Ing. Ondrej Tarčáni

Bezpečnostní prostředí (nejen) v České republice optikou klimatické změny

Anotace

Článek si klade za cíl seznámit čtenáře s přehledem fenoménu, jakým je změna klimatu, klimatický systém. Na základě různých zdrojů poukazuje na příčiny klimatických změn, rizika s tím spojené a na dopady v České republice ve vybraných oblastech společenského života.

Klíčová slova

Klima, změna klimatu, příčiny, rizika, dopady.

Summary

The article describes role of the climate system and its komponents. Based on various sources highlights the causes of climate change, the risk associated with it and the posible impacts of the Czech republic in selected areas of social live.

Keywords

Climate, Change of Climate, Causes, Risks, Impacts.

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Úvod

Podnebí (klima) představuje dlouhodobý charakteristický stav počasí, podmíněný a ovlivněný energetickou bilancí, cirkulací atmosféry, charakterem aktivního povrchu a lidskou činností. Klima je významnou částí krajinné sféry, které předurčuje její vlastnosti a možnosti jejího využívání a charakterizujeme ho pomocí průměrných hodnot meteorologických prvků, doplněných o extrémy a četnosti jejich výskytu, popřípadě o další statistické charakteristiky. Je charakteristické pro dané místo, oblast nebo region v závislosti na jeho geografické poloze. Lidská činnost se přímo či nepřímo podílí zejména na změnách energetické bilance celého klimatického systému.[1]

Počasí je (na rozdíl od podnebí) definováno jako okamžitý stav atmosféry nad daným místem a mění se z hodiny na hodinu, ze dne na den, sezónu od sezóny, rok od roku.

Klimatický systém se skládá z atmosféry, oceánu, povrchu pevnin, kryosféry a biosféry.[2] Každá z těchto složek představuje složitý termodynamický systém, ve kterém probíhá velké množství fyzikálních a chemických procesů, z čeho vyplývá složitost klimatického systému jako složitého nelineárního systému, ve kterém jsou probíhající procesy vzájemně propojeny složitými vazbami.

Procesy, probíhající v jedné složce, jsou provázané s procesy v ostatních složkách a navzájem se ovlivňují. Změna v jednom subsystému tedy může vyvolat změnu v ostatních složkách klimatického systému[3].

Důležitou roli hrají zpětné vazby jako mechanismus, který mění reakci klimatického systému na určité působení. Změna v jedné části klimatického systému, způsobená určitým impulsem, vyvolá změnu v jiné části systému, a ta zpětně působí na tu první část. Tím je pak reakce určité složky na původní podnět změněna. V případě, že je **reakce zesílena**, mluvíme o **pozitivní** zpětné vazbě. V opačném případě, kdy je **reakce** na daný impuls zpětnou vazbou **zeslabena**, jedná se o **negativní** zpětnou vazbu. V důsledku kladných zpětných vazeb vzrůstá nestabilita klimatického systému, záporné zpětné vazby stabilitu naopak zvyšují. I nepatrný zásah do systému může proto vyvolat řetězovou reakci a přerůst do daleko větších rozměrů.

[1] PRETEL Jan. Klimatické změny a jejich dopady na život lidí, Projekt: Zeměpis v nové perspektivě aneb tudy cesta vede. Studijní opora v rámci projektu CZ.1.07/1.3.05/03.0030. Ostrava 2012.
Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření (Projekt VaV – SP/1a6/108/07). *Český hydrometeorologický ústav*. 2011. Dostupné z: http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/vav_TECHNICKE_SHRNUTI_2011.pdf

[2] V geologické minulosti planety Země se klima v řádu tisíců let postupně měnilo a v řádu stovek let různě kolísá. Jeho stabilita je dána prostředím, ve kterém je utvářeno. Toto prostředí se nazývá klimatický systém.

[3] Všechny vazby a procesy mezi jednotlivými složkami nejsou doposud plně prozkoumány a pochopeny. Související zjištění mohou být zpochybňována a politizována.
Debata k aktuální klimatické zprávě: Klimatická změna není jen globální oteplování. *Ekolist.cz*, 6. XI. 2014. Dostupné z: http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/debata-k-aktualni-klimaticke-zprave-klimaticka-zmena-neni-jen-globalni-oteplovani

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Příčiny klimatických změn (klimatické změny)[1]

Klimatický systém reaguje i na vnější vlivy, což může být **změna množství dopadajícího slunečního záření** na horní hranici atmosféry (solární konstanta), **změna v množství skleníkových plynů** obsažených v atmosféře nebo **změna typu zemského povrchu** (odlesňování, zemědělské využívání, zástavba, apod.).

Klimatický systém se mění a vždy měnil nepřetržitě v různých časových i prostorových měřítkách a v závislosti na změnách svých vnitřních procesů a zároveň i v závislosti na změnách externích vlivů[2], kterými kromě lidských zásahů mohou být sluneční aktivita nebo vulkanické emise skleníkových plynů. Změny jednotlivých energetických toků jsou impulsem, který může způsobit změnu klimatu a tyto impulsy mohou být způsobeny přirozenými nebo antropogenními faktory.

V časových měřítkách tisíců až milionů let byly změny klimatu působeny hlavně geografickými a astronomickými vlivy, jejichž působení bylo umocněno nebo zeslabeno prostřednictvím zpětných vazeb. Mezi tyto vnější vlivy řadíme změny parametrů zemské orbity, změny rozložení kontinentů na Zemi a změny sluneční činnosti. Dalším přirozeným faktorem, ovlivňujícím podnebí v kratším časovém měřítku, je vulkanická činnost.

Antropogenními faktory se rozumí vliv lidské činnosti na různé části klimatického systému. Jedná se o emise skleníkových plynů, aerosolů a dalších znečišťujících příměsí do atmosféry (ať už z průmyslové výroby, těžby surovin nebo zemědělství), změny vlastností povrchu (odlesňování, výstavba apod.), zásahy do hydrologického režimu (stavba přehrad, změny vodních toků, zavlažovací systémy) apod.

Změna klimatu. Dostupné z: http://www.zmenaklimatu.cz/cz/
Klimaskeptik.cz. Dostupné z: http://www.klimaskeptik.cz/
Klimatická změna: Podle Eurobarometru souhlasí s názorem Klause jen 6 % Čechů. *Společnost pro trvale udržitelný rozvoj.* 17. IX. 2008. Dostupné z: http://www.stuz.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=563:klimaticka-zmena-podle-eurobarometru-souhlasi-s-nazorem-klause-jen-6--cechu&catid=18&Itemid=75

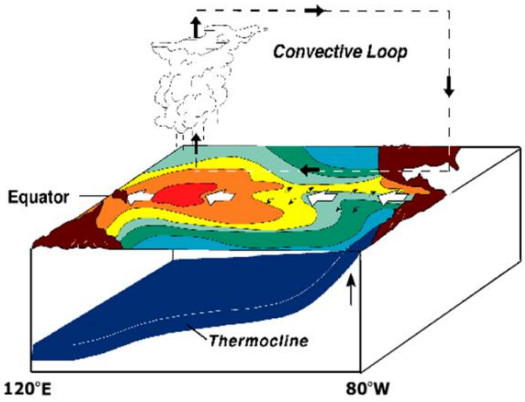
[1] Je třeba zdůraznit, že pojem „klimatická změna“ je třeba užívat v jednotném čísle. Jedná se o spojitý fenomén, nikoli o několik „klimatických změn“ vedle sebe.
What's the Difference between Global Warming and Climate Change? *National Oceanic and Atmospheric Administration.* 11. VII. 2015. Dostupné z: http://www.climate.gov/news-features/climate-qa/whats-difference-between-global-warming-and-climate-change

