že za 20 let jižní druhy posunuly svou severní hranici v průměru o 1 9 km na sever, přičemž jižní hranice severních druhů se nikam nepřemístila (Crick 2004). Posunem do vyšších nadmořských výšek prochází za posledních 30 let i čáp bílý *Ciconia ciconia* v Podhalském regionu v podtatranské vysočině na jihu Polska. V roce 1974 bylo nejvýše položené hnízdo nalezeno ve výšce 770 m n. m., v roce 1999 v 890 m n. m. Ačkoliv nebyl jednoznačně prokázán pouze vliv klimatu, hraje nepochybně úlohu jako jeden z faktorů společně s biologickým potenciálem pro kolonizaci horských oblastí a tendencí obsadit nové hnízdní habitaty (Tryjanowski et al. 2005).

Při vyvozování konečných závěrů je ale třeba opatrnosti, neboť současná distribuce může být způsobena jinými než klimatickými faktory, ačkoliv s nimi může velmi dobře korelovat. Každopádně je patrné již nyní, že změny klimatu mohou mít značný vliv jak na změny v početnosti jednotlivých druhů, tak i na jejich areály rozšíření (Crick 2004).

Ohrožení a adaptace

Klimatické změny vedou k posunům fenofází u mnoha ptačích druhů napříč kontinenty (Sparks & Menzel 2002, Parmesan 2006). Z předchozích příkladů je patrné, že ptáci jsou částečně schopni reagovat posunem svých fenofází na změněné podmínky okolního prostředí. Ovšem není jasné, o kolik je třeba fenofáze posunout, aby se ptáci přesně „strefili“ do nově nastolených podmínek (Visser & Both 2005).

Jednotlivé druhy ptáků tedy volí různé strategie přizpůsobení, hlavně podle jejich migrační vzdálenosti. Ohrožení migrujících druhů ptáků se tedy dost podstatně liší u migrantů na krátkou a delší vzdálenost. Migranti na kratší vzdálenosti mohou dokonce z oteplování těžit, například časnějším začátkem hnízdění, zkrácením tahové cesty a menším počtem migrujících jedinců u

částečných migrantů. Výhodou pro ně je také zvýšená reprodukce kvůli delší době hnízdění a lepší podmínky v místě hnízdění i po skončení hnízdícího období. Naopak dálkoví migranti stejné výhody využít nemohou, proto mohou být globálním oteplováním mnohem více ohroženi a může to být jedním z důvodů jejich klesajících populací (Sanderson et al. 2006).

Jaké jsou možnosti v přizpůsobení ptačích populací klimatickým změnám? Přizpůsobení může probíhat změnami fenotypovými nebo genotypovými. Většinou je ale spíše fenotypové. Migrující ptáci mají několik možností jak přilétat na hnízdiště dříve. Mohou dříve odlétat ze zimovišť, urychlit migraci nebo zkrátit migrační vzdálenost (Coppack & Both 2002).

4. Dopady klimatických změn na savce

Abychom mohli předvídat konkrétní dopady podnebných změn na savce v budoucnosti, je nutné se nejprve seznámit s reakcemi živočichů na zdokumentované změny klimatu v minulosti. Teprve důsledné shromáždění, analýza a vyhodnocení historických dat můžou být podkladem pro následné odhady, jaký vliv bude mít současný vývoj na savce v budoucnu.

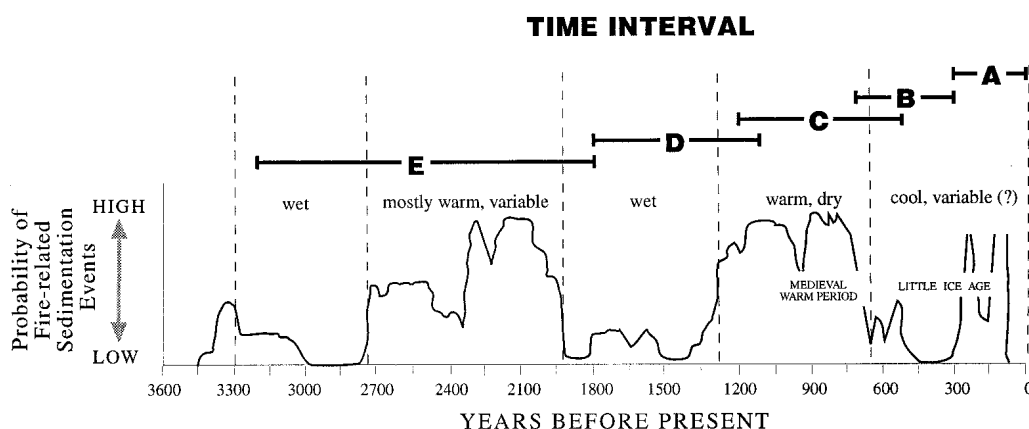
Jedním z takových výzkumů je pozorování pytlonoše *Thomomys talpoides* a jeho výkyvů v tělesné velikosti souvisejících se střídáním teplejšího a chladnějšího období (Hadly 2007).

4.1. Výzkum na pytlonoších

Hadly (2007) zkoumala morfologické změny ve velikosti konkrétního druhu savce - pytlonoše severního *Thomomys talpoides*. „Pytlonošové jsou geneticky a morfologicky nejvariabilnější druh savců, který je znám.“ Studie zjišťuje změny v tělesné velikosti, které jsou způsobeny především přísunem kalorií, tedy dostupností potravy. Potřebné vzorky byly získány v oblasti Rocky mountain v USA, konkrétně v Lamarcké jeskyni. Bylo zkoumáno na nalezených pytlonoších, zda se jejich tělesná velikost měnila v souvislosti se změnami teploty, a to až do období před 3600 lety.

Z obrázku uvedeného pod textem je zřejmé střídání teplejších a chladnějších období. Za zmínku stojí metoda zjišťování vlhkosti prostředí - byla odvozena z četnosti požárů a záplav. Požáry se vyskytovaly při v suchých obdobích, záplavy naopak způsobily vlhčí prostředí a bránily vzniku požárů. Je patrné, že období E před 3500-2350 (před současností, dále již jen p.s.) mělo teploty spíše nízké a charakterizováno bylo nízkou četností požárů. Naopak mezi lety 2350 a 1950 p.s. dochází k nárůstu počtu požárů. Interval C pak zahrnuje středověké klimatické optimum a je pro něj charakteristické výrazné zvýšení četnosti požárů a sucho. Interval B zahrnuje tzv. malou dobu ledovou, která přesahuje ještě do období posledního (A).

Obr. 5 Četnost požárů v Yellowstonském NP (Meyer 1993 in Hadly 1997)



Důkazy založené na délce zubů ukazují, že oblast byla posledních 3200 let osídlena stejným druhem pytlonoše. Velikost jedinců se však měnila. Tyto proměny ve velikosti můžeme připsat

změnám klimatu. Obecně platí, že za vlhkého podnebí byli pytlonoši více rozšířeni a za suchého méně. Během malé doby ledové, kdy panovalo chladnější a vlhčí klima, byli hodně rozšířeni a dorůstali větší velikosti než v období středověkého klimatického optima, kdy jich bylo málo, a dosahovali jen malého vzrůstu (Hadly 2007).

4.2. Vliv na evoluci

Předchozí studie dokazuje, že klimatické změny mají vliv na evoluci savců. Dle Barnosky et al. (2003) změny probíhají ve třech základních fázích:

1. Klimatické změny vytvoří na populaci tlak, který vede k zvýšené selekci, případně až k izolaci společenstva (z toho pak může v důsledku izolace a tedy nemožnosti genové výměny s jinými společenstvy vzniknout postupně nový druh).
2. Následkem je obvykle vymření velké části populace s tím, že přežije ta část, která má vhodnou genovou výbavu a je tak přizpůsobena prostředí.
3. Zbývá část populace, která přežila selekční tlak a dokázala se přizpůsobit prostředí, se nyní znovu obnovuje. Aby se ale nové změny mohly ustálit, je nutné velmi dlouhé období.

