



for a living planet

ARKTIDA:
KLIMATICKÉ ZPĚTNÉ
VAZBY A JEJICH
GLOBÁLNÍ DŮSLEDKY
SHRNUTÍ
ZPRÁVY

BĚHEM POSLEDNÍCH NĚKOLIKA DESETELETÍ se Arktida (viz str. 13) otepluje přibližně dvojnásobnou rychlostí než zbytek světa. Lidmi vyvolaná změna klimatu zasáhla Arktidu dříve, než se čekalo. V důsledku toho změna klimatu již destabilizuje důležité systémy Arktidy včetně mořského ledu, Grónského ledového příkrovu, horských ledovců a prvků arktického uhlíkového cyklu, které zahrnují měnící se rozšíření zamrzlé půdy a vegetace a zvýšené uvolňování metanu z půdy, jezer a mokřadů. Dopad těchto změn na fyzikální systémy, biologické systémy a obyvatele Arktidy je veliký a podle projekcí bude narůstat v průběhu tohoto století i později.

Lidmi vyvolaná změna klimatu zasáhla Arktidu dříve, než se čekalo

Vedle regionálních důsledků změny klimatu v Arktidě jsou zde její globální dopady. Působící jako lednička severní polokoule hraje zamrzlá Arktida ústřední úlohu při regulaci klimatického systému Země. Množství arktických klimatických zpětných vazeb zásadně ovlivňuje globální klimatický systém a mnoho z nich se nyní v rychle se oteplující Arktidě proměňuje. Objevují se důkazy a roste znepokojení, že tyto

Objevují se důkazy a roste znepokojení, že arktické klimatické zpětné vazby ovlivňující globální klimatický systém začínají urychlovat oteplování podstatně více, než uvádějí současné projekce

zpětné vazby začínají urychlovat globální oteplování podstatně více, než uvádějí projekce, na které berou v současnosti ohled političtí činitelé. Nová pozorování důrazně naznačují, že změna klimatu může brzy způsobit překročení bodů zvratu některých systémů, což by mělo důsledky pro celý svět. Například přídavné teplo, které během léta pohlcuje stále méně zaledněný Severní ledový oceán, již zrychluje místní i regionální oteplování a zabraňuje obnovení mořského ledu. Existuje také obava, že arktické zpětné vazby by mohly zvýšit regionální nebo globální oteplování dostatečně významně na to, aby to změnilo další klimatické zpětné vazby.

Ačkoli je významná role Arktidy v globálním klimatickém systému uznávána již dlouhou dobu, nejnovější výzkum značně přispěl k pochopení klíčových vazeb, například vztahům mezi Severním ledovým oceánem a atmosférou. Současně rychle dozrává vědecké poznání týkající se rostoucích regionálních a celosvětových následků, které má změna klimatu Arktidy. Tyto zdokonalené náhledy dohromady zvyšují naše povědomí o tom, jaký má měnící se klima Arktidy vztah k růstu průměrné globální teploty a jaká úroveň globálního oteplení může představovat nebezpečný

lidský zásah do klimatického systému. Vyvarování se takového zásahu stabilizací koncentrace skleníkových plynů v atmosféře na výši, která bude ještě přijatelná, je cíl stanovený Rámcovou úmluvou

OSN o změně klimatu (UNFCCC).

Globální zpětné vazby, které se již projevují vinou změny klimatu v Arktidě, nasvědčují tomu, že nic kromě těch nejambicióznějších limitů pro koncentrace skleníkových plynů nemusí být dostatečné k tomu, abychom takovému zásahu zabránili. To poukazuje na potřebu nejnovější vědecké poznatky průběžně zahrnovat do rozhodování o tom, jaké limity jsou ještě přijatelné.

Změna klimatu v Arktidě ovlivňuje zbytek světa změnami proudění vzduchu a mořských proudů, které mají vliv na chování počasí, zvýšeným táním ledových příkrovů a ledovců, což zvyšuje globální hladinu moře, a změnou koncentrací skleníkových plynů v atmosféře (tím, že mění uvolňování a jímání oxidu uhličitého a metanu). Tato studie poskytuje komplexní a aktuální obrázek toho, čím a jak je změna klimatu v Arktidě závažná pro zbytek světa, a je tudíž důležitá pro dnešní politická rozhodnutí ohledně snížení koncentrace skleníkových plynů v atmosféře. Studie popisuje především nejnovější poznatky týkající se hlavních arktických zpětných vazeb, které budou mít v následujících desetiletích celosvětový význam.