[2] Hlavním faktorem určujícím klima na Zemi je radiační a tepelná bilance.
Solar Radiation and the Earth's Energy Balance. *University of Columbia*. 2007. Dostupné z: http://eesc.columbia.edu/courses/ees/climate/lectures/radiation/

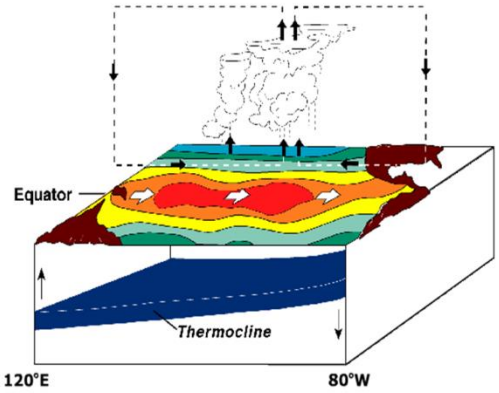
Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Ovšem i za předpokladu, že všechny faktory určující klima budou konstantní, tak se klima může měnit. Mluvíme o kolísání (variabilitě) podnebí. Nejedná se o jeho změnu, ale o kolísání kolem určité průměrné hodnoty s různě velkou amplitudou i periodou, a s různě velkým prostorovým rozsahem. Tato proměnlivost je důsledkem nelineární povahy klimatického systému. Příkladem jeho projevů je např. jev **El Niňo** nebo Severoatlantická oscilace (*North Atlantic Oscilation*, *NAO*).[1]

Ilustrace č. 1: Vliv jevu El Niňo.[2]



Normální stav. Rovníkové větry odtlačují teplou vodu k západu. Podél pobřeží Jižní Ameriky vystupují studené vody.



El Niňo. Teplé vody jsou poblíž jihoamerického pobřeží. Chybí výstupy studených vod u pobřeží Jižní Ameriky.

[1] Jedná se o komplexní klimatický jev v severní části Atlantského oceánu (speciálně spojený se změnami klimatu mezi Islandem a Azorskými ostrovy). Je charakterizována cyklickými změnami tlaku vzduchu a změnami v drahách bouří v Severním Atlantiku.
North Atlantic Oscilation. *National Centers for Environmental Prediction.* Dostupné z: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml
[2] El Niňo. *University of Berkeley*. Dostupné z: http://www.ucmp.berkeley.edu/education/dynamic/session4/sess4_hydroatmo3.htm

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Dalším jevem, který ovlivňuje klimatické změny je klimatický jev označovaný jako **El Niño Jižní oscilace** (*El Niño Southern Oscillation*, *ENSO*). Tento fenomén je pozorován v rovníkovém Pacifiku a v Indonésii. Skládá se ze dvou jevů, které jsou navzájem propojené (El Niño se projevuje v oceánu, Jižní oscilace v atmosféře).

K jeho výskytu dochází nepravidelně v intervalech přibližně 3 až 7 let, průměrná doba trvání jedné fáze je 1 až 2 roky a jednotlivé fáze ovlivňují počasí nejenom v pacifické oblasti, ale i v dalších oblastech jižní a jihovýchodní Asie, Austrálii, v západní polovině severní a jižní Ameriky a prakticky v celé střední Americe. Do jaké míry ovlivňuje počasí i na ostatních kontinentech je zatím stále nejasné. Výrazné epizody se odehrály v letech 1986–1987, 1991–1992, 1993, 1994, 1997–1998 a 2002. Fáze ENSO totiž ovlivňuje počasí téměř na celém světě.

Vliv na dlouhodobé změny klimatu[1] jsou dány časem měnící se excentricity eliptické dráhy, po které Země obíhá, náklon zemské osy a její precese.[2] Tyto parametry určují, kolik slunečního záření dopadá na horní hranici atmosféry (což představuje velikost solární konstanty) a jak výrazné jsou rozdíly v množství dopadajícího slunečního záření v různých zeměpisných šířkách v průběhu roku. A právě dlouhodobé změny intensity a délky letního a zimního období byly v minulosti důvodem vzniku rozsáhlého zalednění povrchu naší planety v průběhu posledních dvou milionů let.

Výše jmenované parametry zemské dráhy se mění v určitých cyklech.[3] Intenzita sluneční činnosti určuje množství energie, která je zdrojem energie pro klimatický systém a proto její změny znamenají zásadní vliv na klima. Intenzitu sluneční činnosti určuje počet slunečních skvrn. Počet slunečních skvrn kolísá s periodou 11 let (toto kolísání vyvolává změny solární konstanty v řádu 0,1%). Např. ve druhé polovině 17. století bylo množství slunečních skvrn velmi malé (Maunderovo minimum – viz **ilustrace č. 2**), což zřejmě znamenalo ochlazení v některých oblastech severní polokoule přibližně o 1°C oproti současnosti (tzv. malá doba ledová).

Další důležitým parametrem, ovlivňující změny klimatu je **kontinentální drift**.[4]

[1] MOCK, Doland. R. The Southern Oscillation: Historical Origins. *National Oceanic and Atmospheric Administration.* 1981. Dostupné z: http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/misc/hxsoi.html

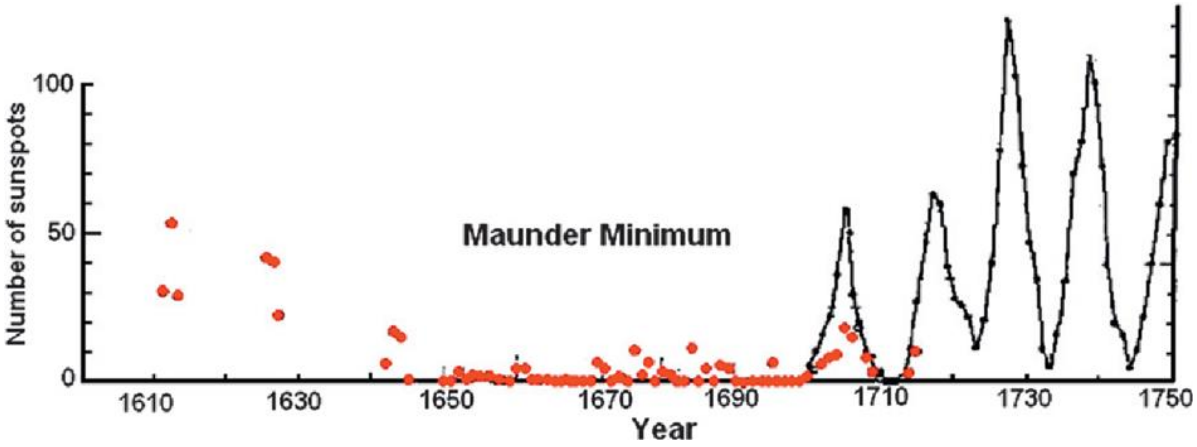
[2] Klimatické změny a kosmické zákonitosti. *Věda a technika*. 17. VI. 2007. Dostupné z: http://veda-technika.blogspot.cz/2007/06/klimatick-zmny-kosmick-zkonitosti.html

[3] Jedná se o tzv. Milankovičovy cykly. Tyto změny dobře korelují s nástupy dob ledových.
CÍLEK, Václav. Milankovičovy cykly: Astronomické teorie klimatických změn. *Vesmír*. 1995, 9. Dostupné z: http://casopis.vesmir.cz/clanek/milankovicovy-cykly

[4] Drift je způsoben pohybem litosférických desek a určuje změny rozložení pevnin a oceánů na Zemi.
LI, F. a kolektiv. Continental Drift and Climate Change Drive Instability in Insect Assemblages. *Nature*. 17. VI. 2015. Dostupné z: http://www.nature.com/articles/srep11343

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Ilustrace č. 2: Maunderovo minimum.[1]



Na kratších časových obdobích (jednotlivé roky až stovky let) se uplatňují vnější (změny sluneční aktivity, vulkanická činnost) i vnitřní vlivy. Nelineární povaha klimatického systému má za následek jeho vnitřní variabilitu, kdy změny nastávají bez vnějšího působení. Takové změny se mohou projevovat v různých časových i prostorových měřítkách, od řádu několika měsíců až po desítky let, a prostorově od změn lokálních až po globální.