Barnosky a Kraatz (2007) si jako téma výzkumu kladou otázku, jaký vliv budou klimatické změny na vývoj druhů mít. Způsobí tyto rychlé změny posun v evolučním vývoji, který by mohl pomoci proti ztrátě biodiverzity; máme se tedy připravit na zrychlení evoluce? Nebo budou natolik rychlé, že se stanou pro současné druhy ohrožující?

Ve studii si autoři stanovili 4 hypotézy:

1. způsobují klimatické změny posun u organismů na úrovni genové?
2. Pokud ano, naakumulují se tyto změny dostatečně, aby působily vznik nových druhů na úrovni „orbitální“ klimatické osy?
3. Nebo musí být změny na úrovni „tektonické“, aby vedly k druhové specializaci?
4. Urychlí globální oteplování v příštím století vytváření nových druhů?

Tyto hypotézy se pak rozhodli zkoumat na 4 časových úrovních (zmíněných již v hypotézách).

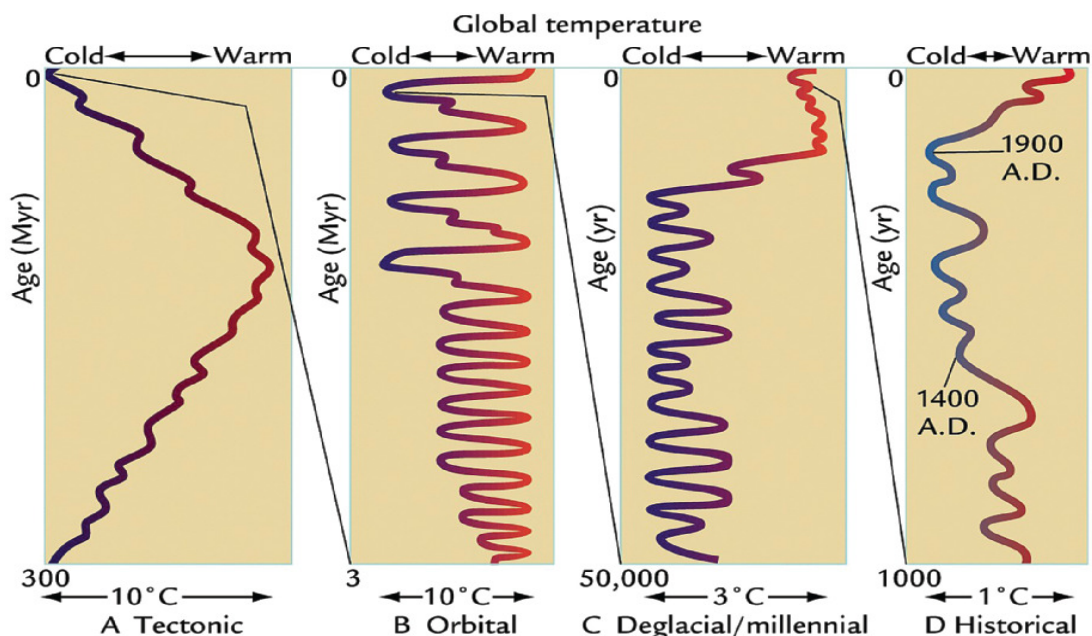
1. „tektonická“ - nazvána je podle toho, že se jedná o velmi dlouhé časové úseky, autoři ve studii vedou škálu od současnosti až po období před 300 miliony let. Ze škály je patrné, že v období před 300 až 100 miliony let probíhalo dlouhé oteplování. Pak následovalo ochlazování, které trvá až do současnosti. Během posledních 65 milionů let bylo toto „globální ochlazování“ klimatu přerušeno pouze jedinou anomálií, která se nazývá středomiocenní klimatické optimum. Toto optimum, během kterého naopak došlo k mírnému nárůstu teploty, trvalo v období před 18,5 až 14 miliony let. První 1,5 milionu let teplota vytrvale stoupla o 3 - 4 °C a v následujících 3,5 milionech let zůstávala stabilizována.

2. „orbitální“ časová přímka pokrývá období podstatně kratší, a to poslední 3 miliony let. Přičemž pro posledních 1,8 milionu let je charakteristické střídání ledových a meziledových dob. Ty se střídaly asi po 41 000 letech až do období před 1 milionem let, kdy se tato frekvence výrazně prodloužila na 100 000 let, většinu z této doby pokrývá doba ledová, po které následuje 5 000 let výrazného oteplování; doba meziledová tvoří jen 10 až 20 000 let.

3. třetí škála je tzv. „mileniální“ a pokrývá posledních 50 000 let. Toto období v sobě zahrnuje několik vln střídání teploty, přičemž některé krátkodobé výkyvy dosahovaly údajně i 9 °C během 50 let.

4. „historická“ škála pokrývá posledních 3000 let, přičemž autoři se zaměřují na období tzv. středověkého optima, které probíhalo mezi lety 750 a 1150 a je charakterizováno nárůstem teploty v prvních 100 letech o 1 °C (grafické znázornění - obr. 4).

Obr. 4 Stupnice změn podnebí (Barnosky & Kraatz 2007)



Na základě zkamenělin savců, které ukazují záznamy o vzniku druhů v posledních 65 milionech let a počítačových modelů vytvořili předpověď „historické škály“ do roku 2100. Na té pak testovali svou hypotézu, zda předpokládané změny klimatu povedou k evolučním změnám ve vývoji druhů.

Z výsledků studie vyplývá, že klimatické změny působící v rozsahu středověkého klimatického optima nejsou dostatečně dlouhé, aby vedly ke vzniku nových druhů. Ani změny na úrovni mileniální a orbitální netrvaly dostatečně dlouho. Paleontologické nálezy ukazují, že zde sice probíhá neustálé přizpůsobování se prostředí, ale změny klimatu jsou stále příliš krátké na to, aby se vývojové změny mohly ustálit.

Teprve změny na tektonické úrovni v období středomiocenního optima ukazují, že genetické informace měly dostatek času pevně zakotvit a vznikají zde nové druhy. Barnosky a Kraatz (2007)

ale tvrdí, že pravděpodobně by stačilo i kratší období, podstatné je především, aby po období teplotního růstu následovala dostatečně dlouhá doba stabilního klimatu, které by na nově vznikající druhy nevytvářelo takový selekční tlak a dovolilo jim upevnit vývojové změny, kterými prošly.

Tím se dostáváme i k odpovědi na úvodní otázku - zda tedy změny klimatu v následujících 100 letech povedou k urychlení evoluce, nebo budou pro populace savců představovat spíše ohrožení. Podle Barnosky a Kraatz (2007) tak rychlé klimatické změny nepovedou k evoluční změně, mohou však být pro některé druhy natolik náročné, že se nedokáží přizpůsobit a vymřou.

4.3. Počítačové modely a prognózy do budoucna

Levinsky et al. (2007) rozpracovává vlivy klimatických změn na terestrické savce na území Evropy podle dvou scénářů IPCC. První model „B1“ předpokládá změnu přístupu - snižování využívání neobnovitelných zdrojů a větší zaměření se na „čisté“ a efektivní zdroje energie. Druhý model „A2“ počítá s tím, že využívání fosilních paliv bude pokračovat tak jako dosud a emise skleníkových plynů se budou nadále zvyšovat. Studie však nezahrnuje jiné, než klimatické vlivy - jako např. využití půdy (land use), vzájemné biotické interakce, činnost člověka apod. Počítá s průměrnou potenciální velikostí budoucích změn podnebí, a proto jsou výsledky pouze přibližné.