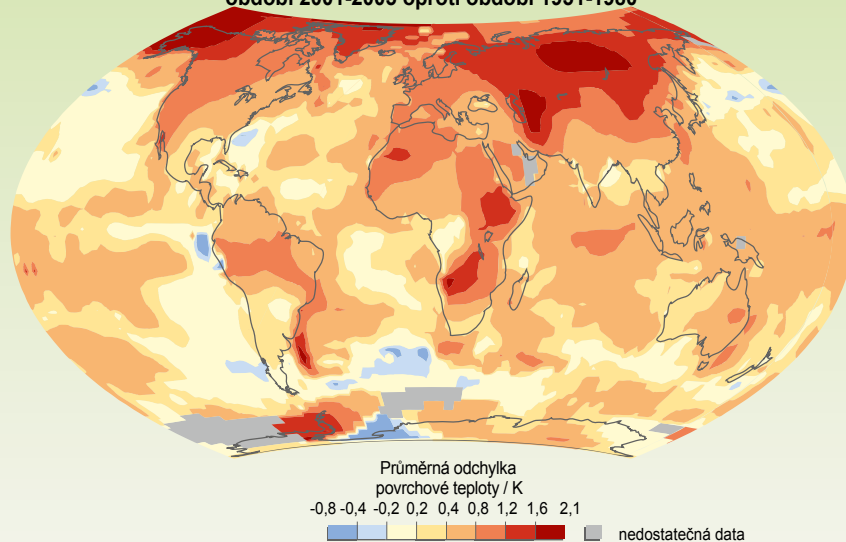
STRUČNĚ ŘEČENO, ve významných aspektech globálního klimatického systému, které přímo ovlivňují mnoho lidí, se již projevují důsledky změny klimatu v Arktidě. Toto nejnovější vědecké hodnocení ukazuje, že kvůli mnoha arktickým klimatickým zpětným vazbám bude změna klimatu krutější, než uvádějí jiné současné projekce, včetně hodnocení IPCC z roku 2007. Některé z těchto zpětných vazeb na sebe mohou dokonce vzájemně působit. Aktuální analýzy globálních následků změn v Arktidě zdůrazňují nutnost pokračujícího kritického posuzování hranice nebezpečného lidského zásahu do klimatického systému a požadují větší rozhodnost pro to, abychom zůstali pod touto hranicí – prostřednictvím ambiciózního celosvětového úsilí o snížení koncentrací skleníkových plynů v atmosféře.

Globální zpětné vazby, které se již projevují vinou změny klimatu v Arktidě, nasvědčují tomu, že nic kromě těch nejambicióznějších omezení koncentrací skleníkových plynů nemusí být dostatečné k zabránění nebezpečnému zásahu do klimatického systému

Změna klimatu v Arktidě

Arktické klimatické zpětné vazby, na které se zaměřuje tato studie, probíhají v souvislosti s rychlou a dramatickou změnou klimatu v Arktidě. Stoupající teploty, rychle tající led na pevnině i na moři a tající permafrost patří mezi rozsáhlé změny, které pozorujeme. Nyní následuje stručný přehled těchto změn, který definuje východisko pro debatu o arktických klimatických zpětných vazbách a jejich důsledcích pro svět.

**Nárůst průměrné roční teploty:
období 2001-2005 oproti období 1951-1980**



zdroj : Hansen, J., et al. Global Temperature Changes, Prot. Natl. Acad. Sci. 103, 2006.

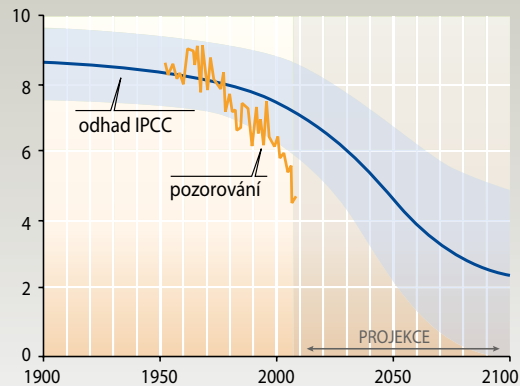
Teploty vzduchu stoupají

Během posledních několika desetiletí rostly teploty vzduchu v Arktidě téměř dvojnásobnou rychlostí oproti globálnímu průměru. Toto „arktické zesílení“ globálního oteplování je z velké části způsobeno snížením odrazivosti povrchu souvisejícím s úbytkem sněhu a ledu, a to především mořského ledu. Rok 2007 byl v Arktidě nejteplejším za celou dobu měření. Nové výzkumy došli k závěru, že toto oteplení nese zřetelnou „lidskou stopu“. V Arktidě rostou rovněž srážky, a to rychlostí větší než globální průměr, což je očekávaný výsledek lidmi způsobeného oteplování.