Při sopečném výbuchu dochází k uvolnění velkého množství plynů a pevných částic do atmosféry a významně ovlivňuje radiační bilanci. Rozptyluje dopadající sluneční záření a tím přispívá k ochlazování, ale zároveň absorbuje tepelné vyzařování povrchu a zpětně vyzařuje. Vzhledem k tomu, že částice sopečného aerosolu nezůstávají v atmosféře déle než 1–2 roky, působení osamocené erupce na globální klima je spíše zanedbatelné, byť v lokálním měřítku může být efekt znatelný.

K jakým změnám může dojít v jednotlivých složkách? **Atmosféra** reaguje relativně rychle, změny v troposféře se projeví během několika dní, maximálně týdnů, ve stratosféře je to zpravidla otázka několika měsíců. **Oceány** ovšem mají velkou tepelnou kapacitu, proto trvá i několik desítek nebo či stovek let, než je možné pozorovat výraznější odezvu na nějaký vnější podnět. **Troposféra** je ve velké míře propojena s oceánem, proto i změny ve spodních vrstvách atmosféry jsou díky oceánu „tlumeny“. V důsledku propojení jednotlivých složek klimatického systému mohou mít odezvy na vnější podněty různý časový i prostorový rozměr.

V **atmosféře**, která je složena z plynných složek a aerosolů, dochází ke změnám v koncentraci složek. O vývoji koncentrací jednotlivých složek v průběhu posledních 650 tisíc let se dozvídáme z analýz vzduchových bublin v ledovcových vrtech. V posledním období je provozována i síť měřících stanic pro sledování koncentrací oxidu uhličitého.[2]

[1] PAVLÍČEK, Miroslav. Zmizení slunečních skvrn – nadchází hluboké ochlazení? *New World Order Opposition*. 21. VI. 2011. Dostupné z:
http://www.nwoo.org/2011/06/21/zmizeni-slunecnich-skvrn-nadchazi-hluboke-ochlazeni/

[2] Nejstarší observatoř se nachází na havajském vulkánu Mauna Loa, kde jsou koncentrace měřeny již od roku 1958. Údaje z této stanice jsou cenné zejména proto, že zde prakticky neexistuje možnost ovlivnění naměřených hodnot emisemi oxidu uhličitého z blízkých zdrojů.

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Mnohé z atmosférických plynů se podílejí na skleníkovém efektu. Nejvýznamnějším skleníkovým plynem v atmosféře je vodní pára. Její globální podíl na změnách radiační bilance se odhaduje v rozmezí 60 – 80%, ale přímý vliv lidské činnosti na její koncentrace je velmi malý. Rozhodujícím faktorem pro obsah vodní páry v atmosféře je teplota vzduchu, při které dochází k vyrovnání mezi výparem vody z vodní hladiny a množstvím vypadávajících srážek. **Pokud ale teplota vzduchu vlivem působení člověka roste, projeví se to i na růstu obsahu vodní páry v atmosféře.**

Z dalších atmosférických plynů se jedná zejména o oxid uhličitý, metan, oxid dusný, ozón a částečně a zcela halogenované fluorovodíky (freony). Ke změnám koncentrací skleníkových plynů dochází jak přirozenou cestou, tak v důsledku lidské činnosti. Do přízemních vrstev atmosféry se skleníkové plyny dostávají třemi způsoby: emisemi ze zemského povrchu i oceánu přirozenými nebo umělými pochody, transportem z vyšších vrstev atmosféry a chemickými přeměnami. Současně dochází k odstraňování těchto plynů z atmosféry transportem do vyšších vrstev atmosféry, ukládáním na zemský povrch nebo do oceánu a opět chemickou přeměnou.

Obecně platí, že čím kratší je doba setrvání dané látky, tím je větší časová a prostorová variabilita koncentrací. Plyny s dlouhou dobou setrvání (více než 100 let) se vyskytují v celé troposféře a stratosféře v homogenních objemových koncentracích. Vodní pára, jako nejvýznamnější skleníkový plyn, působí v atmosféře v průměru kolem 9 dní, oxid uhličitý v rozpětí 50 – 200 let, metan 9 – 15 let, oxid dusný kolem 115 let a soubor částečně a zcela halogenovaných fluorovodíků v širokém rozpětí 12 až 10 tisíc let.

V současné době lze podíly skleníkových plynů antropogenního původu odhadnout následovně: oxid uhličitý 77 %, metan 14 %, oxid dusný 8 % a halogenované fluorovodíky kolem 1 % (mimo vodní páry). Porovnáme-li jejich účinnost na radiační vlastnosti atmosféry, pak metan má účinnost 21x vyšší než oxid uhličitý, oxid dusný 310x vyšší a halogenované fluorovodíky 100 – 10 000x vyšší.

Mezi přírodní zdroje skleníkových plynů patří dýchání živých organismů, hnilobné procesy, vulkanická činnost a výměna plynů mezi oceánem a atmosférou. V posledních několika tisících letech byly tyto koncentrace poměrně stabilní. Až po nástupu průmyslové revoluce dochází k jejich rychlému nárůstu, další skleníkové plyny mimo vodní páru, oxid uhličitý, metan a oxid dusný, se před několika desítkami let v atmosféře prakticky vůbec nevyskytovaly.

Mauna Loa Observatory. *National Oceanic and Atmospheric Administration.* Dostupné z: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

A) Koncentrace oxidu uhličitého vzrostly od začátku průmyslové revoluce o téměř 40 %, z tehdejších 250 až 280 ppm[1] na dnešních 395 ppm. Hlavními **antropogenními** zdroji oxidu uhličitého jsou **spalování fosilních paliv** a **výroba cementu**. Dalšími zdroji emisí jsou **odlesňování** a **spalování biomasy**.

a. Koncentrace metanu v atmosféře se v průběhu posledních 650 tisíc let měnila v rozmezí od 400 do 700 ppb[2]. Dnešní koncentrace 1780 ppb jsou tedy daleko vyšší.

b. Koncentrace atmosférického metanu též stoupá v důsledku lidské činnosti (zemědělství, výroba energie a spalování biomasy). Koncentrace oxidu dusného se od roku 1750 zvýšila z 270 ppb na současných 320 ppb. Antropogenním zdrojem oxidů dusíku je zejména používání zemědělských hnojiv, intenzivní zemědělská činnost a spalování fosilních paliv.

