

Metan – rostliny a klima

V r. 2006 uveřejnili F. Keppler a jeho tři spolupracovníci v časopise *Nature* (439: 187–191) naprosto překvapivé výsledky svých pokusů, podle nichž rostliny uvolňují do atmosféry velká množství metanu. Podrobnou informaci nabízí čtenářům i *Vesmír* (Nátr 2006). Podle Kepplera a kol. je množství metanu uvolňovaného rostlinami tak velké, že významně ovlivňuje jeho celkovou koncentraci ve vzduchu. Publikace vzbudila oprávněnou a mimořádnou pozornost, překvapeni byli rostlinní fyziologové i klimatologové. Teprve nedávno vyšla publikace T. A. Duecka a dalších 14 autorů (*New Phytologist* 2007, 175: 29–35), v níž jsou s mimořádnou podrobností popsány výsledky pokusů, které výdej metanu rostlinami nepotvrdily (viz také článek J. Šantrůčka, *Vesmír* 2007, 7: 417).

Význam metanu (CH_4) pro lidstvo je nedozírný. Je hlavní složkou zemního plynu, který se stále větší měrou podílí na zajištění energie. Kromě toho byl, je a bude velmi důležitý pro všechno živé na Zemi, protože jako skleníkový plyn spoluputváří trvalý skleníkový efekt, a tím se podílí i na udržování teploty příznivé pro naše formy života. Jeho význam dále narůstá proto, že má podíl i na zesilování skleníkového efektu, což může mít velké důsledky pro „přerozdělení“ živých organismů na planetě a katastrofální důsledky pro existenci lidstva.

A tak není divu, že publikace Kepplera a kol., popisující emise velkých množství metanu z rostlin v aerobních podmínkách, vyvolala mimořádnou pozornost vědců i veřejnosti. Zpozorněli zejména rostlinní fyziologové, kteří vůbec netušili, že rostliny jsou schopny v normální atmosféře produkovat metan. Zaskočení byli i klimatologové, kteří nemohli pochopit, jak jim takový zdroj metanu v globální bilanci skleníkových plynů zatím mohl unikát. A divili se i politici, kteří získali další argument ve prospěch svých tvrzení, že v souvislosti s klimatickými změnami stejně „ani vědci nevědí“ a kromě toho nejsou schopni se domluvit. Nadšena byla také veřejnost, či spíše sdělovací prostředky. Objevilo se totiž vědecké sdělení, jehož důsledky se mohly týkat ekonomických zájmů každého z nás. Co když vlašný přístup institucí i vlád k zalesňování je vlast-

ně nesmírně moudrý a umožňuje ještě rychlejší ekonomický rozvoj, aniž by se ohrožovalo klima? Pokud totiž rostliny vydávají tak velká množství metanu, pak čím více lesů, tím více metanu a tím větší dopady skleníkového efektu a změn klimatu.

Snad je tedy vhodné připomenout si některé hlavní body původního sdělení Kepplera a kol. v kontextu změn atmosférické koncentrace metanu i jejich příčin. Stejně zajímavé ale může být přiblížení některých následných reakcí na uvedenou práci. Obsah vybraných článků je velmi poučný pro pochopení způsobů, jimiž se dílčí poznatky získané na nižších úrovních (buňka, list nebo jednotlivá rostlina) převádějí na ekosystémy, biomy a celou planetu. Zároveň to umožní lépe si uvědomit a pochopit nesmírnou složitost problematiky, kterou jednoduše označujeme jako klima Země nebo význam změn koncentrace skleníkových plynů v atmosféře.

Koncentrace metanu v atmosféře Země
Strohé údaje ze 4. zprávy Mezivládního panelu pro změny klimatu (IPCC) udávají, že průměrné roční emise v období 1700 až 2005 se odhadují na 582 Tg metanu ($\text{Tg} = 10^{12}$ g, teragram; odpovídá milionům tun – Mt), přičemž v r. 2005 činily 4 932 Tg a atmosférická koncentrace tohoto skleníkového plynu dosáhla 1 774 ppb (parts per billion – částic na miliardu), zatímco v r. 1750 činila 715 ppb. Je to tedy změna enormní a je hodně důvodů podrobně se jí

