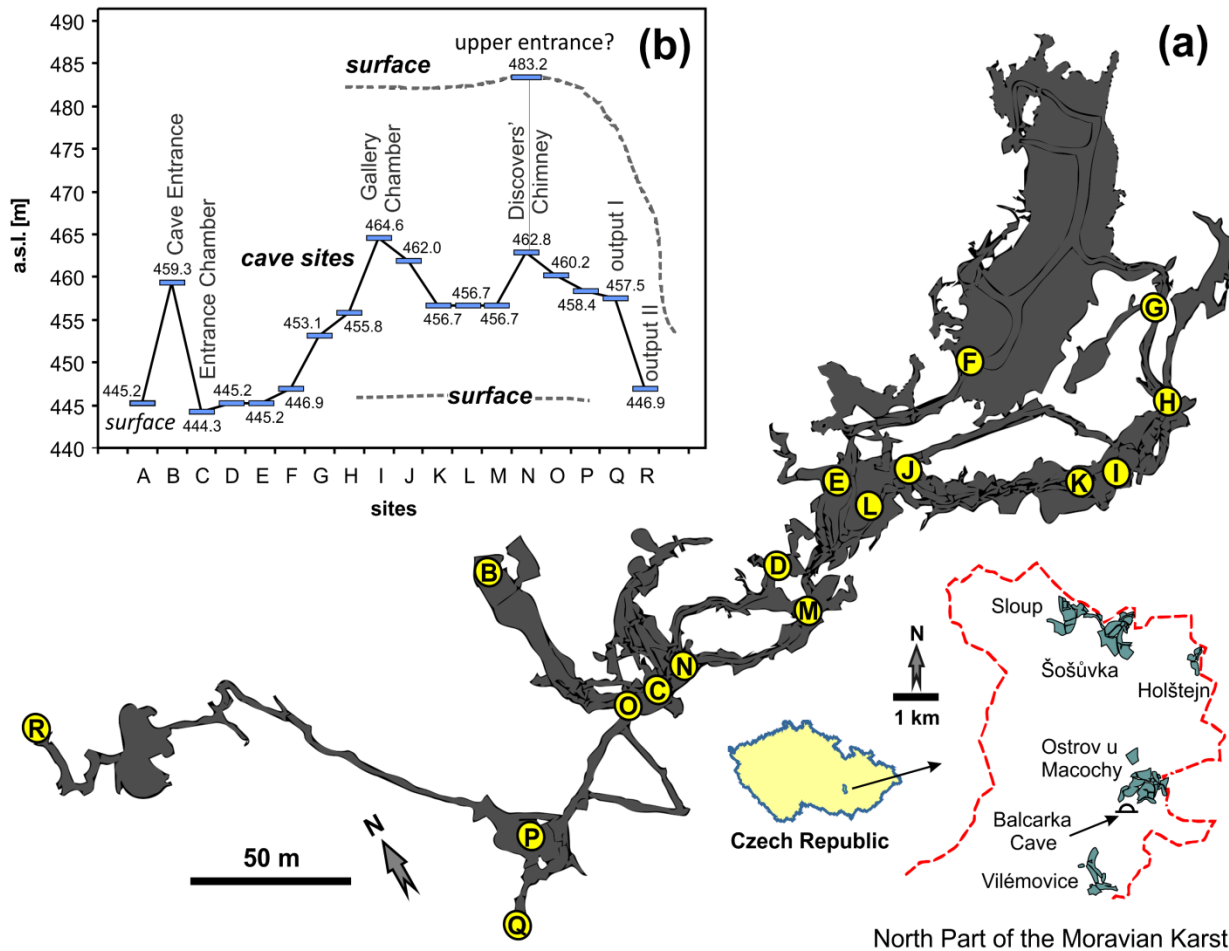


Antropogenní ovlivnění jeskynního mikroklimatu

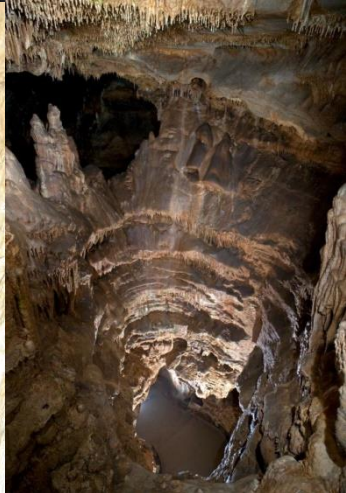
02 Studie - Balcarka

- dynamika CO₂/dýchání návštěvníků
- pohyb návštěvníků v jesk. prostředí
- otevírání dveří návštěvníky jeskyně