Pro výzkum bylo vybráno 120 pozemních druhů savců původních v Evropě. Jejich rozmístění bylo převzato z „The Atlas of European Mammals“ (Mitchell-Jones et al. 1999 in Levinsky et al. 2007). Druhy byly rozděleny v následujícím poměru: sudokopytníci (12 druhů), šelmy (20 druhů), hmyzožravci (25 druhů), zajícovití (7 druhů) a hlodavci (56 druhů). K tomu, aby srovnávání rozšíření druhů s aktuálním klimatem bylo přesné, byl v této studii zahrnut sběr dat od 1. ledna 1970.

Tři klíčové podnebné proměnné, se kterými se v modelu počítá („Growing degree days“ GDD - očekávaný den květu rostlin a zralosti obilí, teplota absolutního minima, vodní bilance), byly vypočteny z dat založených na měsíčních hodnotách střední teploty a srážek pro roky 1961-1990 (aktuální klima) a plánovány pro období 2070 - 2099.

Ze 120 modelových druhů bylo stanoveno 10, kterým hrozí vyhynutí. V následující tabulce jsou uvedeny spolu s předpokládanými scénáři, při kterých jim vymizení hrozí. Celkem šesti druhům (tři z nich endemické) hrozí vymření i při „mírném“ scénáři B1 a všech deset (6 endemických) pod scénářem A2.

Tab. 1 Druhy, kterým s nejvyšší pravděpodobností hrozí vyhynutí, a jejich souvislost se scénáři IPCC (Levinsky et al. 2007)

Common name	Scientific name	Climatic scenario
Cretan spiny mouse ^E	<i>Acomys minous</i>	B1, A2
European bison ^E	<i>Bison bonasus</i>	A2
Cretan white-toothed shrew ^E	<i>Crocidura zimmermanni</i>	A2
Romanian hamster ^E	<i>Mesocricetus newtoni</i>	B1, A2
Balkan pine-vole ^E	<i>Microtus felteni</i>	A2
Tatra vole ^E	<i>Microtus tatricus</i>	B1, A2
Mouse-tailed dormouse	<i>Myomimus roachi</i>	B1, A2
Persian squirrel	<i>Sciurus anomalus</i>	B1, A2
Southern birch mouse	<i>Sicista subtilis</i>	B1, A2
Taiga shrew	<i>Sorex isodon</i>	A2

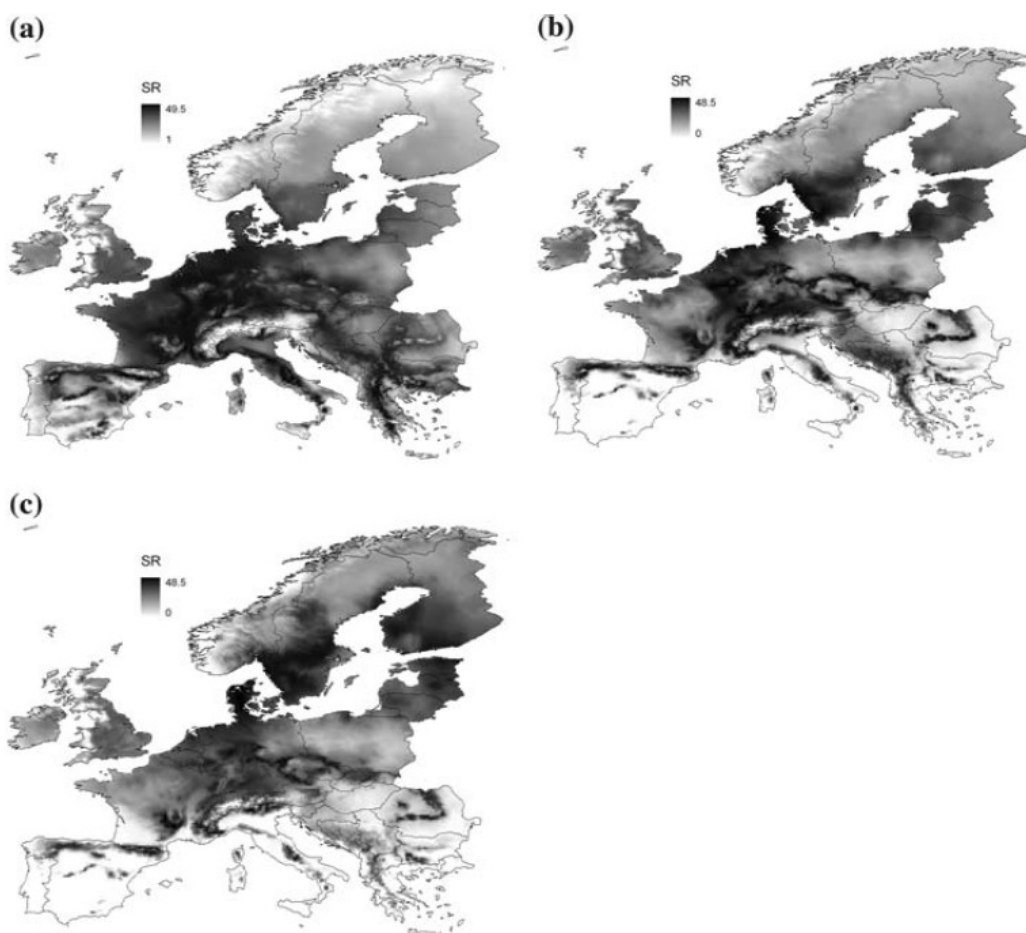
Bold face indicates that extinction is even predicted under universal migration as well

^E endemic

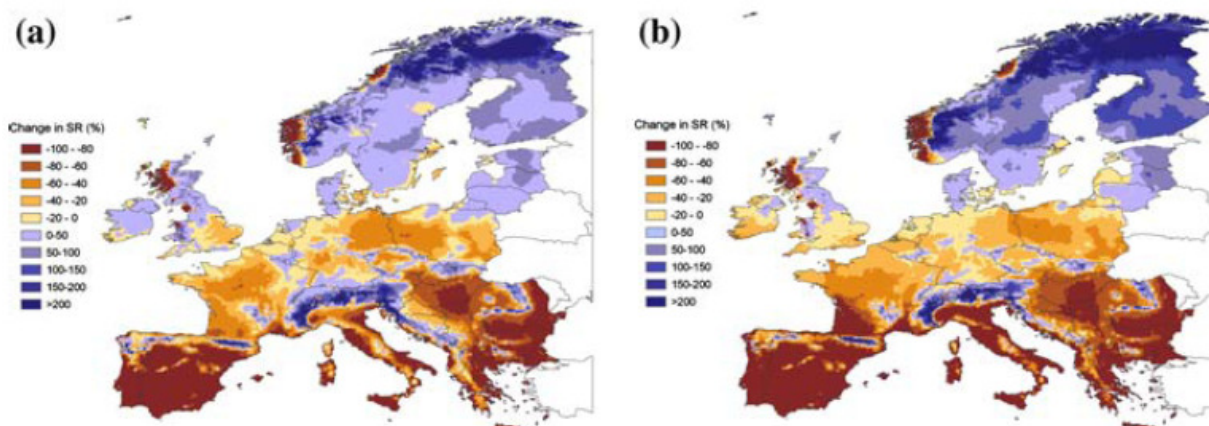
Výsledky studie uvádí, že pokud by došlo ke změnám a tedy ke scénáři B1, mezi ohrožené se zařadí asi 70 % savců. Množství druhů, které utrpí jen nízké ztráty nebo naopak své populace zvětší, přepokládají na 24 %. Při scénáři A2 se údajně zvětší počet ohrožených druhů na 78 % a těch, které utrpí jen nízké ztráty nebo dosáhnou přírůstku, přepokládají jen 13 %. Ohrožení endemických druhů je mnohonásobně větší než druhů kosmopolitních.