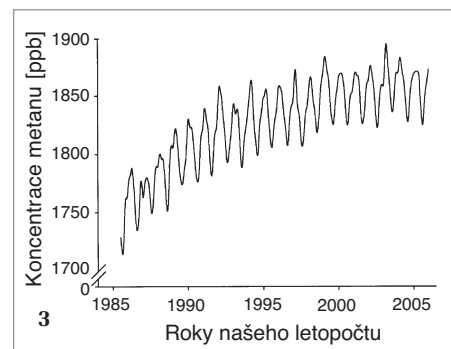
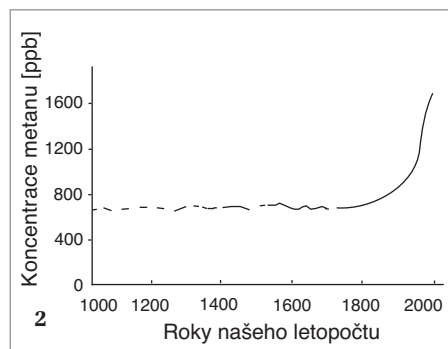
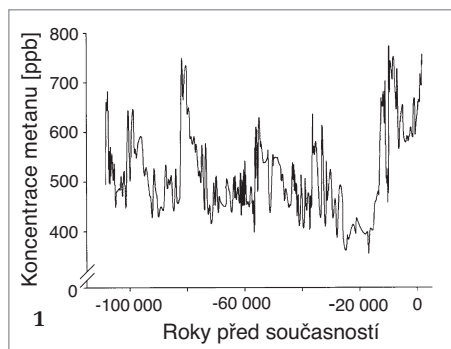
zabývat. Současná koncentrace metanu je zcela jedinečná a prokazatelně se v období téměř jednoho milionu roků nikdy dříve nevyskytla.

Údaje z ledovcových vrtvů umožnily určit změny atmosférické koncentrace metanu až do období několika set tisíc roků před současností (obr. 1), během něhož kolísaly mezi 400 ppb v dobách ledových až k 700 ppb v dobách meziledových. Z těchto údajů autoři odvodili, že změny teploty vždy předcházely změnám koncentrace metanu. Vzhledem k pozitivnímu vlivu teploty na zvyšování emisí metanu z přírodních zdrojů je tento poznatek obecně přijímán. Navíc umožňuje určitou extrapolaci pro důsledky možného budoucího růstu teploty – zvýšení o 1,5 °C (2,5 °C) může zvýšit emise metanu z mokřadů o 17 % (30 %). Kromě toho se zatím ví jen velmi málo o možném dopadu zvyšování teploty na uvolňování metanu z věčně zmrzlé půdy (permafrostu), a zejména pak z hydrátů metanu (molekul metanu obklopených molekulami vody, které se vytvářejí a udržují při nízké teplotě a vysokém tlaku) uložených na dnech oceánů. Existující odhady, podle nichž zvýšení teploty vyvolané antropogenními emisemi v rozsahu 2 000 Gt uhlíku by navíc uvolnilo srovnatelné množství asi 2 000 Gt metanu. Je to tedy potenciálně velmi silná pozitivní zpětná vazba – nepochybně jedna z mnoha, které by mohly vyvolat zatím zcela neočekávané dramatické změny klimatu.

Od začátku 19. stol. stoupala koncentrace metanu přibližně o 14 ppb ročně, a to z hodnoty 715 ppb odhadované pro rok 1750 (obr. 2). Od 90. let 20. stol. už se však koncentrace téměř nemění, i když existují velké meziroční výkyvy (obr. 3).

Radiační účinek metanu je 21× vyšší než CO_2 , proto se i při své koncentraci, která je asi o dva řády nižší než koncentrace CO_2 , podílí na zesílení skleníkového efektu hodnotou odpovídající asi třetině účinku CO_2 . Při přepočtu množství emisí metanu na změnu jeho koncentrace se vychází ze vztahu, že 2,78 Tg (CH_4) zvýší atmosférickou koncentraci o 1 ppb (IPCC).