Jeskyně Balcarka



- severní část M. krasu
- 30-40 tisíc turistů/rok
- celková délka: 350 m
- dvě patra: rozdíl 20 m
- existence 3 známých vstupů + další otvory (Objevitelský komín)
- 2 monitorovací místa:
 - (1) Vstupní dóm ... C
 - (2) dóm Galerie ... I





The relationship between carbon dioxide concentration and visitor numbers in the homothermic zone of the Balcarka Cave (Moravian Karst) during a period of limited ventilation

Marek Lang¹, Jiří Faimon¹, and Camille Ek²

¹Department of Geological Sciences, Faculty of Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic
²Department of Geology, University of Liège, 4000 Liège, Belgium

Abstract: The evolution of CO₂ levels with and without human presence was studied in a selected site (Gallery Chamber) of the homothermic zone of the Balcarka Cave (Moravian Karst, Czech Republic) during the fall, a period of limited ventilation. There were recognized various factors controlling the cave CO₂ levels under different conditions in the exterior and interior. When visitors were absent, CO₂ levels were controlled by the advective CO₂ fluxes linked to cave airflows and reaching up to $\sim 1.5 \times 10^3 \text{ mol s}^{-1}$. These fluxes exceed by orders of magnitude the exchanged diffusive fluxes (up to $4.8 \times 10^3 \text{ mol s}^{-1}$) and also the natural net flux (from 1.7×10^6 to $6.7 \times 10^6 \text{ mol s}^{-1}$) imputing given chamber directly from overburden. The natural net flux, normalized to unitary surface area, was estimated to be 2.8×10^{-8} to $1.1 \times 10^{-7} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, based on a perpendicular projection area of the chamber of $\sim 60 \text{ m}^2$. When visitors were present, the anthropogenic CO₂ flux into the chamber reached up to $3.5 \times 10^3 \text{ mol s}^{-1}$, which slightly exceeded the advective fluxes. This flux, recalculated per one person, yields the value of $6.7 \times 10^5 \text{ mol s}^{-1}$. The calculations of reachable steady states indicate that anthropogenic fluxes could almost triple the natural CO₂ levels if visitors stayed sufficiently long in the cave.

Keywords: anthropogenic and natural CO₂; cave ventilation; flux; dynamic model; temperature difference
Received 11 July 2014; Revised 30 January 2015; Accepted 2 March 2015

Citation: Lang M., Faimon J. and Ek C., 2015. The relationship between carbon dioxide concentration and visitor numbers in the homothermic zone of the Balcarka Cave (Moravian Karst) during a period of limited ventilation. *International Journal of Speleology*, 44 (2), 167-176. Tampa, FL (USA) ISSN 0392-6672 <http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.44.2.6>

INTRODUCTION

Carbon dioxide (CO₂) is a key component controlling the karst processes such as limestone dissolution and calcite speleothem growth (Dreybrodt, 1999). The driving force for the latter process is the difference in the CO₂ partial pressure between (1) the soil/upper epikarst, (¹⁸O)P_{CO₂}, and (2) the cave atmosphere, (¹³C)P_{CO₂} (White, 1998; Ford & Williams, 2007). Whereas a high (¹⁸O)P_{CO₂} (Fairchild et al., 2000; Faimon et al., 2012a) controls saturation of percolating water with respect to the calcite, the lower (¹³C)P_{CO₂} is responsible for dripwater degassing (releasing of the CO₂ excess) (Holland et al., 1964).

The instantaneous CO₂ concentration in the cave atmosphere is the balance of the input and output fluxes. The input CO₂ flux may generally include the direct natural fluxes associated with (i) the diffusion from soils/epikarst, (ii) dripwater degassing (Bourges et al., 2001), perhaps (iii) microbial decay of organic matter in cave sediments, and (iv) the transport of endogenous CO₂ in geologically active regions (Batiot-