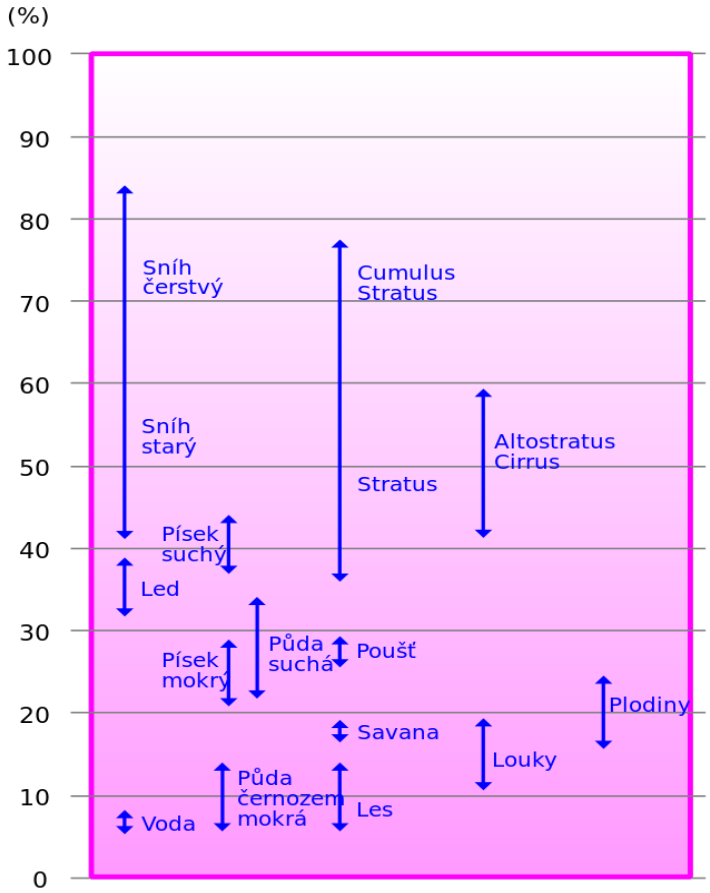
B) **V oceánech dochází ke změně teploty** povrchových vrstev (do 700 m pod hladinou), kde v posledních desetiletích prokazatelně stoupá, mezi lety 1961 a 2003 stoupla o 0,1°C. Od počátku průmyslové revoluce roste množství anorganického uhlíku v oceánu, což má za následek, že dochází k rozpouštění uhlíku v menších hloubkách než dříve a zároveň ke zvyšování kyselosti povrchových vrstev vody. Během 20. století se zvedala průměrná výška hladiny oceánu v průměru o 1,7±0.5 mm/rok. Změny hladiny jsou ale velmi lokálně proměnlivé a výšky hladiny jsou přibližně ze 3/4 způsobovány tepelným rozpínáním vody a částečně také táním ledovců.

C) Změny **vlastností povrchu** Země jako je např. odlesňování, zemědělská činnost, následky požárů apod., mohou ovlivnit lokální a regionální klima, protože mohou změnit albedo[3] povrchu, teplotu povrchu, energetickou a radiační bilanci, toky vlhkosti a procesy ovlivňující vznik oblačnosti. Důležitým faktorem je i vegetační pokryv povrchu. Např. albedo (**viz ilustrace č. 3**) zalesněné oblasti je nižší než albedo zemědělsky obdělávané půdy. V polovině 18. století představovala rozloha zemědělský obhospodařovaných ploch 6 až 7 % povrchu pevnin, zatímco v současné době jde o přibližně 28 %. Rozloha zalesněných ploch se za stejné období snížila o přibližně 12 milionů km^2, přičemž pouze za období let 2000 až 2005 o jeden milión. Do poloviny 20. století probíhal největší nárůst zemědělsky využívaných ploch a největší úbytek lesních ploch v mírných zeměpisných šířkách, zejména v Evropě a Severní Americe. V posledních 50 letech se ale v těchto oblastech zalesnění naopak mírně zvyšuje, zatímco v tropických oblastech naopak dochází k intenzivnímu odlesňování. Pouze za období let 2000 až 2005 se plocha tropických pralesů, která činí 22 % světových lesních ploch, snížila o 3 %.

[1] *Parts per million* (dílů či částic na jeden milion).
[2] *Parts per billion* (dílů či částic na jeden bilion/miliardu).
[3] Albedo je míra odrazivosti tělesa nebo jeho povrchu. Jedná se o poměr odraženého elektromagne-tického záření k množství dopadajícího záření.
Thermodynamics: Albedo. *National Snow and Ice Data Center.* Dostupné z: https://nsidc.org/cryosphere/seaice/processes/albedo.html

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Ilustrace č 3: Odrazivost různých typů povrchů a oblak na Zemi, údaj v procentech.[1]



Současné negativní trendy

Jaké jsou současné trendy vývoje klimatu? Rostoucí trendy průměrné **globální** teploty a jejich fyzikální důsledky jsou zcela zřejmé a nezpochybnitelné a např. devět z posledních deseti let lze považovat za nejteplejší roky od poloviny 19. století, kdy se v širší míře začala uplatňovat teplotní měření (nejteplejší byl rok 2010, následovaný roky 2005 a 1998). Během posledních sto let se průměrná globální teplota vzduchu teplota zvýšila o 0,74°C, přičemž v posledních třech desetiletích se zvyšuje s průměrným trendem téměř 0,2°C/10 let, což je hodnota 2,5krát vyšší než pro stoleté období.

[1] GROBE, Hannes. Ice Albedo Effect. *The Azimuth Project.* 7. XI. 2011. Dostupné z: http://www.azimuthproject.org/azimuth/show/Ice+albedo+effect
Albedo. *Climate Encyclopedia*. Dostupné z: http://climap.net/albedo

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

V poslední době jsme se mohli setkat s názory, že se oteplování zastavilo. Není tomu tak. Změnu potvrzují všechny sledované faktory – zvyšuje se teplota na souši i v atmosféře, otepluje se oceán, snižuje se množství sněhu a ledu a stoupá hladina moří. Navíc každé z posledních 3 desetiletí bylo postupně nejteplejším od počátku pravidelného sledování v roce 1850.[1]

Změny teploty mají sice globální charakter, ale prostorově jsou výrazně nehomogenní. Zatímco severní polokoule se v posledním čtvrtstoletí oteplovala o 0,24°C/10 let, jižní polokoule vykazuje trend pouze poloviční; v oblastech za severním polárním kruhem se teplota zvyšovala o 0,6°C/10 let, v rovníkových oblastech je tento nárůst pouze čtvrtinový. Hlavními příčinami nerovnoměrných projevů změn jsou rozdílné rozložení pevniny a oceánu a měnící se albedo zemského povrchu.

Jelikož oceán pohlcuje více než 80% uvolňovaného antropogenního tepla, teplota jeho horních vrstev až do hloubky kolem 3 km se rychle zvyšuje. Zatímco v posledních 40 letech přispívala tepelná roztažnost vody ke zvýšení hladin světových moří a oceánů ročně o 0,4 mm, v posledním desetiletí se tento nárůst zrychlil až na čtyřnásobek. Pevninské ledovce a sněhová pokrývka vykazují pokračující úbytky, které jsou zdrojem dalšího nárůstu objemů vody v oceánech.

Zvyšující se teplota vody omezuje schopnost oceánů pohlcovat z atmosféry uhlík a společně s cirkulačními změnami zásadním způsobem ovlivňuje vlhkostní a srážkové režimy na celé planetě. Významně např. vzrostly srážkové úhrny ve východních částech Severní i Jižní Ameriky, v severní Evropě a severní a centrální Asii a naopak se snížily v oblasti Sahelu, ve Středomoří a v jižních částech Afriky a Asie. V místech zvýšeného oteplování narůstá výpar, zesiluje tvorba oblačnosti a zvyšují se pravděpodobnosti výskytu intenzivních srážek.