Největší ztráty se přitom dotknou pravděpodobně jižní Evropy - Pyrenejského, Balkánského a Apeninského poloostrova a většiny středomořských ostrovů. Očekává se až 100% ztráta druhové bohatosti. Naopak nejvíce obohaceny budou nejspíš Pyreneje, Alpy a Skandinávie a to odhadem až o 200 %. Na obrázku 6 je vidět současná situace (a), předpokládaný vývoj podle „mírného“ scénáře B1 (b) a podle scénáře A1 (c). Dále obrázek 7 vystihuje procentuální úbytek, či nárůst druhů u obou scénářů v porovnání se současností. Nejhuře jsou na tom oblasti s červenou barvou a naopak nejlépe ty s modrou.

Obr. 6 Ohadované změny v rozmístění druhů podle scénářů IPCC (Levinsky et al. 2007).



Obr. 7 Procentuální rozdíl v porovnání se současností.



Model předpovídá, že až 10 % současných druhů savců žijících v Evropě riskuje vymření v následujících 100 letech a až 25 % druhů se stane kriticky ohroženými. U méně ohrožených

druhů nehrozí sice rychlé vymizení, ale úbytek jejich přirozeného prostředí nejspíš povede k postupnému zmenšování jejich populací a následnému vymření.

Dalším problémem je skutečnost, že i když podle modelu více než třetina druhů savců naleznou nová klimaticky vhodná území, nebude stejně schopna tato území osídlit, pokud nebudou naplněny další požadavky daného druhu na lokalitu. Levinská et al. (2007) upozorňují např. na problémy spojené s přesouváním sídlišť. Přesun stromů a dalších rostlin bude trvat déle a tak nepřímo ovlivní přemístění býložravců.

Ze studie tedy vyplývá posun savců na sever a do horských oblastí a jejich vymizení ze středozemních ostrovů a poloostrovů. Je důležité zdůraznit, že model počítá s Evropou jako izolovaným územím. Je tedy možné, že druhy z přilehlých oblastí - např. z východu budou schopny vyplnit tyto nově dostupné lokality.

Uvedené výsledky by měly být považovány za první aproximaci možného vlivu změny podnebí, spíše než přesná předpověď budoucího rozmístění druhů. Studie zahrnující většinu žijících evropských druhů savců zdůrazňuje závažnost klimatických změn, a to zejména na druhy endemické.

Doporučeným postupem pro zmírnění dopadů klimatických změn je rozšíření chráněných území a jejich posunutí na sever z důvodu zachování co největšího počtu živočichů. Zároveň by měla být vytvořena souvislá síť těchto lokalit, která by umožnila živočichům posun na nová území.

V ideálním případě by měl model včetně statických dat zahrnovat i populační dynamiku, migrační schopnost konkrétních druhů, charakteristické rysy krajiny a zásahy člověka. Bohužel zkonstruování takového modelu je velmi obtížné a komplikované z důvodu našich stále ještě nedostačujících znalostí (Levinsky et al. 2007).

5. Možná opatření ke zmírnění dopadů globálních klimatických změn

5.1. Mezinárodní iniciativa

V roce 1968 se konala konference UNESCO, kde se poprvé mluvilo o racionálním využívání zdrojů (Acot 2005).

Montrealský protokol

Již v roce 1987 byl v Montrealu vytvořen protokol, podle kterého měla do roku 1995 pro rozvinuté země a do roku 2006 pro země rozvojové být zastavena produkce chlorofluorovaných uhlovodíků (CFC). K úplné zástavě produkce sice nedošlo, byla ale výrazně omezena. Tyto látky nejsou regulovány proto, že jde o potenciální skleníkové plyny, ale proto, že ničí ozon. Emise CFC se sice během několika posledních let prudce snížily, ale jejich koncentrace se neustále zvyšuje, jelikož mají v atmosféře dlouhou životnost. Úbytek CFC v ovzduší bude tedy velmi pomalý - podle Houghtona (1998) bude trvat jedno nebo více století, než bude jejich podíl na globálním oteplování redukován na zanedbatelné množství.

Chlorofluorované uhlovodíky byly většinou nahrazeny hydrochlorofluorovanými uhlovodíky (HCFC), které sice mají skleníkový efekt (menší než CFC), ale nepoškozují ozónovou vrstvu. Protokol vyžaduje, aby i tyto plyny byly do r. 2030 vyřazeny. V tomto roce se také pravděpodobně zastaví růst koncentrace CFC a ta začne klesat. (Houghton 1998).

Konference v Rio de Janeiro

V červnu 1992 se konala konference v Rio de Janeiro, která položila základy agendy ke zpomalení a stabilizaci klimatické změny. Jednalo se o obrovskou konferenci, na kterou se sjeli představitelé 179 států a celkově velké množství odborníků a nevládních organizací. Vzešly z ní dva hlavní dokumenty: Charta Země neboli Deklarace z Ria de Janeira o životním prostředí formuluje 27 hlavních zásad trvale udržitelného rozvoje, „který odpovídá současným potřebám a přitom neohrožuje možnosti budoucích generací řešit potřeby jejich“. Má se vycházet z koncepce "předběžné opatrnosti". Agenda 21 je druhým dokumentem a stanovuje potřebná opatření pro dosažení zásad formulovaných v Chartě (Acot 2005).

Signatáři uznali skutečnost globálního oteplování, souhlasili s tím, že je nutné podniknout akce ke zmírnění následků klimatické změny a zdůraznili, že rozvinuté země by měly být v čele této akce (Houghton 1998).

Kjótský protokol

Významná pro otázku životního prostředí je konference v roce 1997 v Kjótu. Kjótský protokol, který z konference vzešel, určuje množství emisí skleníkových plynů, které se státy, které

dohodu podepíší, zaváží dodržovat. Trochu podivné na celé věci je to, že bylo povoleno "obchodování s emisemi", takže ty země, které nenaplní svou kvótu, mohou prodat svůj podíl státům, které ji překračují.

Lomborg (2007) se ve své knize Kjótským protokolem zabývá a poukazuje na některé problematické aspekty celé dohody. Uvádí, že "Několik modelů spočítalo, že důsledkem Kjótského protokolu bude růst teploty do roku 2100 asi o 0,15°C nižší, než kdyby se nic neudělalo" a "Stejně tak by trvalé omezení emisí na úroveň dohody z Kjóta vedlo u mořské hladiny v roce 2100 ke vzestupu nižšímu jen o 3,5 centimetru." Z následujících výpočtů mu vychází, že takováto snížení zpomalí globální oteplování o 6let. To celé za cenu dosahujících nákladů v podstatě celého globálního oteplení za následujících 100 let.

Cílek (2007) tvrdí obdobný údaj, co se týče snižování teploty a dodává, že pokud by Kjótský protokol měl skutečně zastavit globální oteplování, musely by se jeho nároky asi trojnásobně zvýšit. To by ale znamenalo tak drastické zásahy do každodenního životního stylu většiny lidí, že jsou takové změny zcela nereálné pro demokratické odsouhlasení.

Z celkového pohledu se tedy zdá, že Kjótský protokol, přes veškerou snahu příliš velký vliv na omezení globálního oteplení mít nebude.