- 1 Průběh koncentrace metanu v atmosféře Země v uplynulých 100 000 letech před současností. Graf sestaven na základě hodnot, které laskavě poskytl T. Kobashi (Kobashi a kol. 2007)
- 2 Průběh atmosférické koncentrace metanu v uplynulém tisíciletí. Použity podklady E. W. Wolff a kol. (2007)
- 3 Průběh atmosférické koncentrace metanu v posledních dvou dekádách. Graf sestaven na základě hodnot, které laskavě poskytl T. Kobashi (Kobashi a kol. 2007)



Tab. 1 Hlavní zdroje a sinky atmosférického metanu (Tg/rok) v r. 2000 (4. zpráva IPCC, 7. kapitola). U celkových zdrojů a sinků je uvedeno rozpětí s využitím údajů Kirschbauma a kol. (2006)

Zdroje	
Přírodní	
Mokřady	100
Termiti	20
Oceány	4
Hydráty metanu	5
Geologické zdroje	14
Celkem	143
Antropogenní	
Těžba uhlí	46
Zemní plyn, ropa a průmysl	60
Odpad a skládky	61
Dobytka (přezvýkavci)	81
Pěstování rýže	60
Spalování biomasy	80
Zdroje celkem	503–598
Sinky (propady)	
Půda	30
Troposférický ·OH	445
Ztráta do stratosféry	40
Sink celkem	515–576
Zvýšení v atmosféře	22

Kromě uvedeného zesílení skleníkového efektu se uvádějí další čtyři nepřímé účinky emisí CH₄, jejichž důsledky nelze zatím kvantitativně postihnout:

- Vlastní doba života (pobytu) metanu v atmosféře se prodlužuje tím, že reakcí s hydroxylovým radikálem (·OH) snižuje koncentraci tohoto radikálu a tím i rychlost svého vlastního rozkladu. Doba života daného plynu v atmosféře je definována jako doba nutná pro e-násobné (e=2,178) snížení jeho obsahu. Pro metan to je asi 9 let.
- Ovlivňuje změny koncentrace troposférického ozonu, který je přítomen v této vrstvě atmosféry a rovněž se projevuje jako důležitý skleníkový plyn.
- Zvyšuje obsah vodní páry ve stratosféře.
- Jeho rozkladem vzniká CO₂.

Atmosférická koncentrace metanu se od preindustriální doby zvýšila přibližně 3x. Přitom jeho obsah ve vzduchu určují v podstatě jen dva faktory: emise z povrchu planety a fotochemický rozklad hydroxylovým radikálem, který patří mezi nejdůležitější oxidační činidla v atmosféře. Právě naprosto nedostatečné poznání příčin změn koncentrace tohoto oxidantu nesmírně ztěžuje také pochopení příčin kolísání koncentrace metanu.

Podle J. Lelievelda (2006) problém správného postihu příčin, jež vedly ke kolísání emisí a změn koncentrace atmosférického metanu v uplynulých dekádách, spočívá v tom, že se obtížně odlišuje kolísání v emisních množstvích a zdrojích metanu od kolísání v rychlosti procesů vedoucích k poklesu tohoto plynu ve vzduchu.

Podíl metanu na změnách globálního klimatu je specifický také tím, že zvyšování teploty a vlhkosti urychluje jeho uvolňování z mokřadů a vegetace. Tato pozitivní zpětná vazba je však modifikována negativní zpětnou vazbou, kde rozhodující

úlohu sehrávají chemické procesy v atmosféře. V suchých podmínkách se sice snižují emise metanu, ale zároveň se snižuje i rychlost jeho reakcí s hydroxylovým radikálem. Sucho však zvyšuje počet lesních požárů, jimiž se do atmosféry dostává i zvýšené množství oxidu uhelnatého, který však také velmi rychle reaguje s hydroxylovým radikálem. Tím ovšem je tohoto radikálu k dispozici méně i pro rozklad metanu. Výsledkem je podstatně menší pokles koncentrace metanu v atmosféře, než odpovídá poklesu jeho emisí.