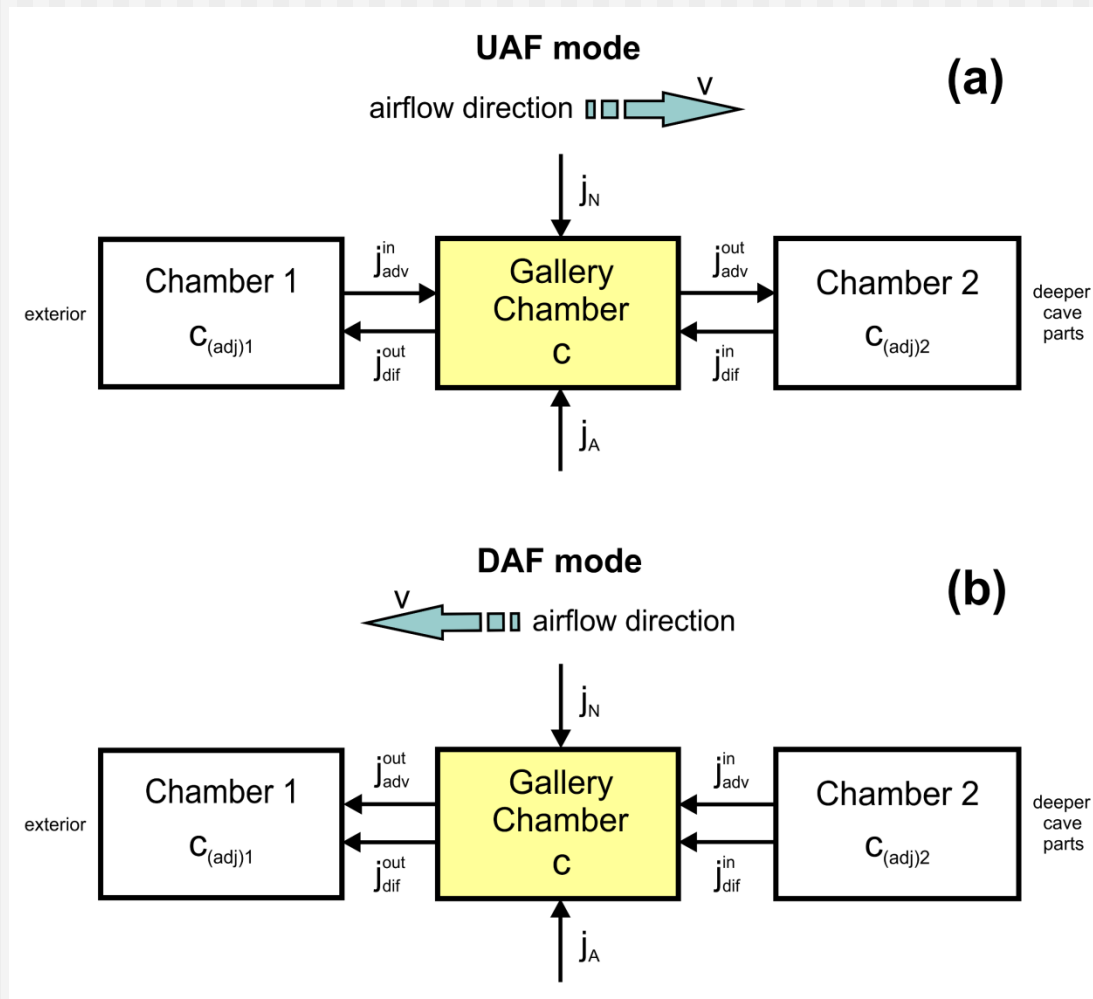
Guilhe et al., 2007). The indirect CO₂ fluxes can be derived from air advection from (v) adjacent cave passages/epikarst, or e.g. (vi) a cave river and conduit flow. The anthropogenic flux is connected with (vii) the exhaling of cave visitors (Faimon et al., 2006; Milanolo & Gabrovšek, 2009). The output flux is linked with cave airflow and controlled by cave ventilation (Spötl et al., 2005; Banner et al., 2007; Baldini et al., 2008; Fernández-Cortés et al., 2009).

The cave airflow depends on (1) the cave geometry and (2) the pressure difference resulting from contrasting air densities (de Freitas et al., 1982). Since density is particularly a function of temperature, cave airflows are mostly related to the temperature difference $\Delta T = T_{\text{exterior}} - T_{\text{cave}}$ (where T_{exterior} is external air temperature and T_{cave} is cave air temperature [°C]) (de Freitas et al., 1982; Baker & Genty, 1998; Pflietsch & Piasecki, 2003; Russell & MacLean, 2008; Kowalczyk & Froelich, 2010; Faimon et al., 2012b). A theoretical background on cave air circulation was given by Cigna (1968) and Wigley & Brown (1971). Based on their geometry, caves may be sorted into two extreme

Studie 1: Dynamika CO₂ a dýchání návštěvníků

- International Journal of Speleology
- článek byl publikován v květnu 2015
- monitoring na Galerii (vrchní patro)
- měření – CO₂, teploty a návštěvnost
- tři měření v průběhu podzimu 2013 (48–h. měření s až 265 návštěvníky)
- návrh dyn. modelu simulujícího CO₂ uvnitř dómu v navštěvované jeskyni