Ústup mořského ledu

Rozloha zalednění moře prudce klesá ve všech sezónách, nejdramatičtěji ustupuje mořský led v létě – rychleji, než uvádějí projekce IPCC z roku 2007. Téměř 40 procent plochy mořského ledu vyskytujícího se v 70. letech bylo v roce 2007 ztraceno (rok s rekordně malým letním zaledněním moře) a roku 2008 nastal poprvé v historii stav bez ledu jak na Severovýchodní, tak na Severozápadní mořské cestě. Mořský led se rovněž ztenčil. Rozloha tlustého ledu, který přetrvává roky (víceletý led), se jen v letech 2004 až 2008 zmenšila o 42 procent, neboli o 1,5 miliónu kilometrů čtverečních, tj. přibližně o rozlohu Aljašky. Jak je tento víceletý led nahrazován mladým ledem, stává se mořský led v Arktidě zranitelnější táním.

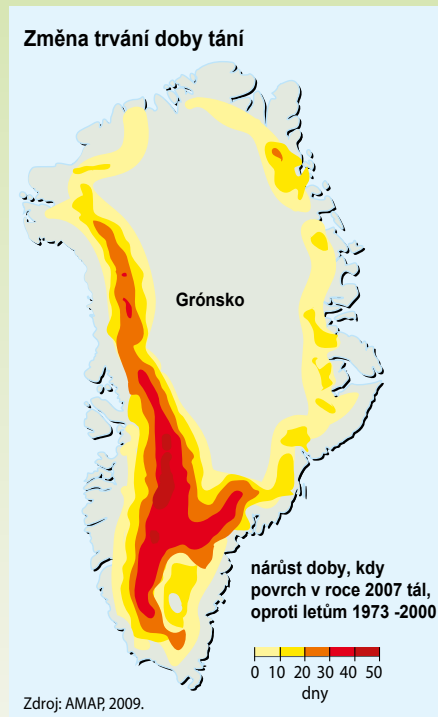
Minimální rozloha mořského ledu v Arktidě v létě
(milióny čtverečních kilometrů)



Zdroj : Stroeve et al., 2007, aktualizováno

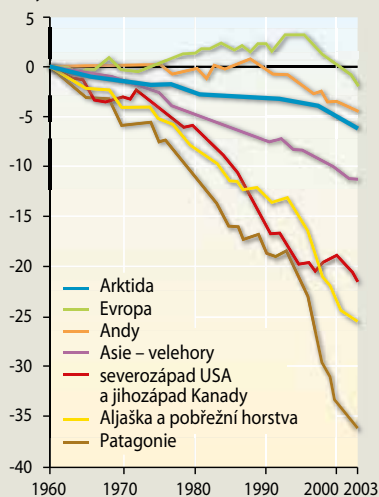
Tání ledového příkrovu Grónska

Úbytek ledu z Grónského ledového příkrovu v posledních letech roste a dochází k němu rychleji, než počítaly modely. Ukazuje se, že za většinu nárůstu ztráty hmoty je zodpovědný rychlejší posun ledovců do moře. Kromě toho dochází k většímu tání na povrchu ledového příkrovu, přičemž tání v roce 2007 bylo nejrozsáhlejší od doby, kdy se začaly vést záznamy. Plocha, na níž došlo k povrchovému tání, byla o 60 procent větší než v roce 1998, ve kterém byla zaznamenána druhá největší plocha tání.



Hmotnostní bilance ledovců

tuny na čtvereční metr



Zdroj: Dyurgerov a Meier, 2005.

Zrychlování ústupu ledovců

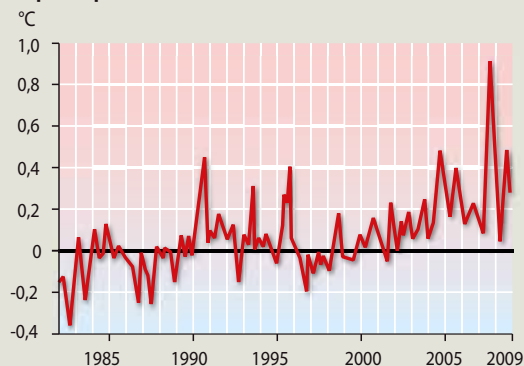
Úbytek hmoty ledovců byl pozorován po celé Arktidě, v souladu s celosvětovým trendem. Podle projekcí některé ledovce úplně zmizí během příštích desetiletí. Ledovce na Aljašce ustupují obzvláště rychle.