Zdroje a sinky (propady) metanu

Zdroje metanu lze rozdělit podle různých kritérií, např. podle způsobu jeho vzniku: ● biogenní, které se na celkové produkci podílejí téměř třemi čtvrtinami. Zdrojem jsou především mokřady, pěstování rýže, chov dobytka, skládky, lesy, termiti a oceány. Produkce metanu z těchto zdrojů je obvykle výsledkem celého komplexu procesů probíhajících v ekosystémech; ● abiogenní, které vznikají při těžbě a spalování fosilních paliv a biomasy, transportu zemního plynu a manipulaci s ním a z geologických zdrojů, jakými jsou např. geotermální a vulkanické úniky metanu.

Vzhledem k tematice tohoto příspěvku může být zajímavější členění zdrojů na:

- antropogenní, které v současnosti převažují, s přibližným podílem asi 60 % všech zdrojů metanu uvolňovaného do atmosféry;
- přírodní, tedy nezávislé na lidské činnosti, které byly v preindustriálních dobách prakticky jedinými zdroji atmosférického metanu.

Jeden z nejvýznamnějších zdrojů metanu tedy představují mokřady. Metan v nich vzniká anaerobní degradací organických látek. Právě mokřady s trvale vysokou hladinou vody nebo oblasti s častým zaplavením vytvářejí v půdě anoxické (bez-kyslíkaté) podmínky, které jsou příznivé pro tvorbu metanu. Jeho emise do atmosféry pak probíhá difúzí, vybubláním nebo intercelulárními prostory ve stoncích rostlin. V této souvislosti také Keppler a kol. (2006) uvádějí na podporu správnosti svých výsledků údaje o produkci metanu z amazonských lesů. Metan ze zaplavovaných částí amazonské oblasti lesů, četných jezer a vodních makrofyt se považuje za jeden z nejvýznamnějších zdrojů troposférického metanu. Frankenberg a kol. (2005) upozornili, že podle výsledků měření emisí metanu z družic jsou koncentrace metanu ve vzduchu nad oblastmi tropických deštných lesů podstatně vyšší, než se dosud udávalo podle pozemních měření. Melack a kol. (2004) uveřejnili údaje získané dálkovým průzkumem, podle nichž určité lokality v povodí Amazonky emitují podstatně více metanu, než odpovídá víceletému průměru celé této oblasti. Přímým měřením vzorků vzduchu odebraných na brazilských lokalitách pak Carmo a kol. (2006) určili emise metanu v rozsahu 2–21 mg/m²/den, přičemž tyto emise byly z neznámých důvodů vyšší v nočních hodinách. Tyto údaje vedly Kepplera a kol. k oprávněné domněnce, že právě jimi objevené velké emise z rostlin by mohly být příčinou uvedených vyšších koncentrací metanu nad tropickými lesy. Nebo

naopak: uvedené údaje by mohly nepřímo potvrdit správnost jejich závěrů.

Hlavním sinkem (označovaným někdy jako úložiště či propad) je především oxidace metanu hydroxylovým radikálem. V malé míře se může uplatňovat také oxidace atomy chloru. Hydroxylový radikál odstraňuje ze spodních vrstev atmosféry řadu polutantů. Jeho koncentrace je lokálně proměnlivá podle toho, jaké jsou místní emise plynů, na jejichž oxidaci se podílí. Samotný ·OH se vytváří především působením slunečního záření na ozon a řadu organických sloučenin. Přehled hlavních zdrojů i sinků atmosférického metanu udává tab. 1. Někteří autoři uvádějí ještě jiné zdroje, jako např. volně žijící živočichy, rostliny nebo produkci energie.

Zvyšování koncentrace metanu v průběhu minulých dvou století se nečekaně a výrazně zpomalilo počátkem 90. let 20. stol. (Bousquet a kol. 2006). Stejně překvapivá jsou velká meziroční kolísání koncentrace metanu v atmosféře v tomto období (obr. 3). Zatímco ještě v 80. letech 20. stol. činil meziroční nárůst atmosférické koncentrace metanu asi 12 ppb, v následující dekádě to bylo jen 4 ppb. Bousquet a kol. (2006) zjistili, že v průběhu uplynulých dvou desetiletí byly meziroční změny emisí metanu (asi 12 Tg ročně) způsobeny především kolísáním emise metanu z mokřadů, zatímco lesní požáry a spalování biomasy se zde podílely mnohem méně. Současně s jejich modelového řešení vyplynul soustavný pokles emisí metanu z mokřadů, a to jako důsledek trvalého poklesu jejich plochy, který dosahuje asi 1,1 % ročně při celkové současné rozloze asi 4,2 milionu km².