V **Evropě**[2] probíhá nárůst teploty rychleji a během posledního století se průměrná teplota zvýšila o 1,2°C, z toho během posledních 25 let o 0,45°C, a tyto hodnoty jsou přibližně o polovinu vyšší, než hodnoty globální změn. Nejrychleji se teplota zvyšuje na Pyrenejském poloostrově, ve střední a severovýchodní Evropě a v horských oblastech, v zimním období též v severní Evropě. Jako celek se Evropa nejvíce otepluje na jaře a v létě (výrazný podíl častějšího výskytu epizod s extrémně vysokými teplotami) a nejméně v podzimních měsících. Chladné extrémy se v Evropě vyskytují méně často, počet letních dnů se během posledního století zdvojnásobil, počet tropických dní dokonce ztrojnásobil. Osm

[1] Zprávy Pracovní skupiny Mezivládního panelu pro změnu klimatu sestávají z tisícovek stránek textu, citují více než 10 00 vědeckých studií, vycházející z milionů pozorování a více než 2 milionů Gb numerických dat.
Fifth Assessment Report (AR5). *Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2009.
Dostupné z: http://www.ipcc.ch/report/ar5/index.shtml
Climate Change 2013: The Physical Science Basis. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2013. Dostupné z: http://www.climatechange2013.org/

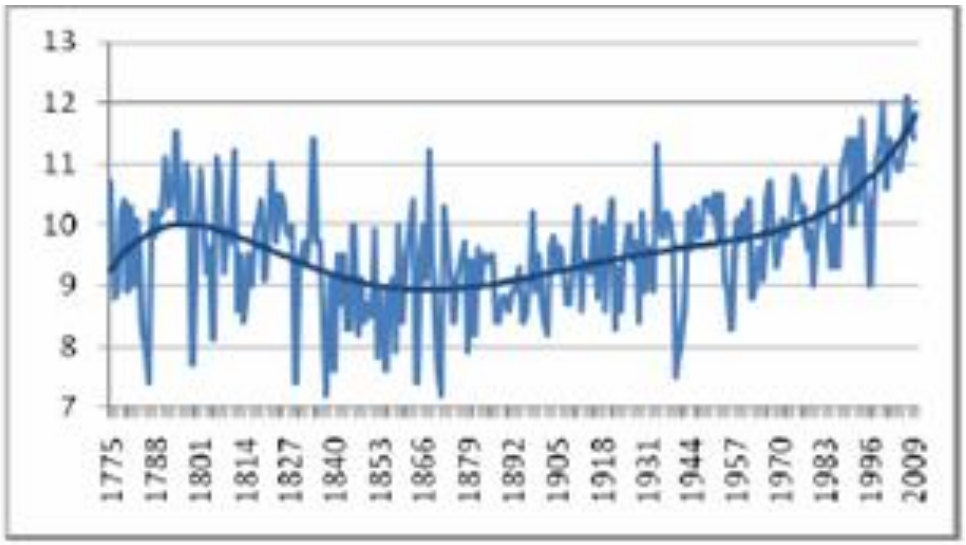
[2] Sdělení Komise ze dne 9. února 2005, nazvané „Jak zvítězit v boji proti celosvětové změně klimatu". KOM(2005)35, 21. V. 2005. *Evropská komise*. 2005. Dostupné z:
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=URISERV:l28157
Usnesení Výboru pro záležitosti Evropské unie ke sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů: Strategie Evropské unie pro přizpůsobení se změně klimatu. *Senát Parlamentu České republiky*. 2013. Dostupné z:
http://www.senat.cz/xqw/webdav/pssenat/original/69338/58306

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

jednotlivých roků z dvanáctiletého období 1996 až 2007 patřilo mezi 12 nejteplejší let od roku 1850; nejteplejšími roky byly 1998 a 2005.

Na území **České republiky** byl vývoj základních indikátorů (teplota vzduchu a srážkové úhrny) v posledních 50. letech vyhodnocen zejména na základě analýzy řad tzv. územních teplot a srážkových úhrnů, které představují jejich charakteristické hodnoty, beroucí v úvahu výsledky měření z celé staniční sítě ČR (teplota je redukovaná na střední nadmořskou výšku). Pro odhady proměnlivosti teploty vzduchu (**ilustrace č. 4**) a srážkových úhrnů a jejich změn byly použity řady denních teplotních, resp. srážkových hodnot z 30 stanic na území České republiky z období let 1961 až 2010.[1]

Ilustrace č. 4: Průběh průměrných ročních teplot vzduchu (°C) v období let 1775 až 2010 na stanici Praha Klementinum.[2]



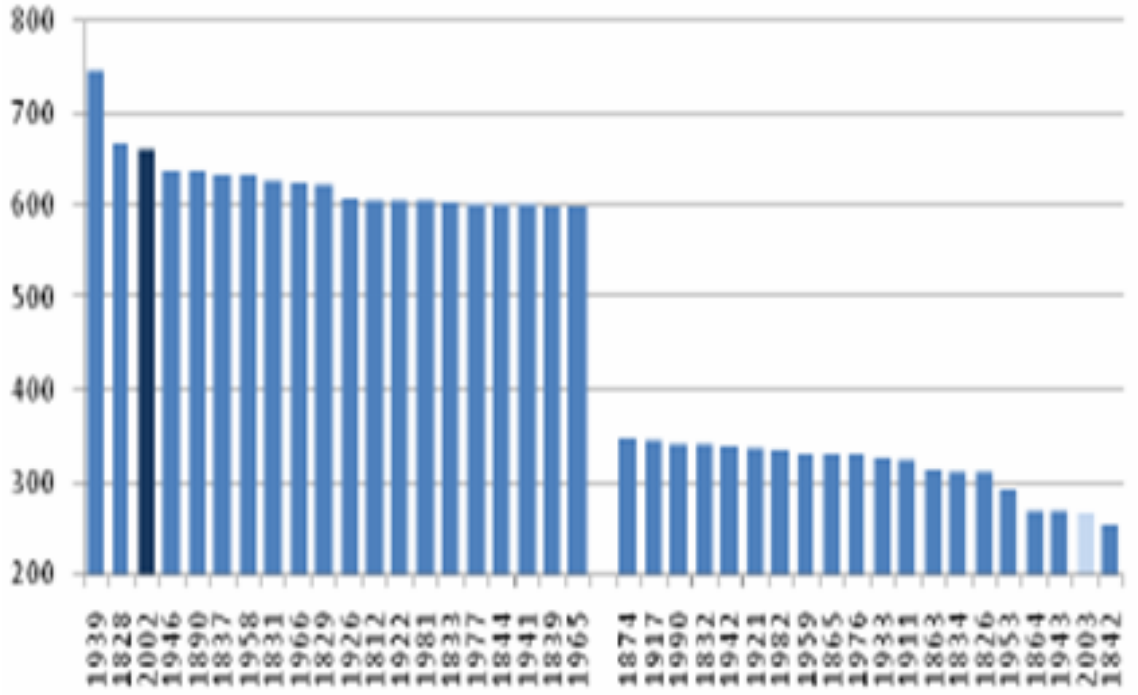
Průběh průměrných ročních srážkových úhrnů (**ilustrace č. 5**) v období let 1805 až 2010 dokumentuje výraznou meziroční proměnlivost srážkových úhrnů, přičemž řada jako celek nevykazuje žádné významné časové změny. Například v roce 2002 byl zaznamenán v pořadí třetí nejvyšší roční úhrn srážek za celou dobu měření, ale již v následujícím roce 2003 byl roční úhrn srážek v pořadí druhý nejnižší.

[1] Jako doplňkovou informaci jsou uváděny výsledky zpracování řady měření průměrných měsíčních a ročních teplot vzduchu a srážkových úhrnů na stanici Praha-Klementinum. Tato stanice disponuje nejdelšími řadami pozorování v dnešní České republice (v případě teplot od roku 1775, v případě srážek od roku 1805) a jedněmi z nejdelších řad v Evropě.