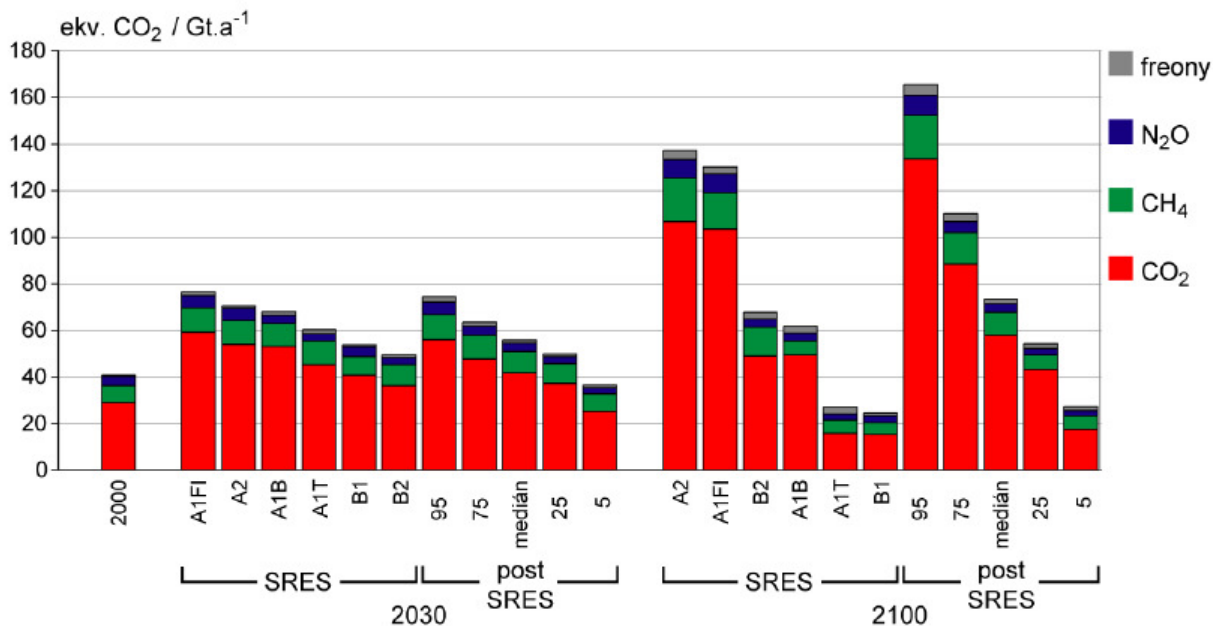
Tímto se dostáváme asi k hlavnímu problému. Změny, které by zastavily globální oteplování, by byly možné, kladly by ale takové nároky na změnu životního stylu takové části populace, že by se s tím většina lidí patrně nesmířila.

5.2. Současná situace a scénáře do budoucna

Možnostmi změn s návrhy zmírnění dopadů se podrobně zabývá studie IPCC (2007). Uvádí, že od roku 1970 do roku 2004 vzrostly emise oxidu uhličitého asi o 80 %, z toho mezi léty 1990 a 2004 o 28 %. V roce 2004 tak představovaly celých 77 % všech emisí lidmi produkováných skleníkových plynů. K výraznému snížení produkce ale došlo u fluorovaných uhlovodíků, především zásluhou Montrealského protokolu. Emise těchto látek se snížily na 20% oproti roku 1990.

IPCC vypracovala různé scénáře (SRES) dalšího vývoje využívání fosilních paliv, technologického rozvoje a jeho šíření a celkového ekonomického vývoje. Na základě těchto scénářů pak vypracovává i pravděpodobný vývoj klimatu na Zemi, především problému globálního oteplení. Kritéria hlavních scénářů jsou přebírány přímo ze souhrnné zprávy IPCC a pro jejich rozsah zařazeny v příloze 1. Obrázek č. 8 ukazuje emise podle šesti ilustrativních scénářů. Rovněž znázorňuje rozložení četnosti emisí scénářů publikovaných po SRES (percentily 5, 25, medián, 75, 95). Freony zahrnují částečně a plně fluorované uhlovodíky.

Obr. 8 Globální emise skleníkových plynů za rok 2000 a prognózané referenční emise pro roky 2030 a 2100 dle scénářů SRES IPCC a dle odborné literatury publikované po vydání scénářů SRES „post-SRES“ (IPCC 2007).



Předpověď vývoje klimatu za skutečnosti, že fosilní paliva zůstanou i nadále dominantním zdrojem energie a nedojde ani k omezením v jiných oblastech, udává, že emise CO₂ vzrostou od roku 2000 do roku 2030 dokonce o 45 % - 110 %. Naopak vývoj grafů jiných scénářů, které počítají s větším využitím obnovitelných zdrojů energie je velmi pozitivní.

5.3. Řešení

Jaká opatření ale budou nutná, aby se zmírnily dopady lidské činnosti na klima?

Ekonomika

Významná je nepochybně především ekonomická situace. Dokud bude ekonomicky výhodnější využívat fosilní paliva, bude masivnější přechod na obnovitelné zdroje problematický. Navíc je zde problém lidského faktoru - za využíváním fosilních paliv stojí nejenom státní politiky, ale i soukromé firmy, které mají natolik velký vliv, který lze jen obtížně překonat. Nicméně studie IPCC předpokládá, že fosilní paliva (především pak ropa) budou postupně zlevňovat, tudíž jejich produkce již nebude tak výhodná. Geologové - např. Cílek (2007) to ale vidí poněkud jinak. Předpokládá, že levná ropa začne během příštích 25 let docházet, takže jí nakonec zbude ještě relativně dost, ale pouze v nalezištích, která jsou obtížně dostupná. Tím se také zvýší její cena, takže již nebude tak výhodná. Právě v tomto okamžiku je možný nástup obnovitelných zdrojů ve větším měřítku.

„Politiky, na jejichž základě se stanovuje reálná či nepřímá vyjádřená cena uhlíku, by mohly vytvářet pobídky pro výrobce i spotřebitele, aby významně investovali do výrobků, technologií a procesů s nízkými emisemi skleníkových plynů. Mezi takové politiky by mohly patřit ekonomické nástroje, financování státem a regulace.“ (IPCC 2007)

Energie

Fosilních paliv se stále nejvíce spotřebovává v oblasti získávání energie, proto je zde také největší možnost „zmírňování“. Pobídky by se měly týkat především snižování dotací na fosilní paliva, případně dokonce zavedení zvláštních zpoplatnění na jejich využívání. Pro zlepšení situace obnovitelných zdrojů by se naopak zde dotace měly zavést. Potřeba je také stanovit pevné sazby za energii z těchto zdrojů. Kolísání cen bude jinak odrazovat spotřebitele. Investice do energetické infrastruktury jsou dalším významným faktorem (IPCC 2007).

Doprava

V oblasti dopravy lze také přistoupit k zavedení, případně zvýšení některých daní, především týkajících se nákupu, a provozování vozidla, nákupu pohonných hmot, zvyšování poplatků za užívání silnic a parkovišť a další. Zavést lze také standardy obsahu CO₂ v palivu. Dalšího snižování produkce zplodin lze dosáhnout investicemi do atraktivních forem hromadné dopravy. Poněkud kontroverzní jsou již další návrhy IPCC. Jedná se například o návrh zavedení limitů spotřeby paliva, limity v potřebné mobilitě a podobně.