Geografické rozdíly v emisích metanu i jeho oxidaci v atmosféře naznačují, že největší meziroční rozdíly jsou v tropických oblastech, kde je při vyšších teplotách fotochemický rozklad aktivní po celý rok.

Nahlédnout do složitosti této problematiky umožňuje analýza zaměřená na zvláště nápadné změny koncentrace metanu v jednotlivých letech (Bousquet a kol. 2006). Prvním sledovaným obdobím byly roky 1997–98, kdy se zvláště silně projevil jev El Niño. Následné sucho zvýšilo frekvenci lesních požárů v tropických a boreálních oblastech Evropy a Asie. Zvláště mohutné požáry rašelinišť v Indonésii patrně uvolnily do atmosféry obrovská množství metanu. Přitom se během spalování vytvářelo i zvýšené množství oxidu uhelnatého, který pak v atmosféře rychle reagoval s hydroxylovým radikálem. Pokles dostupnosti tohoto oxidantu pak dále přispěl ke zvýšení koncentrace metanu.

Další analýza Bousqueta a kol. (2006) se věnovala zmírnění růstu atmosférické koncentrace metanu v letech 1991–93. Autoři zjistili, že se zde uplatňovaly zejména následující tři faktory:

- Erupci filipínské sopky Mount Pinatubo v červnu 1991 se do ovzduší dostalo velké množství vulkanických aerosolů, a tím se změnilo i množství ultrafialového záření s následným poklesem koncentrace hydroxylových radikálů a rychlosti fotochemických reakcí. Výsledkem musí být vyšší koncentrace metanu ve vzduchu.
- Ochlazení severní polokoule vyvolané uvedenou erupcí a vedoucí k poklesu emisí metanu z mokřadů i spalování biomasy.

● Ekonomické zhroucení Sovětského svazu a s tím spojené změny v emisích metanu.

Velmi nízké zvyšování koncentrace metanu v průběhu 90. let přičítají Bousquet a kol. (2006) celkovému snížení antropogenních emisí, a to zejména v důsledku poklesu spalování fosilních paliv. V prvních letech 21. stol. se množství antropogenních emisí opět zvýšilo, což autoři dávají do souvislosti s mimořádně rychlým ekonomickým rozvojem čínského hospodářství.

Domnívám se, že uvedené podrobnosti hodnocení příčin změn atmosférické koncentrace metanu ilustrují dva důležité poznatky: změny atmosférické koncentrace metanu jsou výsledkem tak složitých interakcí mnoha procesů s pozitivními i negativními zpětnými vazbami, že nedostatečná míra jejich poznání nemůže být překvapivá, a vzhledem k významnému podílu metanu na skleníkovém efektu je studium příčin kolísání zdrojů i sinků atmosférického metanu mimořádně důležité také pro kompetentní projekci budoucích změn klimatu.

Rostliny emitují velká množství metanu: podle Kepplera a kol. (2006)

Keppler a kol. měřili emise metanu ustrížených i intaktních rostlin v laboratoři i v přírodních podmínkách. Produkce metanu činila 320 ng na 1 g sušiny za hodinu. Vystavení vzorků rostlin slunečnému světlu nebo zvýšení teploty emise metanu výrazně zvyšovalo. Autoři vyloučili vznik enzymatickou reakcí, protože emise byly patrné i při teplotách kolem 70 °C. Naopak naznačili, že výchozí sloučeninou by mohly být pektiny obsažené ve stěnách buněk. Ovšem jinak není v jejich práci možný mechanismus vzniku metanu vůbec zmíněn. Ve své publikaci také odvodili možné globální emise metanu vycházející z jimi naměřených hodnot. Z údajů o primární produkci biomasy hlavními biomy, dříve vegetační doby a dříve slunečného svitu vypočítali roční produkci metanu 62–236 Tg (průměr 149 Tg). Tato hodnota odpovídá téměř jedné třetině dosud odhadovaných ročních emisí metanu na Zemi.