[2] Změna klimatu v České republice. *Český hydrometeorologický ústav*. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap10.pdf

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Ilustrace č. 5: Pořadí na srážky nejbohatších a nejchudších let podle ročních srážkových úhrnů mm) v období let 1805 až 2010.[1]



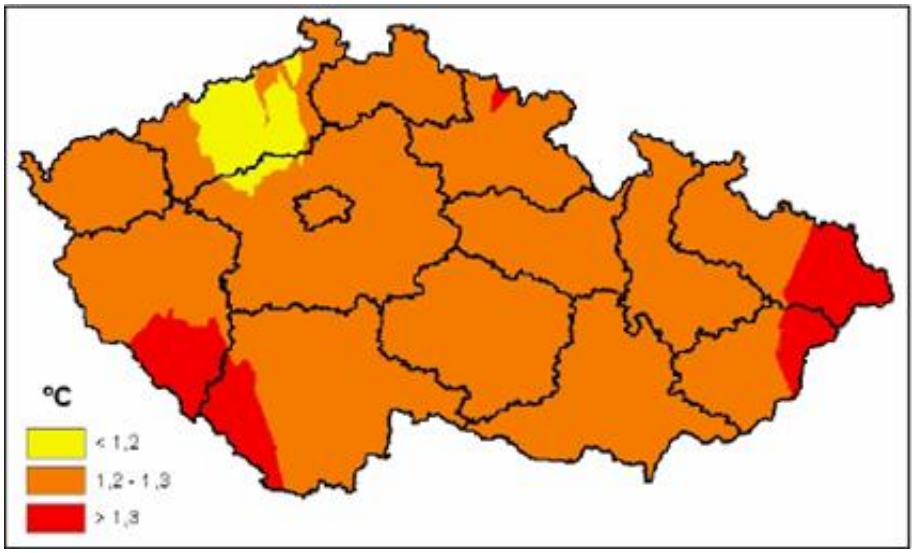
Průměrné roční srážkové úhrny se v posledním padesátiletí velmi nevýrazně zvýšily (o méně než 2 %/desetiletí). Průměrný roční úhrn srážek na území České republiky byl 677 mm, srážkově nejbohatším z hlediska celého území České republiky byl rok 2002 (855 mm), srážkově nejchudším rok 2003 (505 mm).

Jaký je odhad teplotních a srážkových hodnot na území České republiky do roku 2030?

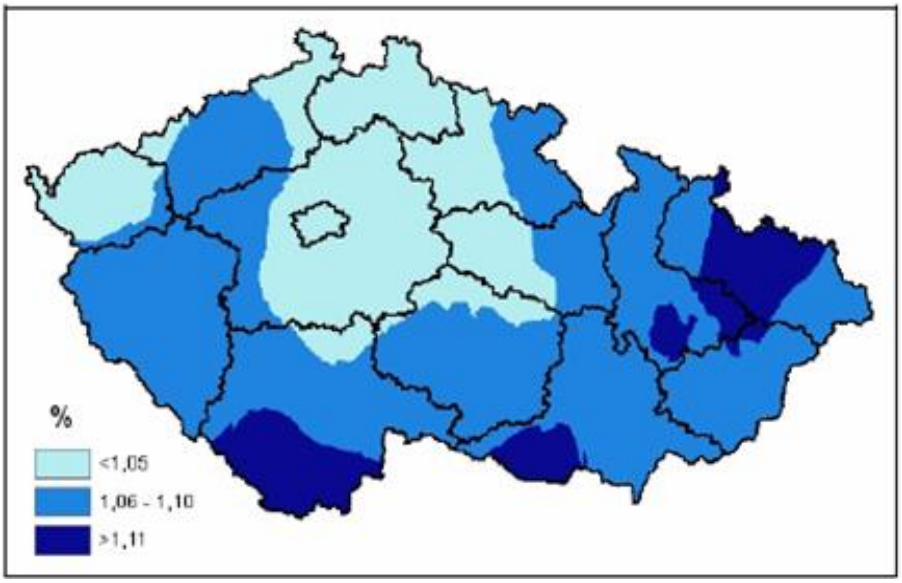
[1] Změna klimatu v České republice. *Český hydrometeorologický ústav*. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap10.pdf

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Ilustrace. č. 6: Rozložení změn průměrné roční teploty (°C) na území České republiky do roku 2030 v porovnání s obdobím 1961 až 1990 podle simulace RCM ALADIN-CLIMATE/CZ pro scénář A1B.[1]



Ilustrace č. 7: Rozložení změn ročních srážkových úhrnů (podíl) na území České republiky do roku 2030 v porovnání s obdobím 1961 až 1990 podle simulace RCM ALADIN-CLIMATE/CZ pro scénář A1B.[2]



[1] Změna klimatu v České republice. *Český hydrometeorologický ústav*. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap10.pdf
[2] Změna klimatu v České republice. *Český hydrometeorologický ústav*. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap10.pdf

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Možné dopady v České republice

Změny klimatu v České republice a možné dopady už v současnosti vlivem vývojových trendů klimatických charakteristik a zvýšeného výskytu extrémních projevů počasí se projevují na změnách vodního režimu, v zemědělství a lesnictví a částečně ovlivňují i zdravotní stav obyvatelstva. Lze očekávat další zvyšování zejména negativního působení na jednotlivé složky přírodního prostředí a relativně nově je třeba počítat rovněž s dopady na energetický sektor, rekreační možnosti a turistický ruch, i celkovou životní pohodu obyvatelstva, zvláště ve větších sídelních aglomeracích.

V našich podmínkách je probíhajícími změnami zřetelně nejvíce ovlivněn **vodní režim**; působí na kvantitu, kvalitu i stav vodních zdrojů, stejně jako dostupnost a spotřebu vody. Zvyšování průtoků vede k nárůstu rizik povodní a záplav, jejich snižování naopak k výskytu suchých období. Podle simulací se průměrné průtoky na mnoha povodích mohou snížit v rozpětí 15 až 20 % (optimistické scénáře), v pesimistických scénářích až o 25 až 40 %, což by již vedlo k zásadním změnám celkového hydrologického režimu.

Měnit se budou i roční chody odtoků, kdy v důsledku vyšších zimních teplot bude docházet k úbytku zásob vody ze sněhu a bude se zvyšovat i územní výpar a zásoby vody se budou celkově snižovat. V období od jara do podzimu, kdy se velká část srážek v souvislosti s nárůstem teploty spotřebuje na územní výpar, budou odtoky převážně klesat a jejich pokles se oproti současným podmínkám může prodloužit až o jeden či dva měsíce.

Rizika snížení zásobní funkce nádrží se mohou projevit změněnou schopností vyrovnávat a zabezpečovat odběry. Povodí, která se vyznačují významnými akumulačními prostory ve formě zásob podzemní vody nebo přehradních nádrží, jsou vůči projevům klimatické změny obecně odolnější.

Poklesy průtoků se projeví na změnách kvality povrchových vod (zvýšení teploty vody a následná zvýšená produkce řas). Při sníženém vytváření zásob vody za sněhové pokrývky lze očekávat navýšení zimních odtoků a riziko zvýšeného výskytu jarních povodňových a záplavových situací. Intenzivní srážkové epizody v letních bouřkových situacích budou představovat vyšší riziko přívalových povodní i při relativně neměnných dlouhodobých srážkových úhrnech.

Změnami klimatu bude ovlivněno i **zemědělství**, kde se bude snižovat primární produkce rostlinného krytu[1] a zvyšovat rozklad půdní organické hmoty, což následně sníží mikrobiální půdní aktivitu a uvolnění uhlíku rostlinami a tak podpoří proces desertifikace. Zvýšením koncentrace CO^2 v atmosféře dojde naopak ke zvýšení zdrojů pro fotosyntézu a tím se následně zlepší efektivita spotřeby vody rostlinami.