Lesy

Během posledních dvou desetiletí vedla zvýšená potřeba zemědělské půdy a palivového dřeva ke znepokojujícímu úbytku lesů - hlavně v tropických oblastech. Během 80. let se průměrná ztráta pohybovala kolem 1% za rok. V některých oblastech je ztráta mnohem větší. Taková rychlost úbytku není udržitelná, má-li v příštích 50 nebo 100 letech vůbec nějaký les zůstat. Odlesňování přispívá nejen globálnímu oteplování, ale i degradaci půdy, ztrátě biodiverzity (odhaduje se, že více než polovina světových druhů žije v tropických lesích) a k potenciálnímu poškození oblastního klimatu (např. sízení srážek v dané oblasti).

Na každém čtverečním kilometru typického tropického lesa je asi mezi 20 000 až 50 000 tunami biomasy, která obsahuje 10 000 až 25 000 tun uhlíku. Odhaduje se, že spálením nebo jiným zničením při odlesňování se se změní kolem dvou třetin tohoto uhlíku v oxid uhličitý. Ačkoliv jsou tyto odhady velmi hrubé, shodují se s odhadem IPCC (2007). Omezení odlesňování může proto znamenat podstatný příspěvek ke zpomalení růstu skleníkových plynů v atmosféře. Navíc to bude i ve prospěch ochrany biodiverzity a půdy.

Další možností, však finančně náročnější, je zalesňování. Oblast s plně vzrostlým lesem fixuje na každém čtverečním kilometru 500 až 1000 tun uhlíku za rok. Podle výpočtů by tak bylo možné vázat uhlík, který by se rovnal přinejmenším 10 % emisí pocházejících ze spalování fosilních paliv. Znamenalo by to užitečný příspěvek k jakémukoliv požadovanému snížení koncentrací oxidu uhličitého (Houghton 1998).

Kromě zmíněných možností, jak zmírnit dopad lidské činnosti na změny klimatu, lze také přistoupit např. k finanční podpoře a předpisům pro lepší hospodaření s odpady (snížení zdroje

metanu) a odpadními vodami, k pobídkám a závazkům v oblasti obnovitelných zdrojů energie. V zemědělství mohou pomoci finanční pobídky a předpisy pro kvalitnější hospodaření s půdou, uchování obsahu uhlíku v půdě, efektivní používání hnojiv a zavlažování. (Houghton 1998; IPCC 2007).

Některé scénáře budou podle IPCC (2007) ale velmi drahé. „V roce 2050 se celosvětové průměrné makroekonomické náklady vynakládané na zmírňování působení celého souboru skleníkových plynů s cílem dosažení stabilizace ekvivalentu CO₂ mezi 710 a 445 ppm pohybují v rozmezí od 1 % přírůstku do 5,5 % poklesu celosvětového HDP.“ (IPCC 2007)

Savci a ptáci

Co se týká zlepšení klimatických podmínek konkrétně pro společenstva savců a ptáků, je zde situace mnohem komplikovanější. Většina studií se těmito úvahám vyhýbá, pouze zkoumá, do jaké míry bude vývoj v následujících desetiletích pro různé druhy savců a ptáků ohrožující. Některé druhy nebo spíše populace ptáků se na nové podmínky budou schopny vhodně adaptovat, jiné nikoliv nebo jen s problémy, které povedou ke snižování jejich počtu. Výhodu budou mít především u stěhovavých ptáků druhy migrující na krátkou vzdálenost, protože budou schopny lépe předvídat změnu klimatu a tomu pak přizpůsobit i dobu odletu a samotné migrace (Sanderson et al. 2006, Coppack & Both 2002). Možnosti zásahů člověka do této oblasti jsou ale velmi omezené.

Obdobně je tomu i v situaci se savci. Řada výzkumů ukazuje, že změny klimatu, ke kterým nyní dochází a které se dají v budoucnosti předpokládat, budou natolik rychlé, že mnoho druhů se jim nedokáže přizpůsobit. Některé tak vyhynou, jiné rozšíří seznam druhů ohrožených. Vliv zde bude mít také rychlost přesunu rostlin, které zase zabezpečují přežití býložravých savců. V silách člověka je tak např. rozšiřování chráněných území a stanovišť ohrožených druhů, a to hlavně směrem k pólům a do vyšších nadmořských výšek. Dále propojování těchto území a tvoření biokoridorů, které umožní živočichům migrovat (Li et al. 2006).

Největší úspěch však spočívá především ve zmírnění klimatických změn samotných.

6. Souhrn a závěr

Problém klimatických změn nespočívá pouze v tom, že se planeta otepluje. Důležitější je, že se mění chování klimatického systému, v němž negativní odezvy převažují. Dopady změn klimatu se projevují v zemědělství, lesnictví, na celých ekosystémech.

Vliv těchto změn na biodiverzitu trvá už od dávných dob. Spousta druhů stále posouvá svá území, aby tak udržela krok s měnícím se klimatem a našla nové oblasti s vhodnými podmínkami. Pokud se však klima bude měnit stále rychleji, je možné, že rostliny a živočichové brzy držet krok nezvládnou a hrozí jim vyhynutí.

Nejlépe byl pozorován vliv klimatických výkyvů na vybraných druzích ptáků a savců, jelikož jsou tyto dvě skupiny živočichů nejlépe prozkoumány. U ptáků se klimatické změny nejznatelněji projevují v jejich fenologii, konkrétně v načasování migrace a době hnízdění. V posledních desetiletích se u většiny druhů v mnoha oblastech uspíšil přilet na hnízdiště řádově o několik dní. U jiných druhů se data přiletu, hnízdění ani snůšky neposunula v porovnání s minulými lety, ale „předběhla se“ okolní příroda a tím i doba nejhojnějšího výskytu zdroje potravy mláďat během hnízdního období. Nejdůležitější problém, který plyne z nesrovnalosti mezi jarním přiletem, zahnízděním a klimatem, je nesynchronnost s maximální hojností potravy nezbytné pro krmení mláďat. Pokud se hnízdní fenologie tažných ptáků včas nevyrovná s tímto posunem, může mít nedostatek potravy fatální dopad na velikost a počet populací.

U savců je největším problémem fragmentace krajiny způsobená člověkem. Bariéry v podobě měst, dálnic a přehrad komplikují nebo dokonce znemožňují migraci živočichů na nová území. Vhodným opatřením jsou koridory, bohužel neřeší problém zcela. Vědci se obávají, že by v některých případech mohly způsobit více škody než užitku - např. by mohly být osídleny predátory a stát se tak dokonalou pastí pro jejich kořist, nebo by mohly umožnit nadměrné rozšíření invazních druhů a pomoci jim tak vytlačit druhy domácí.

Nabízejí se dvě řešení. Snažit se vliv člověka omezovat, tj. zaměřit se na snižování emisí skleníkových plynů, nebo se klimatické změně přizpůsobovat a hledat způsoby omezování negativních důsledků např. zmíněným budováním koridorů a rozšiřováním sítě rezervací. Obě cesty mají své opodstatnění a nebylo by správné vydat se pouze jednou z nich. Měli bychom se daleko více než dosud zaměřit na zpřesňování odhadů budoucích změn a předpovědi extrémních výkyvů počasí. V zájmu sledování principu předběžné opatrnosti rozhodně není na místě nečinnost, protože klima planety se skutečně mění.

7. Přílohy

Příloha 1: Emisní scénáře ze Zvláštní zprávy IPCC o emisních scénářích (SRES)

A1. Tématická linie skupiny scénářů A1 popisuje budoucí svět s velmi rychlým ekonomickým růstem, kde globální počet obyvatel dosáhne maxima v polovině století a poté klesá, a kde jsou rychle zaváděny nové a výkonnější technologie. Důležitými hlavními znaky jsou sblížování oblastí, budování kapacit a zvýšená kulturní a sociální interakce, při významném snížení regionálních rozdílů v příjmu na jednoho obyvatele. Skupina scénářů A1 se dělí do tří podskupin, které popisují různý směr technologických změn v energetice.