Tab. 2 Globální emise metanu z rostlin. Hodnoty Kepplera a kol. jsou vypočítány na základě hmotnosti sušiny listů, produkce CH₄ v posledním sloupci je vztahena na hmotnost sušiny rostlin po odečtení hmotnosti listů. Převzato z Parsonse a kol. (2006).

Typ vegetace nebo biom	Hodnoty Kepplera a kol. [Tg/rok]	Pokryvnost listovní [m/m ²]	Specifická plocha listů [m ² /kg]	Produkce CH ₄ listy [Tg/rok]	Produkce CH ₄ [Tg/rok]
Tropické lesy	78,2	6,0	12,0	15,6	7,3
Lesy mírného pásu	17,7	6,0	8,5	8,0	2,0
Boreální lesy	3,0	3,5	7,7	3,6	0,4
Středozemní křoviny	2,7	2,0	6,9	0,8	0,1
Tropické savany a traviny	29,2	5,0	16,9	8,0	0,8
Traviny mírného pásu	7,4	3,5	16,9	2,0	0,004
Pouště	3,8	1,0	6,9	2,2	0,02
Polní plodiny	7,2	4,0	24,5	2,2	0,04
Celkem	149			42	10,7

Právě uvedená extrapolace na globální úroveň nepochybně přispěla k tomu, že tato publikace vyvolala enormní zájem sdělovacích prostředků. Zjednodušeně řečeno: jestli rostliny produkují taková množství metanu, tak dosavadní snahy o ukládání zvýšeného množství uhlíku do rostlinné biomasy jsou zcela nesmyslné.

Motivem obecného zájmu o tyto výsledky bylo především to, že dosavadní představa o prospěšnosti zalesňování by mohla být zcela přehodnocena. Rostoucí stromy sice po několik desetiletí pohlcují velká množství CO₂, a snižují tak rychlost zvyšování jeho atmosférické koncentrace, ale současné emise metanu v odhadovaném množství by mohly tento pozitivní účinek velmi silně omezit. Samotní autoři byli natolik zaskočeni medializací svých výsledků, že v tiskové zprávě korigovali některé údaje uváděné ve sdělovacích prostředcích. Zdůraznili, že i kdyby další pokusy jejich výsledky potvrdily, prospěšnost a kladný vliv zalesňování nebudou vůbec zpochybněny. V tiskové zprávě zdůraznili, že podle jejich výpočtů by pozitivní účinek absorpce CO₂ rostoucími lesními porosty byl snížen jen asi o 1–4 %.

Metody převodu poznatků z nižších úrovní na vyšší

Ještě v r. 2006 reagovali na práci Kepplera a kol. autoři Parsons a kol. článkem, v němž zpochybňují především způsob přepočtu naměřených emisí metanu na globální měřítko. Jejich zásadní úprava spočívá v použití hmotnosti sušiny listů rostlin daného biomu jako základu pro výpočet celkových emisí metanu. Jejich výsledky (tab. 2) snižují původní údaje Kepplera a kol. o plných 72 %, přičemž tato redukce je velmi rozdílná u jednotlivých biomů.

Kromě toho Parsons a kol. upozornili na další skutečnost. Pokud by i ostatní struktury rostlin, tedy nejen listy, emitovaly metan, tak v tropickém lese by tyto emise enormně narostly vzhledem k tomu, že v tomto biomu je průměrná hmotnost sušiny listů asi 500 g/m², zatímco celková biomasa 30 400 g/m². Naopak zase u pastvin mírného pásu stanovené emise metanu

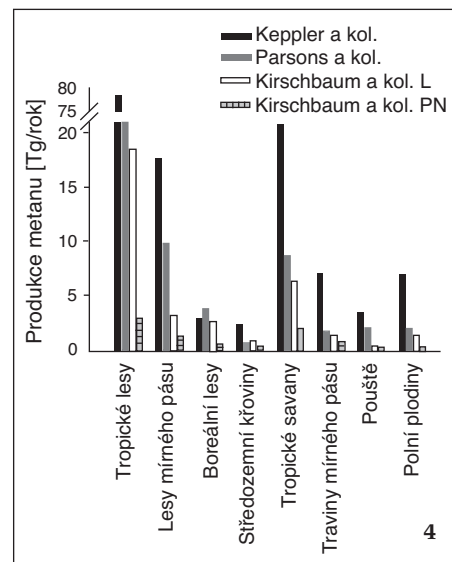
kolem 0,3 g CH₄ ha/rok dosahují sotva 3 % emisí zvířat (10,3 g CH₄ m²/rok), která se na těchto pastvinách pasou. Autoři uzavírají svůj příspěvek obecně pocítovanou potřebou získat podrobnější informace o emisích metanu rostlinami.