Studie 1: dynamický model



- 3 hl. rezervoáry CO₂
 - (1) hl. dóm - Galerie
 - (2) dóm 1 - nižší CO₂
 - (3) dóm 2 - vyšší CO₂
- 6 hlavních toků CO₂
 - (i) přímý přírodní tok
 - (ii) antropogenní tok
 - (iii) adv. vstupní tok
 - (iv) adv. výstupní tok
 - (v) dif. vstupní tok
 - (vi) dif. výstupní tok

Studie 1: dynamický model

- celkový tok CO₂ do dómu Galerie dán rovnicí:

$$j = \frac{dn_{\text{CO}_2}}{dt} = \frac{V dc}{dt} = \sum_i j_i$$

- koncentrace CO₂ v dómu Galerie v průběhu jednotlivých módu proudění:

$$\text{UAF: } \frac{dc}{dt} = \frac{k_A A}{V} + \frac{j_N}{V} + \frac{k_{\Delta T} \sqrt{|\Delta T|}}{V} (c_{\text{adj}}^{(1)} - c) + \frac{DS}{LV} (c_{\text{adj}}^{(2)} - 2c + c_{\text{adj}}^{(1)})$$

antrop.
tok

přír.
tok

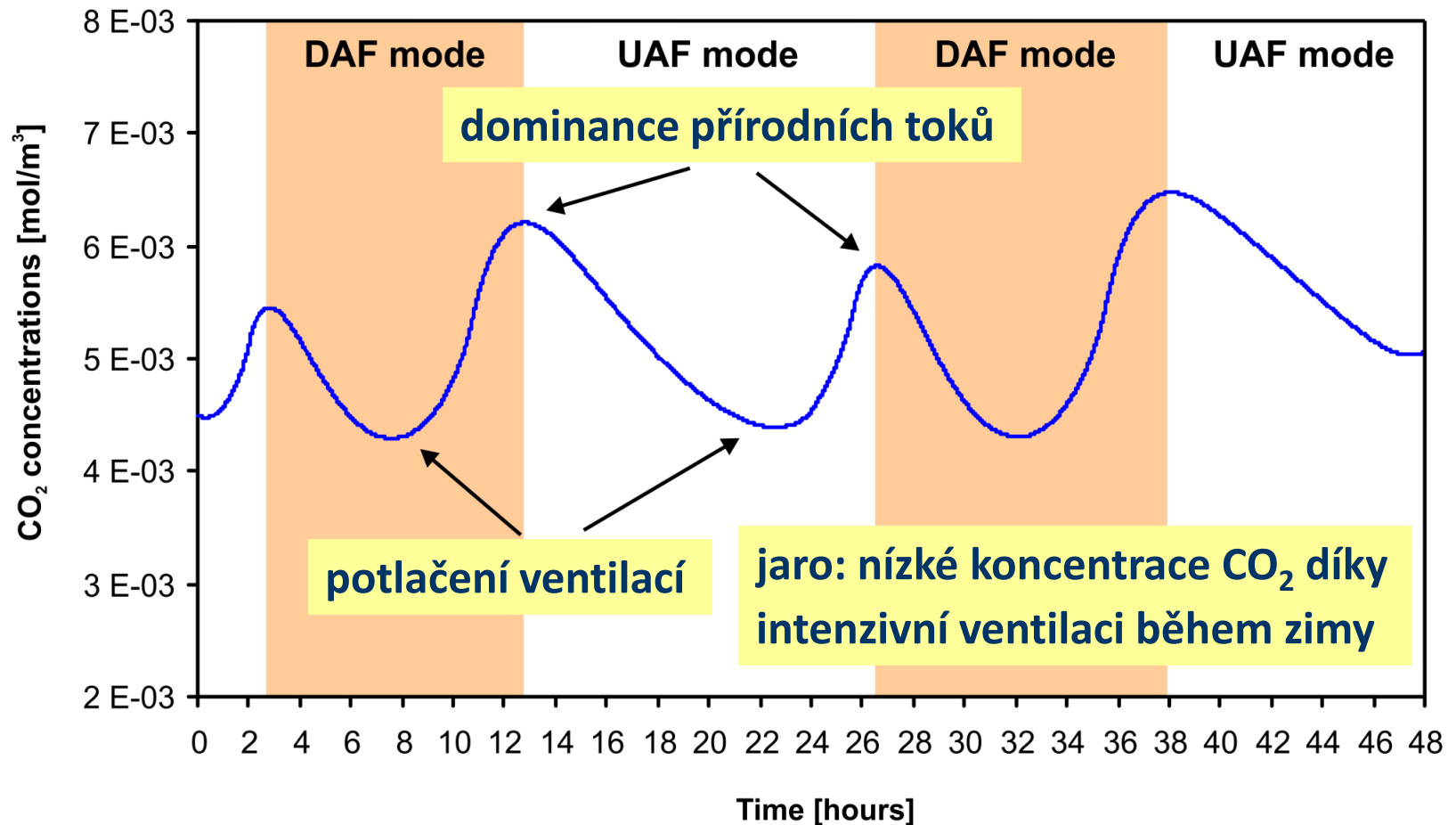
advektivní toky

difuzní toky

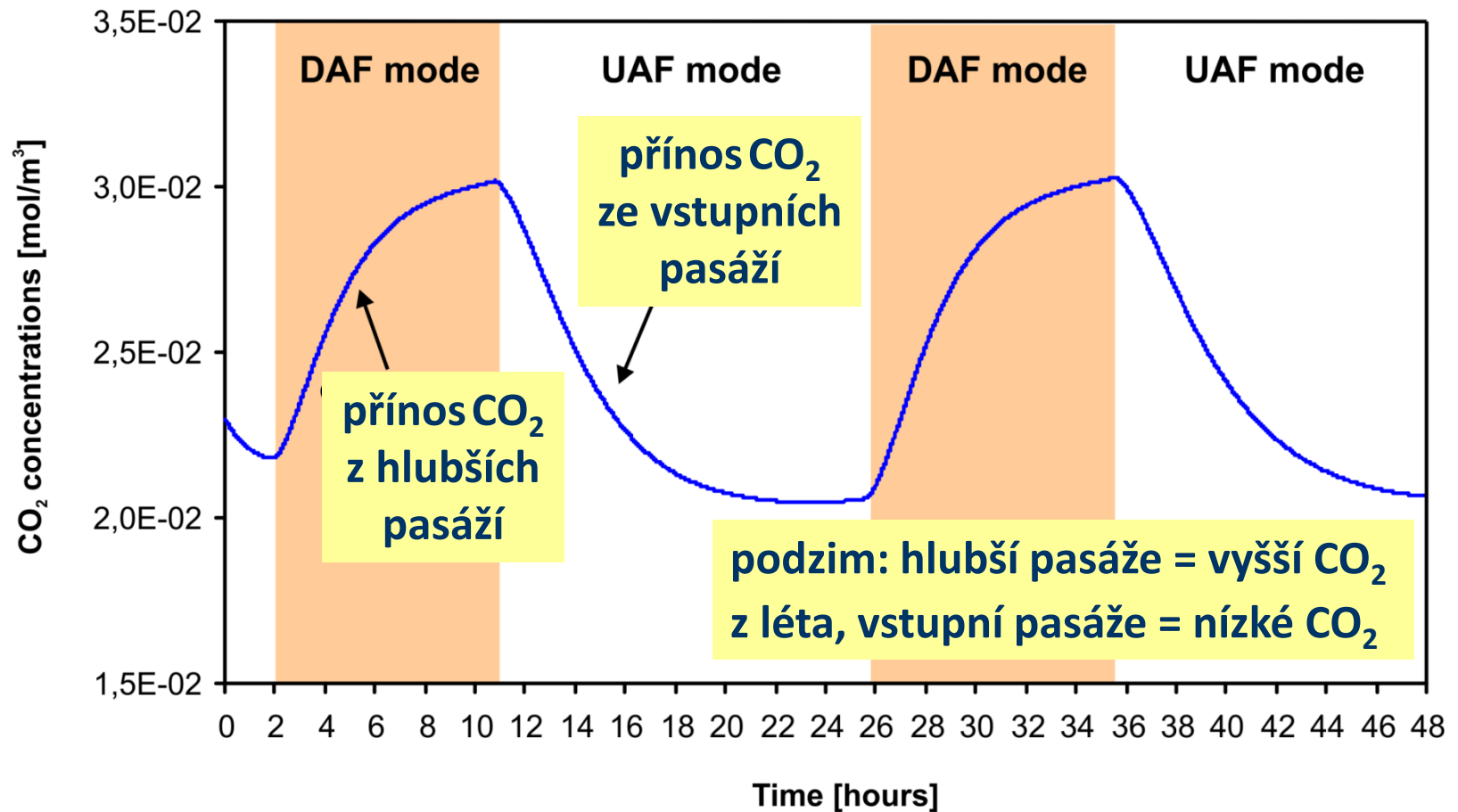
$$\text{DAF: } \frac{dc}{dt} = \frac{k_A A}{V} + \frac{j_N}{V} + \frac{k_{\Delta T} \sqrt{|\Delta T|}}{V} (c_{\text{adj}}^{(2)} - c) + \frac{DS}{LV} (c_{\text{adj}}^{(2)} - 2c + c_{\text{adj}}^{(1)})$$

- modelované (hledané) parametry: j_N , c_{adj} , k_A , $k_{\Delta T}$ (do nejlepšího proložení)