Do doby před několika lety se uvádělo, že hmota ledovců ve Skandinávii přibývá, zatímco ledovce na Špicberkách nevykazovaly žádnou celkovou změnu, neboť v těchto oblastech nárůst sněhu napadaného v zimě předčil nebo vyrovnal letní tání. To se zvrátilo v posledních letech, kdy jak ledovce ve Skandinávii, tak na Špicberkách nyní jasně ztácejí hmotu.

Oteplování povrchu oceánu

V souladu s rychlým ústupem mořského ledu se v posledních letech oteplují povrchové vody Severního ledového oceánu, neboť ubývající ledová pokrývka moře umožňuje, aby voda pohlcovala více tepla ze slunce. V roce 2007 byly některé ledu prosté plochy povrchu moře až o 5 °C teplejší oproti dlouhodobému průměru. Severní ledový oceán se otepluje také v důsledku přítoku teplejší vody z Tichého a Atlantského oceánu.

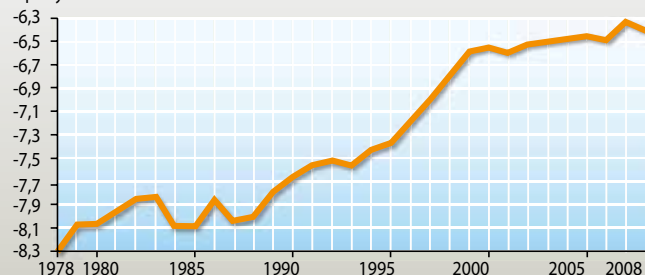
Teplota povrchu Severního ledového oceánu



Zdroj: NOAA, 2009.

Permafrost v lokalitě Deadhorse, Aljaška

teploty v hloubce 20 m / °C



zdroj: US climate impacts report, 2009.

Oteplování a roztávání permafrostu

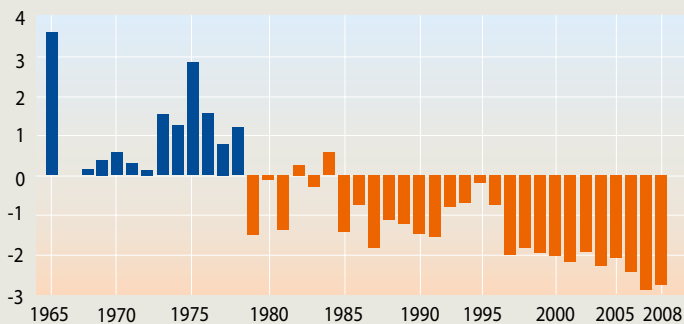
Na okrajích permafrostu pokračovalo jeho oteplování a tání. Hloubka aktivní vrstvy, která v teplé sezóně roztává, se v mnoha oblastech zvětšuje. Degradace permafrostu významně postihuje mokřady. Projekce ukazují rozšířené mizení jezer a mokřadů dokonce i v dříve souvislých páslech permafrostu.

Úbytek sněhu a říčního a jezerního ledu

Pokles rozlohy sněhové pokrývky pokračuje a podle projekcí bude pokračovat nadále, navzdory nárůstu množství zimních sněhových srážek v některých oblastech. Prodloužení sezóny beze sněhu má zásadní dopad na zrychlování místního ohřívání vzduchu tím, že se snižuje odrazivost povrchu. Pokračuje zkracování doby, kdy jsou ledem pokryty řeky a jezera. Je to patrné zejména v časnějším nástupu jarního lámání ledů.