Také Houweling a kol. (2006) se zabývali otázkou, jsou-li celkové emise uváděné Kepplerem a kol. vůbec slučitelné s dalšími souvislostmi. Hodnotili jednotlivé zdroje a sinky metanu a jejich možné modifikace s ohledem na výsledné změny atmosférické koncentrace metanu. Došli k závěru, že současné emise metanu z rostlin mohou činit maximálně 125 Tg ročně, přičemž v preindustriální době to mohlo být nanejvýš 85 Tg ročně.

V mezidobí od uveřejnění výsledků Kepplera a kol. (2006) do jejich popření v článku Duecka a kol. (2007) se objevily další dvě práce. Ty jsou zajímavé nejen kritikou možných hodnot globálních emisí metanu rostlinami, ale i způsoby svých výpočtů. Ačkoli jejich uvedení není podstatné pro přijetí či odmítnutí závěrů jednoho nebo druhého příspěvku, uvádím je podrobněji, protože ilustrují způsob obdobných přepočtů a umožňují i neoborníkovi posoudit možné zdroje chyb a nepřesností. Také na některých školách by se mohly naznačené způsoby použít pro ilustraci mnoha dalších aspektů souvisejících s globálními odhady toků látek.

Kirschbaum a kol. (2006) nezpochybnili základní informace týkající se produkce metanu rostlinami, ale uvedli výhrady k jejich příliš zjednodušené extrapolaci na emise (62 až 236 Tg CH₄ ročně) produkované rostlinami celé planety. Sami dospěli k hodnotám 10–60 Tg CH₄ ročně, což by znamenalo prakticky nevýznamnou redukci prospěchu zakládání nových lesních porostů s cílem ukládat CO₂. Ovšem vedle samotných čísel je velmi zajímavý metodický postup jejich stanovení. Ten

4 Celková roční produkce metanu příslušným biotem podle původních údajů Kepplera a kol. (2006) a podle následných výpočtů Parsonse a kol. (2006) a Kirschbauma a kol. (2006), kteří provedli výpočty na základě hmotnosti sušiny listů (L) nebo rychlosti fotosyntézy (PN). Upravil L. Nátr podle údajů uvedených autorů



názorně ukazuje i obecné limity takových výpočtů. Kirschbaum a kol. (2006) použili dva odlišné způsoby stanovení celkové produkce metanu rostlinami na naší planetě. První byl založen na odhadu hmotnosti sušiny listů. Autoři brali v úvahu oněch 8 biomů (tab. 2), které ve své publikaci uvedli Keppler a kol. Druhý byl založen na stanovení rychlosti fotosyntézy. Zde autoři vycházejí z předpokladu, že množství emitovaného metanu je úměrné rychlosti fotosyntézy. Tyto emise vyjádřili jako podíl předpokládané rychlosti fotosyntézy měřené za podmínek pokusů Kepplera a kol.

Prvním postupem vypočítali, že roční globální emise metanu by činily 36 Tg, což je podstatně méně než 149 Tg udávaných Kepplerem a kol. Druhým postupem vypočítali celkové emise v řádu 9,6 Tg metanu ročně, což je tedy ještě méně. Podrobný výpočet provedli také pro dřeviny vzhledem k tomu, že v řadě komentářů výsledků Kepplera a kol. byla naznačena možná škodlivost zalesňování s ohledem na velké emise metanu. Svým výpočtem však zjistili, že zařazení emisí metanu do výpočtu vlivu ukládání uhlíku do lesních porostů se prakticky vůbec (snížení pozitivního efektu o 0,1 až 0,3 %) neprojeví. Srovnání hodnot vypočítaných uváděnými autory ukazuje obr. 4. Zmiňované publikace uvádějí způsoby výpočtu celkových emisí metanu natolik podrobně, že je lze použít pro ilustraci obdobných výpočtů i na školách.