Očekávané prodlužování vegetačního období bude mít vliv na složení rostlin, zejména těch, které se měnícím se podmínkám hůře přizpůsobují. Mírná vegetace z odhadovaného prodloužení vegetační doby (v průměru až o 15 – 20 dnů) může sice profitovat, ale z důvodu

[1] Jeden z prvků obsahu mapy, představující rozmístění rostlinných (vegetačních druhů na zemském povrchu. *Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra*, Bratislava 1998; *Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický*. Dostupné z: https://www.vugtk.cz/slovnik/5008_vegetation-cover

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

úbytku vláhy může naopak výrazně strádat. Urychlení vegetace v jarním období však přináší vyšší rizika poškození rostlin pozdními mrazy.

Pravděpodobně bude docházet k redistribuci živočišných a rostlinných druhů s možností jejich případného vyhynutí či zániku celých ekosystémů. Bez výraznějšího zvýšení srážek a při předpokládaném nárůstu výparu bude ve větší míře ohrožena suchem řada našich nejproduktivnějších oblastí, ve kterých budou klesat hodnoty vláhových indexů. Změna dosavadního srážkového režimu a častější výskyt intenzivních srážek mohou způsobit zvýšení rizik vodních erozí půd, jimiž je v současnosti postižena již více než polovina domácích zemědělských půd.

Působení klimatické změny hraje zásadní úlohu při zhoršování zdravotního stavu a stability převážně smrkových **lesů** v nižších a středních polohách. V takových lesích se aktivizují řady patogenních škůdců.[1]

Nejvýznamnějším rizikovým faktorem je v takových porostech sucho, které je iniciačním faktorem řady typů chřadnutí a v nižších a středních polohách je hlavním výskytu václavky, která se podílí na rychlém rozpadu stejnověkých smrkových porostů. Jakýkoli pokles vodní hladiny na vodou ovlivněných stanovištích vyvolává přísušky, které vedou k infekci červenou hnilobou a ke snížení statické stability smrkových porostů vůči působení větru. Na oslabení dřevin pak reagují další škůdci a další skupiny organismů.

Uvedené rizikové faktory povedou ke zvyšování abiotických škod při extrémních povětrnostních situacích a mohou zhoršit současný nepříliš uspokojivý stav lesních porostů, vyvolaný v nedávné minulosti zejména zátěží vysokých koncentrací znečišťujících látek v ovzduší.

Při posuzování vlivu klimatických změn na lidské **zdraví** je hodnocení zatím značně problematické, neboť většina poruch lidského zdraví je způsobena více faktory a odehrává se na pozadí ekonomických, společenských, demografických a celkových změn životního prostředí a životního stylu. Na základě dosavadních poznatků lze však konstatovat, že hlavní negativní dopady změny klimatu na zdraví mohou ve střední Evropě zřejmě souviset se změnami ve stresu z horka (případně i v souvislosti se zhoršenou kvalitou ovzduší) a se změnami v rozšíření lymské boreliózy přenášené klíšťaty. Hlavními pozitivními dopady změny klimatu pravděpodobně budou snížení zimní úmrtnosti související s podchlazením a omezení výskytu klíšťové encefalitidy.

Celkové zvýšení teplot se projeví zejména v osídlených a zastavěných územích (**urbanizovaná** krajina) na vnitřním mikroklimatu měst. Tzv. „tepelný ostrov města“[2] se zvýší a zvýšená teplota pak způsobí vysychání povrchových a podpovrchových vod. Podpoří tak neschopnost přeschlých půd pojmout velké objemy jednorázových srážek a rychlejší odtok srážkových vod z území, příp. i poškození dopravní infrastruktury.

[1] *Ústav ochrany lesů a myslivosti.* http://uolm.ldf.mendelu.cz/cz?lang=cz;

[2] Co je tepelný ostrov Prahy a proč ho zkoumat? *Ekolist*. 6. VI. 2014. Dostupné z: http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/PR-co-je-tepelny-ostrov-prahy-a-proc-ho-zkoumat

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Další vývoj klimatické změny ovlivní **biologickou** rozmanitost[1] od jednotlivých genů, až po celou krajinu. Změny se nejvíce projeví v ekosystémech nad posouvající se horní hranicí lesa, kde zranitelnost umocňuje jejich relativně malá rozloha.

Přirozenou reakcí rostlin a živočichů bude jejich posun do oblastí, kde pro svou existenci najdou vhodnější prostředí (vyšší nadmořské výšky, severnější polohy). Pokud vhodné podmínky nenaleznou, pak hrozí jejich vyhynutí (např. zhruba jedné desetině sledovaných rostlinných druhů). Přibližně jedna pětina rostlinných druhů se měnícímu klimatu může rychle a účinně přizpůsobit. Změny podpoří šíření nepůvodních invazních druhů a úspěšné druhy budou nuceny čelit novým, do té doby neznámým konkurentům.

Mezi možné negativní dopady na biologickou rozmanitost patří i nové zásahy člověka do přírody a krajiny (např. výstavba přehrad s cílem odvrátit možný nedostatek vody může v některých případech znamenat významné ohrožení biodiverzity. Rovněž při dotovaném pěstování plodin v zemědělsky využívané krajině (např. plodiny pro biopaliva či velkoplošné zalesňování) mohou být zničeny cenné zbytky původního prostředí, příp. může být podpořeno šíření invazních nepůvodních rostlinných druhů včetně dřevin.

Klimatické změny budou mít vliv na energetiku a průmysl. Výroba energie bude stále více závislá na dostupnosti vody potřebné k chlazení v tepelných elektrárnách a jejích chladících vlastnostech, dále jako zdroj k výrobě elektřiny ve vodních elektrárnách či jako zdroj vláhy pro pěstování biomasy jako energetické plodiny. Změny na úrovni vodních zdrojů se mohou v budoucnu projevit ve způsobech a v dostupnosti výroby elektrické energie v malých vodních elektrárnách, příp. mohou ohrožovat i spolehlivost energetických dodávek z velkých vodních elektráren. Zvýšený výskyt některých extrémnějších projevů počasí může mít dopady na infrastrukturu související s výrobou i dodávkami energie (silný vítr, záplavy, námrazy, mokrý sníh, atd.). Změny teplot výhledově ovlivní i změnu sezónních požadavků na dodávky energie; snížení poptávky po energii lze očekávat v zimě (vytápění) a naopak jejich navýšení v létě (klimatizace, chlazení).

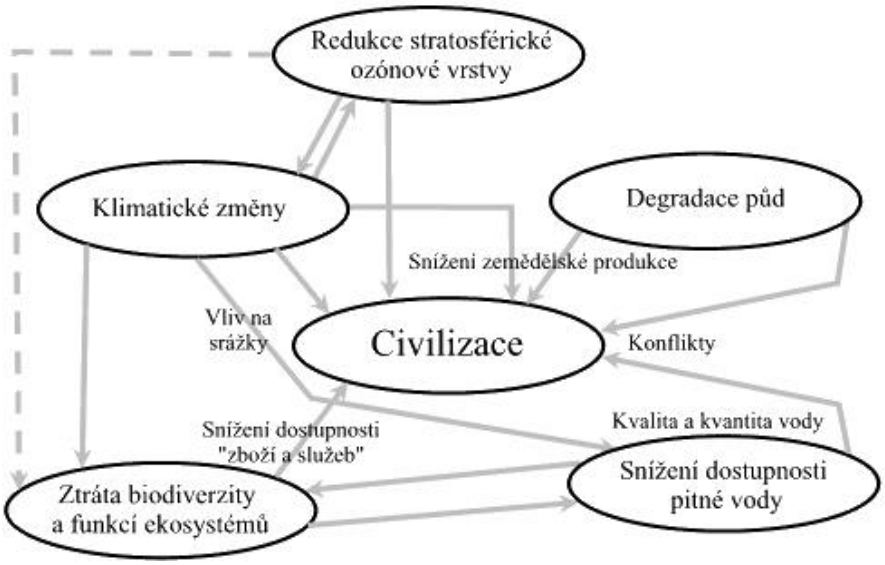
Změny v rozložení srážek, zvýšená proměnlivost a extrémy teplot a vlhkosti vzduchu a další změny budou mít spolu s působením zpětných vazeb vliv na krajinu a její přírodní celky a tím pádem na **turistický ruch a rekreační možnosti**. Řada turistických a rekreačních aktivit přímo závisí na počasí. V posledních letech je patrný např. trend zkracování zimní lyžařské sezóny, který bude pokračovat i v dalších letech. Umělé zasněžování lyžařských svahů a běžeckých stop, které by trvání sezóny mohlo prodloužit, bude stále častěji narážet na nedostatek zdrojů vody i na energetické (zejména cenové) bariéry.