Anomálie ve sněhové pokrývce severní polokoule

milióny čtverečních kilometrů



Zdroj: GSL, Rutgers University, 2009

Klíčová zjištění tohoto hodnocení

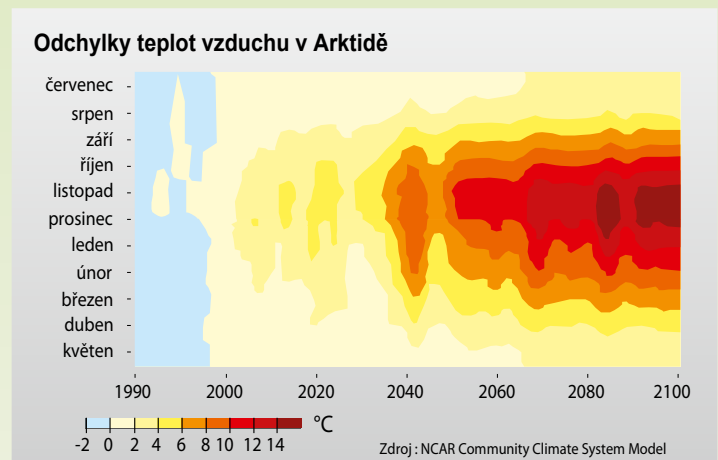
■ Zesílení globálního oteplování v Arktidě bude mít podstatný vliv na počasí a klima severní polokoule.

(Kapitola 1, Zpětné vazby proudění v atmosféře)

■ **Úbytek mořského ledu zesílí oteplování.** Snížené pokrytí moře ledem již zesiluje oteplování v Arktidě, a to dříve, než očekávaly projekce. Toto zesílení bude stále výraznější s tím, jak bude během příštích desetiletí ledová pokrývka ubývat.

■ **Zesílené oteplování se rozšíří nad pevninu.** Zesílené oteplování atmosféry v Arktidě se bude pravděpodobně rozšiřovat nad pevninu ve vysokých zeměpisných šířkách, a tak urychlí degradaci permafrostu, což povede ke zvýšenému uvolňování skleníkových plynů v současnosti zablokovaných v zamrzlé půdě, a tím k dalšímu oteplování Arktidy i světa.

■ **Počasí změní své chování.** Další oteplování Arktidy ovlivní charakter počasí v Arktidě i mimo ni tím, že se změní teplotní gradient v atmosféře a obvyklé cesty atmosférického proudění. Může mít vliv také na rozložení a chod teploty a srážek v Evropě a Severní Americe. Tyto změny postihnou zemědělství, lesnictví a vodní zdroje.



■ **System proudění ve světovém oceánu se silným vlivem oteplování Arktidy změni.**

(Kapitola 2, Zpětné vazby oceánského proudění)

■ **Změny v oceánském proudění se lidí velmi týkají.** Oceány mají podíl na proměnlivém klimatu Země, od jeho dramatických posunů až po kolísání klimatu z desetiletí na desetiletí.

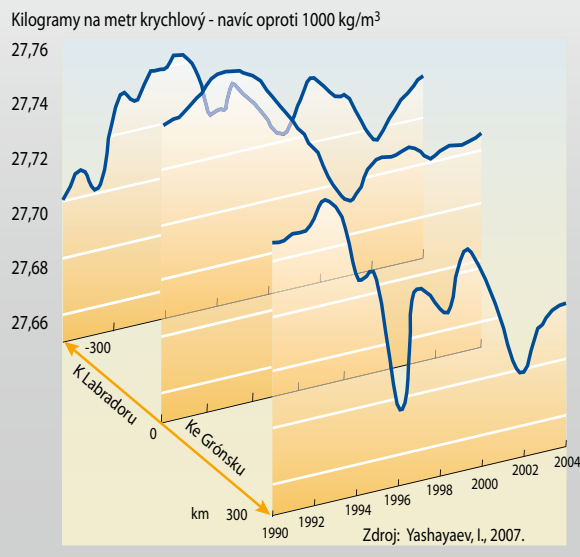
■ **Měníci se Arktida nůze pozměnit proudění v oceánech celého světa.** Tím, že způsobí změny v atmosféře, které ovlivní oceán i mimo Arktidu, a skrze přímé propojení oceánského proudění mezi Severním ledovým oceánem a světovým oceánem, mohou arktické změny proměnit globální cirkulaci mořské vody.

■ **Napojení Severního ledového oceánu se měni.** Severní ledový oceán je propojen se světovým oceánem přes Atlantický a Tichý oceán. Voda přitékající do Severního ledového oceánu jak z Pacifiku, tak z Atlantiku se za posledních deset let oteplila. Ačkoli dochází k nárůstu přítoku sladké vody do Severního ledového oceánu z tajícího ledu a vlivem zvýšených srážek a průtoků řek, dosud existuje málo známek nárůstu odtoku sladké vody z Arktidy. Změny teploty a slanosti a jejich vliv na hustotu patří mezi obávané jevy, neboť mají potenciál pozměnit sílu globálního oceánského proudění.