Popření výsledků popisujících emise metanu rostlinami

V reakci na zmiňovaný článek provedli Dueck a dalších 14 autorů velmi pečlivě sérii měření emisí metanu u 6 druhů rostlin.

Mimořádnou pozornost věnovali tomu, aby zabránili kontaminaci možných emisí metanem ze vzduchu. Proto využili pěstování v $^{13}\text{CO}_2$, kdy prakticky veškerý uhlík rostlin (téměř 99 %) představoval tento izotop ^{13}C . Tak mohli při následném stanovení metanu rozlišit, jestli tento pochází skutečně z rostlinných struktur ($^{13}\text{CH}_4$), nebo ze vzduchu ($^{12}\text{CH}_4$). Vzorky plynu z kyvet s rostlinami také srovnávali s plynem z prázdných kyvet atd. Své metodické postupy a výpočty podrobně popsali v publikaci s názvem Nejsou doklady o významné aerobní emisi metanu suchozemskými rostlinami: postup využívající značení pomocí ^{13}C (New Phytologist 2007, 175: 29–35). Také v tomto popisu se jejich publikace výrazně liší od příliš nekonkrétních metodických údajů Kepplera a kol.

Výsledkem jejich mimořádně přesných měření je jednoznačný závěr, podle něhož emise metanu z rostlin v aerobních podmínkách činí asi 0,4 ng/g sušiny/h, což je podstatně méně, než uvádějí Keppler a kol. Z toho také vyplývá, že podíl rostlin na globálních emisích metanu je nanejvýš velmi malý či spíše žádný a úvahy zpochybňující vhodnost zalesňování pro ukládání uhlíku jsou naprosto zbytečné.

Dueck a kol. také připomínají, že s výjimkou publikace Kepplera a kol. neexistují žádné další vědecké údaje o významné emisi metanu rostlinami. Zároveň nabízejí jedno z možných vysvětlení výsledků, k nimž zmínění autoři došli. Ti totiž před vlastním měřením promývali kyvety vzduchem zbaveným metanu. Jenže rostliny vypěstované v běžné atmosféře s téměř 2 000 ppb metanu jej musely stále obsahovat ve svých intercelulárních i v půdě stejně jako v lipidických membránách a ve

vodě svých buněk. Při následném měření ve vzduchu zbaveném metanu mohl metan difundovat z rostlinných struktur i z půdy. Pravděpodobnost takového vysvětlení potvrzuje také pozitivní vliv zvýšení teploty na zvýšení emisí metanu, jak uvádějí Keppler a kol.

A konečně výsledky Duecka a kol. nepřímo potvrdila také nedávná publikace autorů Ferretti a kol. (2007), kteří modelovali obsah metanu ve vzduchových bublinách vzorků ledu z ledovcových vrtů. Jejich údaje jsou až o 80 % nižší než údaje Kepplera a kol., přičemž vypočítaný interval spolehlivosti zahrnuje i možnost emisí nerozlišitelných od nuly.

Připomenutí metodologie vědeckého bádání

Jistě lze namítnout, že Keppler se spolupracovníky mohli své pokusy víckrát opakovat a hlavně podrobněji popsat jejich průběh, vlastní měření a hodnocení. Totéž lze vytknout lektorům, kteří rukopis před publikací hodnotili. Na druhé straně si však musíme připomenout velký tlak médií, ale i těch, kteří vědeckou práci financují, aby pokusy přinášely významné výsledky a tyto byly publikovány co nejdříve.

Ale také jinak. Našli bychom krásné příklady, kdy zajímavá a nečekaná hypotéza není na počátku svého uveřejnění experimentálně vůbec doložena. Ale jako vědecká hypotéza je cenná, ať už následně uspějí pokusy o její potvrzení, nebo vyvrácení. Závěrem jedno velmi strážlivé připomenutí. Práce Duecka a kol. je přesvědčivá svými výsledky a argumenty, jeví se jako dokonalá také svými metodami a jejich popisem. Ale pořád platí: její závěry můžeme jednoznačně přijmout, až ji potvrdí i další autoři v jiných laboratořích.