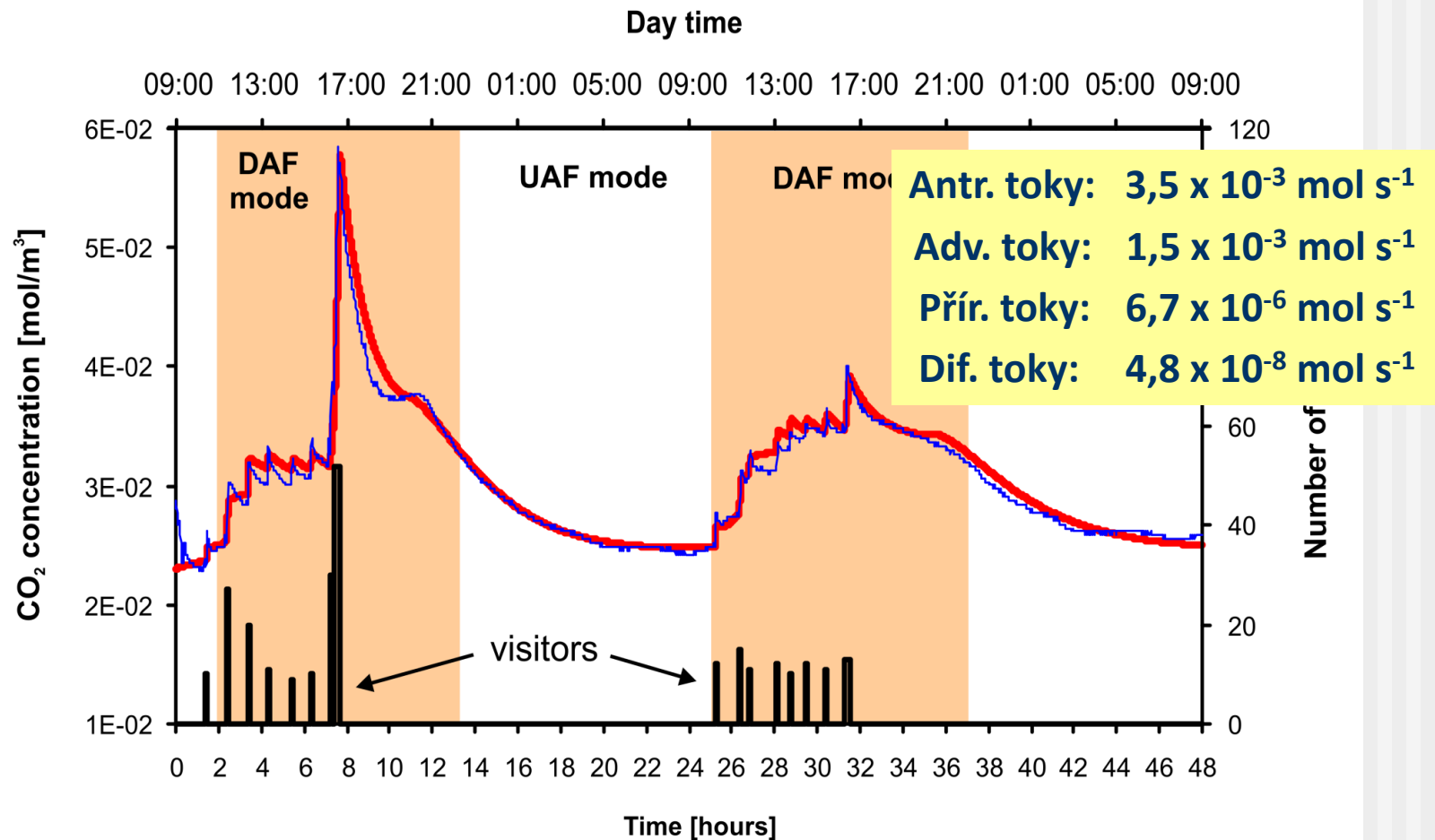
Studie 1: vliv přír. toků CO₂



Studie 1: vliv okolního CO₂



Studie 1: regrese dat



Studie 1: hlavní závěry

Konc. CO₂ na Galerii byly řízeny různými faktory v závislosti na podmínkách:

- bez přítomnosti návštěvníků byly koncentrace CO₂ na Galerii řízeny toky CO₂ ze sousedních prostor (závislost na koncentracích CO₂ a tepl. rozdílu)
- během pobytu návštěvníků byly koncentrace CO₂ na Galerii řízeny antropogenními toky CO₂ (závislost na počtu návštěvníků a délce jejich pobytu)