■ **Proudění ve světovém oceánu se sice nezmění prudce, ale v tomto století se změni významně.** Existuje pouze málo známek toho, že by změny systému globální cirkulace již probíhaly. Nicméně je pravděpodobné, že se síla proudění v budoucnosti bude měnit. Toto hodnocení podporuje projekce IPCC z roku 2007 očekávající do roku 2100 25% oslabení tzv. termohalinní (severojižní) cirkulace.

■ **Na lidi nebudou mít vliv pouze změny síly oceánského proudění, ale také změny tras mořských proudů.** Toto hodnocení zdůrazňuje možnost, že proudy v severním Atlantickém oceánu změni svoje trasy. Různé mořské proudy unášejí vody s rozdílnými vlastnostmi, které podporují odlišné ekosystémy. To znamená, že změny tras mořských proudů budou mít vliv na rybářské oblasti a další mořské zdroje.

Hustota vody v Labradorském moři (nejsevernější Atlantik) v hloubkách 200 m až 800 m, přepočítaná na jednotnou hloubku



■ Úbytek ledu z grónského ledového příkrovu se zvětšil a významně přispěje vzrůstu globální hladiny moře.

(Kapitola 3, Zpětné vazby ledových příkrovů a stoupání hladiny moře)

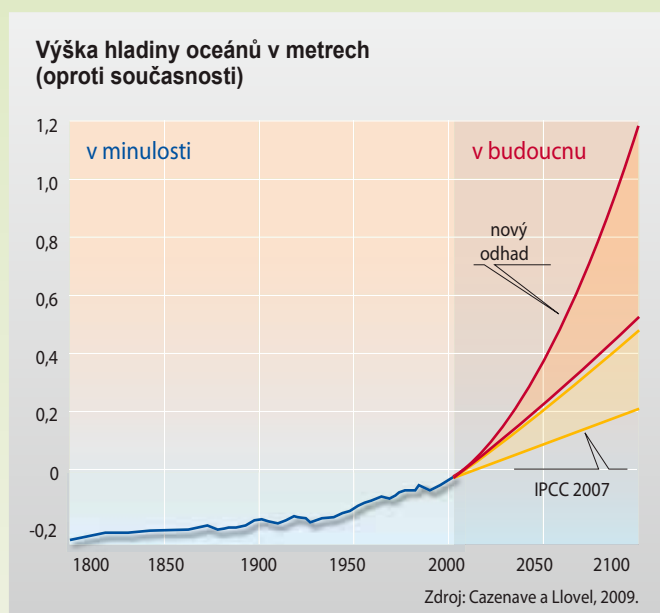
■ **Růst výšky hladiny moře se zrychluje.** Hladina moře během uplynulých 50 let stoukala a rychlost jejího zvyšování rostla. Rychlost vzestupu za posledních 15 let je přibližně dvojnásobná proti předchozím desetiletím.

■ **Tepelná roztažnost vody a tání ledu na pevnině způsobují vzestup hladiny moře.** Oteplování oceánů a zvýšený přítok z tajících ledovců a ledových příkrovů mají největší podíl na růstu výšky hladiny moře. Za posledních 15 let tepelná roztažnost, tání ledovců a ztráta hmoty ledových příkrovů přispěly asi po jedné třetině k pozorovanému vzestupu hladiny moře.

■ **Ledové příkrovky tají.** Ledové příkrovky v Grónsku a na Antarktidě tají do oceánu rychleji, než se předpokládalo. Rychlost tání je citlivá na klima a zvyšuje se s tím, jak rostou teploty na pevnině i v oceánu.

■ **Tání ledových příkrovů bude mít hlavní podíl na vzestupu hladiny moře v budoucnu.** Podle projekcí bude tání ledových příkrovů pokračovat s postupujícím oteplováním způsobem v lidském časovém měřítku nevratným a bude mít hlavní podíl na vzestupu hladiny moře daleko do budoucnosti, ještě dlouho po tomto století.

■ **Hladina moře stoupne více, než se dříve předpokládalo.** Hladina moře vzroste do roku 2100 o více než jeden metr, což je ještě více, než se myslelo dříve, z velké části kvůli zvýšenému úbytku hmoty ledových příkrovů. Vzestup hladiny moře bude v některých oblastech větší než v jiných. Ohroženy jsou především nízko položené pobřežní oblasti po celém světě.