Očekávaný nárůst letních teplot by sice mohl zvýšit zájem o letní rekreaci u přirozených i umělých vodních nádrží, ale dlouhotrvající vysoké teploty budou způsobovat výrazné prohřívání vodních objemů s následným snížením kvality vody a doprovázeným růstem sinic. Tento faktor je vysoce rizikovým a případně i znemožňujícím využívání vodních ploch. Lze proto spíše očekávat posun rekreačního období na jarní, resp. podzimní měsíce, které budou z hlediska teplot přijatelnější.

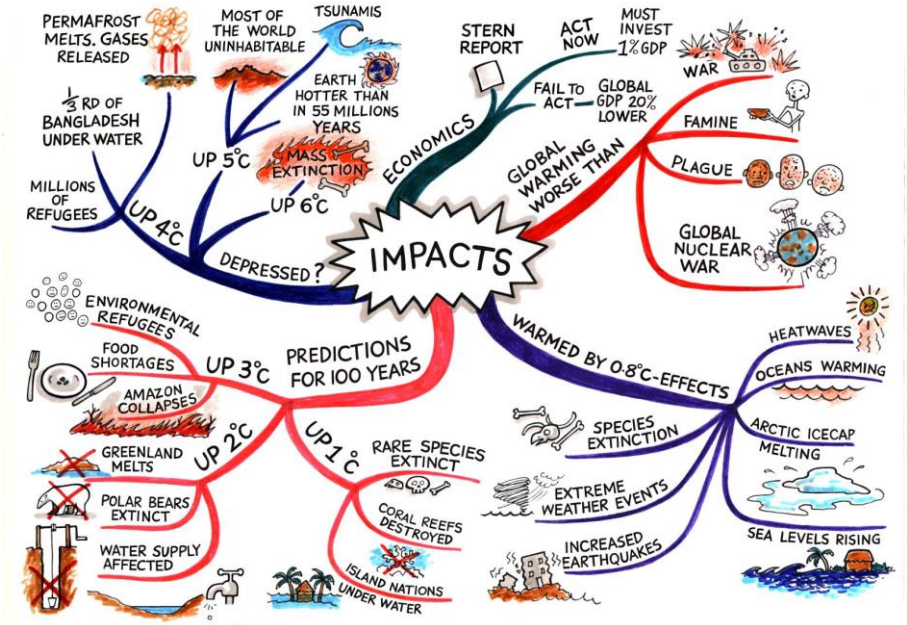
[1] PLESNÍK, Jan. Biologická rozmanitost a změna podnebí. *Ochrana přírody*. 1. IX. 2009. Dostupné z: http://www.casopis.ochranaprirody.cz/zvlastni-cislo/biologicka-rozmanitost-a-zmena-podnebi/

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Ilustrace č. 8: Schéma propojení hlavních problémů životního prostředí.[1]



Ilustrace č. 9: Další pohled na téma dopadů klimatické změny.[2]



[1] MARTINOVSKÝ, Petr. Sekuritizace hrozby nedostatku vody v České republice. *Obrana a strategie.* 2009, 2, Dostupné z: http://www.obranaastrategie.cz/cs/aktualni-cislo-2-2009/clanky/sekuritizace-hrozby-nedostatku-vody-v-ceske-republice.html#.VZvNlLc4FoI
Podobné viz: Climate Change and Human Health. *World Health Organisation*. 2003. Dostupné z: http://www.who.int/globalchange/climate/summary/en/index.html

[2] FULLER, Tom. Impacts of Modest Global Warming. *The Lukewarmer's Way*, 7. III. 2015. https://thelukewarmersway.files.wordpress.com/2015/03/global-warming-impacts.jpg

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz

Závěr

Pozorované a očekávané trendy hlavních projevů klimatické změny mohou být rámcovým vodítkem pro stanovení orientačních priorit při sledování dopadů, specifických pro sídelní aglomerace a pro následnou přípravu územních adaptačních plánů, resp. strategií, přičemž priority se mohou mírně měnit v závislosti na rozloze a poloze aglomerace.

Přestože se **důsledky změny klimatu** budou projevovat v různých částech světa odlišně a s různou intenzitou, představuje změna klimatu globální problém, který je třeba řešit širokou spoluprací na mezinárodní úrovni. Skutečností je, že globálními změnami klimatu nejvíce postižené oblasti jsou státy s nejvyšším nárůstem populace, státy sociálně a ekonomicky slabé, státy s nedostatečnou infrastrukturou, nedostatečnými finančními prostředky, se špatně fungující státní správou, apod.

Nezmírňovaná změna klimatu o více než 2°C může způsobit překročení řady prahových hodnot a rozjezd tak rychlých a nevratných změn, že svět bude čelit do značné míry nepředvídatelným bezpečnostním situacím. Potom se ovšem aktivní klimatická politika a investice do zmírňování logicky stávají preventivní bezpečnostní politikou a nemá smysl je oddělovat.[1]

Globální změna klimatu s sebou přináší řadu negativních projevů v oblasti životního prostředí a fungování ekosystémů, včetně vážných dopadů na oblasti jako je vodní režim a jeho kvalita, zásobování potravinami (zemědělství), lesní hospodářství, zvyšování hladin moří a oceánů, ale také finanční sektor (zejména pojišťovnictví). Problém změny klimatu je velmi úzce provázán s ostatními problémy současného světa. Předpokládá se, že mnoho z těchto problémů bude změnou klimatu ovlivněno, a to převážně negativním způsobem.

V neklidném 21. století v době demografického růstu a zhoršování životního prostředí v některých územích až za mez stability mohou mít a pravděpodobně i budou mít sekundární dopady klimatických změn ve zranitelných částech světa jako kolapsy ekonomik, sociální napětí, lokální konflikty větší dopad na život v České republice než reálné klimatické změny postihující střední Evropu.[2]

Na závěr je vhodné použít citát francouzského geografa:

„Každá lidská společnost je amalgám složený ze špetky lidskosti, trocha vody a kousku půdy.“

Jean Brunhes, Human Geography, 1952.

[1] STEJSKAL Libor. Změna klimatu a její dopady: hlavní hrozba 21. století. Program bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2010–2015 (BV II/2 – VS) Identifikační kód: VG20102013009. *Trendy, rizika a scénáře bezpečnostního vývoje ve světě, Evropě a České republice – dopady na bezpečnostní politiku a bezpečnostní systém České republiky*. Working Paper 15. Dostupné z:
http://sbp.fsv.cuni.cz/SBP-254-version1-TRS_WP_15.pdf

[2] CÍLEK, Václav. Klimatické změny: jejich cyklicita, příčiny a rizika. *eProjekt - mezipředmětové vztahy v projektové výuce*. Dostupné z: http://www.eprojekt.gjs.cz/Services/Downloader.ashx?id=1701.

Vydává: Ochrana a bezpečnost o. s., IČ: 22746986
Lamačova 825/11, 152 00 Praha 5, http://ochab.ezin.cz, ochab@email.cz