Tři podskupiny A1 se liší svým důrazem na technologie:

intenzivní využívání energie z fosilních zdrojů (A1FI), nefosilní zdroje energie (A1T) a vyvážená kombinace všech zdrojů (A1B) (vyváženost je definována jako přílišné nespolehání se na jeden konkrétní energetický zdroj za předpokladu, že se všechny technologie v oblasti energetiky a konečné spotřeby budou rozvíjet obdobným tempem).

A2. Tématická linie skupiny scénářů A2 popisuje velmi různorodý svět. Důležitým hlavním znakem je soběstačnost a zachování lokálních identit. Míra porodnosti v různých regionech se sblíží velmi pomalu, což má za následek stále rostoucí počet obyvatel. Hospodářský rozvoj je orientován především regionálně, ekonomický růst na obyvatele a technologické změny jsou rozříštěnější a pomalejší než v jiných skupinách scénářů.

B1. Tématická linie skupiny scénářů B1 popisuje svět s trendem sblížování, s počtem obyvatel dosahujícím maxima v polovině století a dále klesajícím jako u skupiny A1, ale s rychlými změnami ekonomické struktury s vývojem směrem ke službám a informační ekonomice, se snižující se materiálovou náročností a zaváděním čistých a úsporných technologií. Důraz je kladen na globální řešení ekonomické, sociální a ekologické udržitelnosti, včetně zlepšení sociální spravedlnosti, avšak bez dalších iniciativ v oblasti klimatu.

B2. Tématická linie skupiny scénářů B2 popisuje svět, ve kterém je důraz kladen na lokální řešení ekonomické, sociální a ekologické udržitelnosti. Je to svět, v němž globální počet obyvatel nadále roste, nicméně pomaleji než u skupiny A2, svět se středním tempem ekonomického rozvoje a vývojem v oblasti technologií, který je pomalejší a různorodější než v případě skupin A1 a B1. Ačkoli se scénář zaměřuje také na ochranu životního prostředí a sociální spravedlnost, soustřeďuje se na lokální a regionální úroveň.

Pro každou ze šesti skupin scénářů A1B, A1FI, A1T, A2, B1 a B2 byl vybrán jeden ilustrativní scénář. U všech scénářů se předpokládá stejná pravděpodobnost uskutečnění.

Scénáře SRES nezohledňují dodatečné iniciativy v oblasti klimatu, což znamená, že nejsou zahrnuty scénáře, které explicitně předpokládají implementaci Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu či emisních cílů Kjótského protokolu.

Tento rámeček se shrnutím scénářů SRES je převzat ze Třetí hodnotící zprávy a text byl nejprve po jednotlivých rádcích schválen Mezivládním panelem pro změny klimatu.

8. Použitá literatura

- ACOT P. 2005: Historie a změny klimatu: od velkého třesku ke klimatickým katastrofám. Karolinum, Praha.
- ARAÚJO M. B. & RAHBEC C. 2006: How Does Climate Change Affect Biodiversity? *Science* 313: 1396-1397.
- ARAÚJO M. B. 2004: Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology* 10, 1618-1626.
- BARNOSKY A.D., HADLY E. A., BELL C. J. 2003: Mammalian response to global warming on varied temporal scales. *J MAMMAL* 84/2: 354-368.
- BARNOSKY A. D., KRAATZ B. P. 2007: The Role of Climatic Change in the Evolution of Mammals. *BioScience Vol. 57 No. 6*: 523-532.
- BARROS V. 2006: Globální změna klimatu. Mladá fronta, Praha.
- BOTH C. & VISSER M. E. 2001: Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature* 411: 296-298.
- BOTH C., ARTEMYEV A. V., BLAAUW B., COWIE R. J., DEKHUIJZEN A. J., EEVA T., ENEMAR A., GUSTAFSSON L., IVANKINA E. V., JAERVINEN A., METCALFE N. B., NYHOLM N. E. I., POTTI J., RAVUSSIN P.- A., SANZ J. J., SILVERIN B., SLATER F. M., SOKOLOV L. V., TÖRÖK J., WINKEL W., WRIGHT J., ZANG H. & VISSER M. E. 2004: Large-scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier. *Proc. R. Soc. B* 271: 1657-1662.
- BOTH C., BIJLSMA, R. G. & VISSER M. E. 2005: Climatic effects on timing of spring migration and breeding in a long-distance migrant, the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *J. Avian Biol.* 36: 368-373.
- BOTH C. & VISSER M. E. 2005: The effect of climate change on the correlation between avian life-history traits. *Global Change Biol.* 11: 1606-1613.
- BOTH C., BOUWHUIS S., LESSELLS C. M. & VISSER M. E. 2006: Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441: 81-83.
- BUCHDAHL J. 1999: A review of contemporary and prehistoric global climate change. Online: http://www.ace.mmu.ac.uk/Resources/gcc/Climate_Change_Study_Guide.pdf, staženo 17.2.2008.
- BUTLER C. 2003: The disproportionate effect of global warming on the arrival dates of short-distance migratory birds in North America. *Ibis* 145: 484-495.
- CHAPIN F. S, CALLAGHAN T. V., BERGERON Y., FUKUDA M., JOHNSTONE J.F., JUDAY G. & ZIMOV S.A. 2004: Global change and the boreal forest: Thresholds, shifting states or gradual change? *Ambio* 33, 361-365.
- CÍLEK V. 2005:, pořad Nad věcí, 20.12.2005. Český rozhlas 1 Radiožurnál, Praha.

CÍLEK V. 2006: Solární oteplování. *Vesmír* 85: 12-17.

CÍLEK V. 2007: pořad Vstupte!, 14.12.2007; zamyšlení Dr. Václava Cílka nad pozitivními důsledky globálního oteplování. Český rozhlas Leonardo. Online:
http://www.rozhlas.cz/leonardo/audio/?p_po=2628&p_dat_from=14.12.2007&dni=1, staženo 10.1.2008

CÍLEK V. 2007: Jak to vidí, 20.11.2007. Český rozhlas 2, Praha. Online:
http://www2.rozhlas.cz/podcast/podcast_porady.php?p_po=1672, staženo 22.3.2008

CRICK H. Q. P., DUDLEY C., GLUE D. E. & THOMPSON D. L. 1997: UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388: 526.

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

COLLINS M. 2002: Climate Predictability on Interannual to Decadal Time Scales: The Initial Value Problem. Online:
<http://www.climateark.org/shared/search/welcome.aspx?searchtext=climate%20definition%20P>df, staženo 21.1.2008.

COPPACK T. & BOTH C. 2002: Predicting life-cycle adaptation of migratory birds to global climate change. *Ardea* 90: 369-378

COTTON P. 2003: Avian migration phenology and global climate change. *PNAS* 100: 12219-12222.

CRICK H. Q. P. 2004: The impact of climate change on birds. *Ibis* 146: 48-56.

ČHMÚ 2007: Národní inventarizační systém skleníkových plynů a problematika změny klimatu. Online: <http://www.chmi.cz/cc/inf/index.html>, staženo 24.2.2008

DAVIS A. J., JENKINSON L. S., LAWTON J. H., SHORROCKS B. & WOOD S. 1998: Making mistakes when predicting shifts in species range in response to global warming. *Nature* 391: 783-786.

GORDO O., BROTONS L., FERRER X. & COMAS P. 2005: Do change in climate patterns in wintering areas affect the timing of the spring arrival of trans-Saharan migrant birds? *Global Change Biol.* 11: 12-21.