■ Mořské systémy Arktidy v současnosti skýtají významný propad uhlíku, avšak další fungování této služby kriticky závisí na dopadech změny klimatu Arktidy na led, přítoky sladké vody a okyselování oceánu.

(Kapitola 4, Zpětné vazby mořského uhlíkového cyklu)

■ **Severní ledový oceán je důležitým globálním propadem uhlíku.** V současnosti je Severní ledový oceán globálně důležitým netto propadem oxidu uhličitého, neboť jej pohlcuje z atmosféry. Je zodpovědný za 5 až 14 procent celkového odběru oxidu uhličitého světovým oceánem.

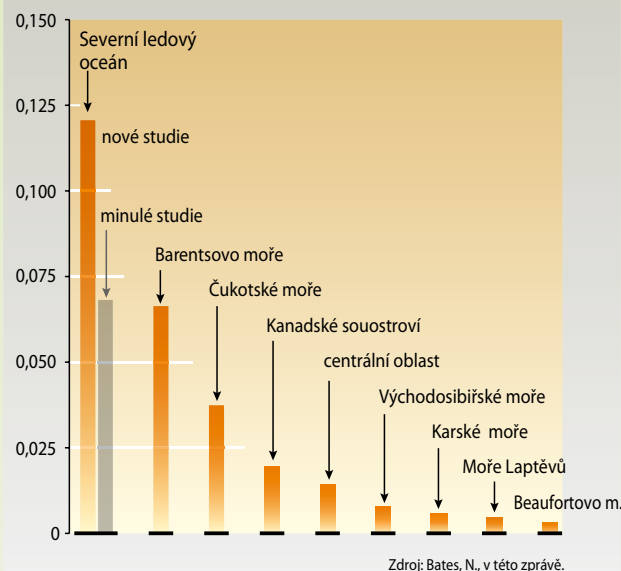
■ **Projekce uvádějí krátkodobé zvýšení jímání uhlíku Severním ledovým oceánem.** Očekává se, že další úbytek mořského ledu, zvýšení rychlosti růstu fytoplanktonu a jiné environmentální a fyzikální změny krátkodobě způsobí mírný celkový nárůst jímání oxidu uhličitého povrchovými vodami Arktidy.

■ **V dlouhodobé perspektivě se očekává opačná bilance toků uhlíku.** Uvolnění velikých zásob uhlíku z pevninských oblastí Arktidy řekami do Severního ledového oceánu může uvedený krátkodobý trend obrátit. To by vedlo k tomu, že se během příštích několika staletí stane Arktida naopak zdrojem uhlíku.

■ **Mořský uhlíkový cyklus Arktidy je velmi citlivý na změnu klimatu.** Mořský uhlíkový cyklus Arktidy a výměna oxidu uhličitého mezi oceánem a atmosférou jsou obzvláště citlivé na změnu klimatu. Jímání a osud oxidu uhličitého jsou vysoce ovlivněny fyzikálními a biologickými procesy, které samy podléhají dopadům změny klimatu, jako jsou pokrývka moře ledem, sezónní růst mořských rostlin (např. fytoplanktonu), proudění a okyselování oceánu, vlivy teplot a přítoků z řek, což činí projekce nepřesnými.

Jímání oxidu uhličitého z ovzduší

gigatuny uhlíku za rok



■ Pevninské ekosystémy Arktidy budou nadále jímat uhlík, ale oteplování a změny povrchové hydrologie způsobí daleko větší uvolňování uhlíku.

(Kapitola 5, Zpětné vazby pevninského uhlíkového cyklu)

■ **V Arktidě je v zemi uloženo velké množství uhlíku.** Oblasti kolem severního pólu, konkrétně arktické půdy a mokřady, obsahují dvakrát tolik uhlíku, než kolik je ho v atmosféře.

■ **Emise oxidu uhličitého a metanu vinou oteplování rostou.** Již současné oteplování v Arktidě způsobuje zvýšené emise oxidu uhličitého a metanu. Většina uhlíku uvolňujícího se z tající půdy je tisíce let stará, což ukazuje, že věkovitá organická hmota v těchto půdách podléhá snadno rozkladu.

■ **Odebírání uhlíku vegetací se zvyšuje.** Delší vegetační sezóna a pomalá migrace dřevin na sever způsobují v severských oblastech větší růst rostlin a ukládání uhlíku.