V případě dostatečně dlouhého pobytu v jeskyni by antropogenní CO₂ vydechovaný návštěvníky téměř ztrojnásobil přírodní koncentrace CO₂ na Galerii

Pro lepší ochranu jeskynního prostředí je nutná redukce délky pobytu skupin návštěvníků v jeskyni a zvýšení časového intervalu mezi prohlídkami jeskyně

A CASE STUDY OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE CO₂ LEVELS IN LOW-VOLUME PROFILE OF THE BALCARKA CAVE (MORAVIAN KARST, CZECH REPUBLIC)

ŠTUDIJA VPLIVA OBISKOVALCEV NA KONCENTRACIJE CO₂ V MANJŠIH IN SLABO POVEZANIH JAMSKIH PROSTORIH: PRIMER IZ JAME BALCARKA NA MORAVSKEM KRASU V REPUBLIKI ČEŠKI

Marek LANG¹, Jiří FAIMON¹ & Camille EK²

Abstract UDC 551.442:543.272.62(437.3)
Marek Lang, Jiří Faimon & Camille Ek: A case study of anthropogenic impact on the CO₂ levels in low-volume profile of the Balcarka Cave (Moravian Karst, Czech Republic)

Anthropogenic impact on CO₂ levels was studied in the low-volume chamber connected with the low-profile corridor in Balcarka Cave, the show cave in Moravian Karst, during the period of limited ventilation. Modeling showed that the natural CO₂ levels were controlled by the CO₂ fluxes (upto ~ 3.14 × 10⁻² mol s⁻¹) from adjacent spaces. These fluxes changed with cave airflows and ventilation modes. Two main components of anthropogenic impact were recognized: (1) visitor breathing and (2) visitor movement. The CO₂ input derived from individual visitor groups varied from 1.96 × 10⁻⁴ to 2.45 × 10⁻³ mol s⁻¹, which was the significant part of the CO₂ fluxes from adjacent spaces. The visitor movement induced the airflows up to 0.2 m³ s⁻¹. They exceeded the natural airflows (up to 3.2 × 10⁻³ m³ s⁻¹) by factor of more than 60. These airflows caused cave ventilation mode's switching and, significant drop of CO₂ fluxes/levels due to changed ventilation. The study therefore indicates that various anthropogenic influences in show cave can balance and neutralize each other, in dependence on cave morphology and seasonal conditions.

Keywords: airflow, anthropogenic impact, carbon dioxide, dynamic model, show cave, ventilation mode.

Izvleček UDK 551.442:543.272.62(437.3)
Marek Lang, Jiří Faimon & Camille Ek: Študija vpliva obiskovalcev na koncentracije CO₂ v manjših in slabo povezanih jamskih prostorih: primer iz jame Balcarka na Moravskem krasu v Republiki Češki

Raziskovali smo vpliv obiskovalcev na koncentracijo CO₂ v jamski dvorani z majhno prostornino v turistični jami Balcarka na Moravskem krasu. Dvorana je z drugimi deli jame povezana z manjšim rovom, raziskave pa so potekale v času, ko je naravno prezračevanje majhno. Z modeliranjem smo pokazali, da so naravne vrednosti CO₂ določene s tokom iz sosednjih prostorov. Te dosegajo vrednosti do ~ 3.14 × 10⁻² mol s⁻¹ in se spreminjajo z intenzivnostjo naravnega prezračevanja. Obiskovalci na koncentracijo CO₂ vplivajo z dihanjem in gibanjem po jami. Tok CO₂, ki ga prispevajo skupine obiskovalcev, znaša med 1,96 × 10⁻⁴ mol s⁻¹ in 2,45 × 10⁻³ mol s⁻¹, kar je primerljivo z naravnim dotokom. Zračni tok zaradi gibanja obiskovalcev pa znaša do 0,2 m³ s⁻¹, kar je 60 krat toliko, kot je tok naravne ventilacije v času meritev. Tako prisilno prezračevanje na opazovanem mestu pomembno znižuje koncentracijo CO₂. Obiskovalci torej na različne način vplivajo na koncentracijo CO₂, pri čemer se ti vplivi lahko tudi izničijo.

Ključne besede: zračni tok, antropogeni vpliv, ogljikov dioksid, dinamični model, turistična jama, način prezračevanja.

INTRODUCTION

Carbon dioxide (CO₂) plays a key role in carbonate karst system by participating on rock karstification (Stumm & Morgan 1996), karst water hydrogeochemistry (Spötl

et al. 2005; Faimon *et al.* 2012b), calcite speleothem formation (Dreybrodt 1999; Frisia *et al.* 2011) or speleothem corrosion (Sarbu & Lascu 1997; Dublyansky & Dublyan-

¹ Department of Geological Sciences, Faculty of Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic.