HADLY E. A. (1997): Evolutionary and ecological response of pocket gophers (*Thomomys talpoides*) to late-Holocene climatic change. *Biological Journal of the Linnean Society* 60: 277-296.

HOLLIDAY F. 2004: Climate change and the global economy. *Ibis* 146: 2-3.

HOUGHTON J. 1998: Globální oteplování. Academia, Praha.

HUNTLEY B. 2007: Climatic change and the conservation of European biodiversity: Towards the development of adaptation strategies. Discussion paper-CONVENTION ON THE CONSERVATION OF EUROPEAN WILDLIFE AND NATURAL HABITATS, Strasbourg, 26 June 2007

HÜPPOP O. & HÜPPOP K. 2003: North Atlantic Oscillation and timing of spring migrations in birds. *Proc. R. Soc. B* 270: 233-240.

- HÜPPOP O. & HÜPPOP K. 2005: Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland. Teil 3: Veränderungen von Heim - und Wegzugzeiten von 1960 bis 2001. *Vogelwarte* 43: 217-248.
- HURRELL J. 2007: Introduction to NAO Indices. Online:
<http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/nao.stat.winter.html>, staženo 29.2.2008.
- INOUYE D. W. Barr B, ARMITAGE K. B. & INOUYE B. D. 2000: Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. *PNAS* 97: 1630-1633.
- IPCC 2007: Změna klimatu 2007: Dopady změny klimatu, adaptace a zranitelnost. Online:
[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPOBFKW197M/\\$FILE/Dopad_adap_zran_final.pdf](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPOBFKW197M/$FILE/Dopad_adap_zran_final.pdf), staženo 30.1.2008.
- IPCC 2007: Změna klimatu 2007: Zmírňování změny klimatu. Online:
[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPOBFKW197M/\\$FILE/Zmirnovani_final.pdf](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPOBFKW197M/$FILE/Zmirnovani_final.pdf), staženo 30.1.2008
- KÖRNER CH. 2000: Biosphere responses to CO₂ enrichment. *Ecol Appl* 10, 1590-1619.
- LEEMANS R., Eickhout B. 2004: Another reason for concern: regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change. *Global Environmental Change* 14: 219-228.
- LEHIKONEN E.; SPARKS T.H. & ŽALAKEVIČIUS M. 2004: Arrival and departure dates. *Adv. Ecol. Res.* 35: 1-31.
- LEVINSKY I., SKOV F., SVENNING J. CH., RAHBEK C. (2007): Potential impacts of climate change on the distributions and diversity patterns of European mammals. *Biodivers Conserv* 16: 3803-3816.
- LI M.; KRÄUCHI N. & Gao S. 2006: Global Warming: Can Existing Reserves Really Preserve Current Levels of Biological Diversity? *Journal of Integrative Plant Biology* 48: 255-259.
- LOMBORG B. 2007: Skeptický ekolog. Dokořán, Praha.
- LOŽEK V. 2001: Přirozené změny podnebí. *Vesmír* 80: 146-152.
- LOŽEK V. 2007: Hrozba klimatických změn. *Vesmír* 86: 702-707.
- MCCARTY J. P. 2001: Ecological consequences of recent climate change. *Cons. Biol.* 15: 320-331.
- MILLIEN V., LYONS S. K., OLSON L., SMITH F. A., WILSON A. B., YOM-TOV Y. 2006: Ecotypic variation in the context of global climate change: revisiting the rules. *COL LETT* 9/7: 853-869.
- MØLLER A. P., FLENSTED-JENSEN E. & MARDAL W. 2006: Rapidly advancing laying date in a seabird and the changing advantage of early reproduction. *J. Anim. Ecol.* 75: 657-665.
- MOSS R., OSWALD J. & BAINES D. 2001: Climate change and breeding success: decline of the capercaillie in Scotland. *J. Anim. Ecol.* 70: 47-61.
- NÁTR L. 2006: Země jako skleník. Proč se bát CO₂? Academia, Praha.

- OTTERSEN G., PLANQUE B., BELGRANO A., POST E., REID P. C. & STENSETH N. C. 2001: Ecological effects of the North Atlantic Oscillation. *Oecologia* 128: 1-14.
- PARMESAN C. & YOHE G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421, 37-42.
- PARMESAN C. 2006: Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37: 637-669.
- PRETEL J. 2006: Klima na Zemi se mění. *Vesmír* 85: 421-425.
- RAINIO K., LAAKSONEN T., AHOLA M., VÄHÄTALO A. V. & LEHIKONEN E. 2006: Climatic responses in spring migration of boreal and arctic birds in relation to wintering area and taxonomy. *J. Avian Biol.* 37: 507-515.
- SAINO N., SZÉP T., ROMANO M., RUBOLINI D., SPINA F. & MØLLER A. P. 2004: Ecological conditions during winter predict arrival date at the breeding quarters in a trans-Saharan migratory bird. *Ecol. Lett.* 7: 21-25.
- SANZ J. J., POTTI J., MORENO J., MERINO S. & FRÍAS O. 2003: Climate change and fitness components of a migratory bird breeding in the Mediterranean region. *Global Change Biol.* 9: 461-472.
- SCHRÖTER D. 2005: Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. *Science* 310: 1333-1337.
- SPARKS T. H. & Menzel A. 2002: Observed changes in season: an overview. *Int. J. Climatol.* 22: 1715-1725
- STEVENSON I. R. & BRYANT D. M. 2000: Climate change and constraints on breeding. *Nature* 406: 366-367.
- Royal Society 2007: Biodiversity-Climate interactions: adaptation, mitigation and human livelihoods. Summary of an international meeting held at the Royal Society 12-13 June 2007. Online: <http://royalsociety.org/displaypagedoc.asp?id=27048>, staženo 29.1.2008.
- ŠÁLEK M., RŮŽIČKA J. & MANDÁK B. 2005: Ekologie. Skripta FLE ČZU v Praze. Lesnická práce, Kostelec n. Č.l.
- ŠESTÁK Z. 2000: Rostoucí koncentrace CO₂ v ovzduší. Katastrofa, nebo snesitelná změna?. *Vesmír* 79: 7.
- TRYJANOWSKI P., KUŹNIAK S. & SPARKS T. H. 2002: Earlier arrival of some farmland migrants in western Poland. *Ibis* 144: 62-68.
- VAČKÁŘ & PLESNÍK 2005: Biodiverzita a fungování ekosystémů. *Vesmír* 84: 32-37.
- VISSER M. E., NOORDWIJK A.J., TINBERGEN J.M. & LESSELLS C.M. 1998: Warmer springs lead to mistimed reproduction in Great Tits (*Parus major*). *Proc. R. Soc. Lond. B* 265: 1867-1870.
- VISSER M. & BOTH C. 2005: Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proc. R. Soc. B* 272: 2561-2569.

WAITE T. A. & STRICKLAND D. 2006: Climate change and the demographic demise of a hoarding bird living on the edge. *Proc. R. Soc. B* 273: 2809-2813.

WALLACE J. M. & CHRISTY J. 2001: Pravda o globálním oteplování. *Vesmír* 80: 265.

WATKINSON A. R., GILL J. A. & HULME M. 2004: Flying in the face of climate change: a review of climate change, past, present, and future. *Ibis* 146: 4-10.

WILSON E. O. 1995: Rozmanitost života. Nakladatelství Lidové noviny, Praha.

ŽALAKEVIČIUS M., BARTKEVIČIENĚ G., RAUDONIKIS L. & JANULAITIS J. 2006: Spring arrival response to climate change in birds: a case study from Eastern Europe. *J. Ornithol.* 147: 326-343.