■ **Jak bude oteplování postupovat, emise uhlíku předběhnou jeho zachycování.** Budoucí arktické emise uhlíku do atmosféry překonají tempo jeho ukládání. Změny krajiny budou mít za následek větší pohlcování sluneční energie, což změnu klimatu urychlí.



■ S degradací permafrostu na mořském dně se již z masivního zamrzlého podmořského ložiska uhlíku uvolňuje metan a s dalším oteplováním se jej očekává více.

(Kapitola 6, Zpětné vazby hydrátů metanu)

■ **V arktických hydrátech metanu je zamrzlé velké množství metanu.** Metan je velmi účinný skleníkový plyn. Velké množství metanu je zamrzlé v hydrátech metanu, které se nalézají v oceánských usazeninách a permafrostu. V hydrátech metanu je uloženo více uhlíku než ve všech potvrzených zásobách uhlí, ropy a zemního plynu na světě dohromady.

■ **Většina těchto hydrátů je vázána v pevninských šelfech.** Většina hydrátů metanu je uložena v nánosech na pevninských šelfech, zejména v šelfech Arktidy, kde jsou izolovány pod podmořským permafrostem a v něm. Jelikož jsou hydráty v Arktidě chráněny permafrostem, dochází k jejich destabilizaci, když podmořský permafrost roztává.

■ **Roztávající podmořský permafrost již uvolňuje metan.** Již současné teploty v Arktidě způsobují, že podmořský permafrost roztává. Tající permafrost nedokáže spolehlivě izolovat vrstvy hydrátů, což vede k rozsáhlému uvolňování metanu do vod oceánu. Vzhledem k malé hloubce vody na velké části arktických šelfů se mnoho metanu dostane do atmosféry v neoxidovaném stavu (nezměněná na oxid uhličitý). Zatím není známo, jaký má toto uvolňování podíl na současných globálních koncentracích metanu v atmosféře. Metan je asi 25krát účinnější skleníkový plyn než oxid uhličitý.

■ **Dojde-li k destabilizaci hydrátů, zvětšují objem.** Kromě toho, dojde-li k destabilizaci hydrátů metanu, ohromně roste objem metanu v těchto hydrátech. Výsledkem je velmi vysoký tlak, který může vést náhlým výtryskům metanu.

■ **Nejohroženější jsou hydráty na Východosibiřském šelfu.** Největší, nejměleji uložená, a tudíž nejohroženější část metanových uloženin se vyskytuje na Východosibiřském šelfu. Jsou pozorovány zvýšené emise metanu nad tímto šelfem, ale zatím není známo, jestli je za tento nárůst emisí zodpovědné současné oteplování Arktidy.

Arktický šelf u východní Sibiře obsahuje nejměleji uložené hydráty metanu, nejvíce náchylné k uvolnění



Odhadované zásobníky hydrátů metanu



Hloubka vody menší než 50 m

Zdroj : Jacobsen et al, 2004.



Český překlad vytvořili pro Centrum pro dopravu a energetiku

Jiří Došek, Jan Hollan (Hvězdárna a planetárium M. Koperníka v Brně) a Ekologický institut Veronica.

Sazba: Andrea Chalupská

Překlad a odkazy na originální stránky WWF (kde je **plný text** **stostránkové zprávy**) jsou

dostupné na adrese:

<http://www.veronica.cz/klima/arktida>

Arktida:

souvislá oblast kolem severního pólu, sahající většinou až pod polární kruh - až tam, kde průměrná teplota nepřesahuje ani v červenci hodnotu 10 °C. Na pevnině takto stanovená hranice prakticky splývá se severní hranicí rozšíření lesa.

ARKTIDA:
KLIMATICKÉ ZPĚTNÉ VAZBY
A JEJICH GLOBÁLNÍ DŮSLEDKY

Exekutivní shrnutí

Martin Sommerkorn & Susan Joy Hassol, editoři

Příspěvky:

Mark C. Serreze & Julienne Stroeve
Cecilie Mauritzen
Anny Cazenave & Eric Rignot
Nicholas R. Bates
Josep Canadell & Michael Raupach
Natalia Shakhova & Igor Semiletov

Recenzenti:

David Carlson
Robert Corell

Vydal

Arktický program
WWF international
srpen 2009

Kartografie: GRID Arendal,
Riccardo Pravettoni ve spolupráci
s Laurou Margueritte.

Pomocný editor: Marta Darby
Obrázek na obálce: Staffan
Widstrand

Design: Ketill Berger, Film & Form