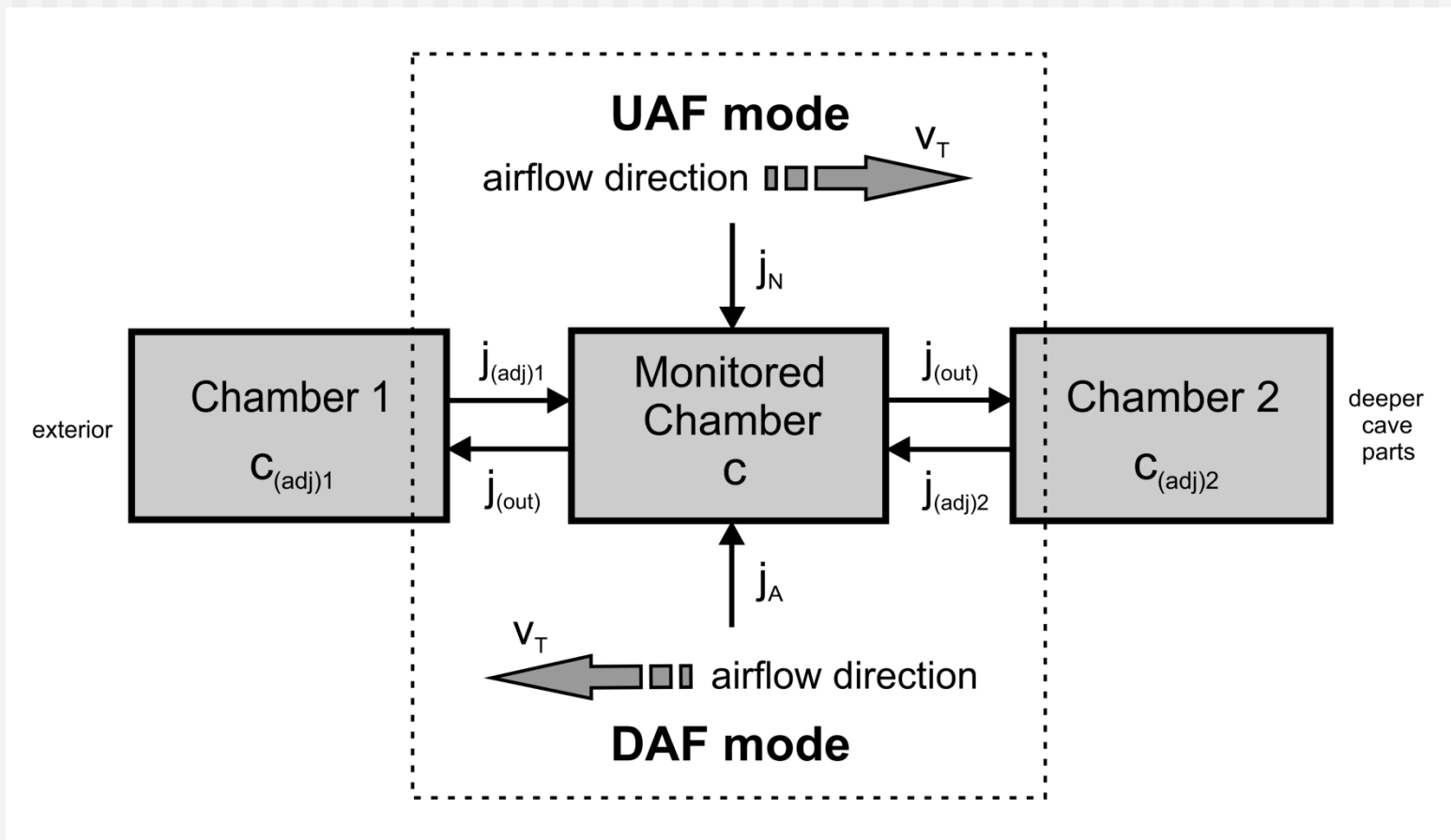
² Department of Geology, University of Liège, 4000 Liège, Belgium

Received/Prejeto: 10.02.2014

Studie 2: Pohyb osob v jeskynném prostředí

- Acta Carsologica (publ. duben 2015)
- Vstupní dóm (u vchodu, úzký profil)
- jedna monitorovací kampaň (48–h.) (17 skupin návštěvníků; celkem 269)
- měření – CO₂, teploty a návštěvnost
- analýza antropogenních vlivů na CO₂ v úzko-profilových pasážích jeskyně
- kvantifikace těchto vlivů na základě dynamického modelu CO₂ v jeskyni

Studie 2: dynamický model



Studie 2: dynamický model

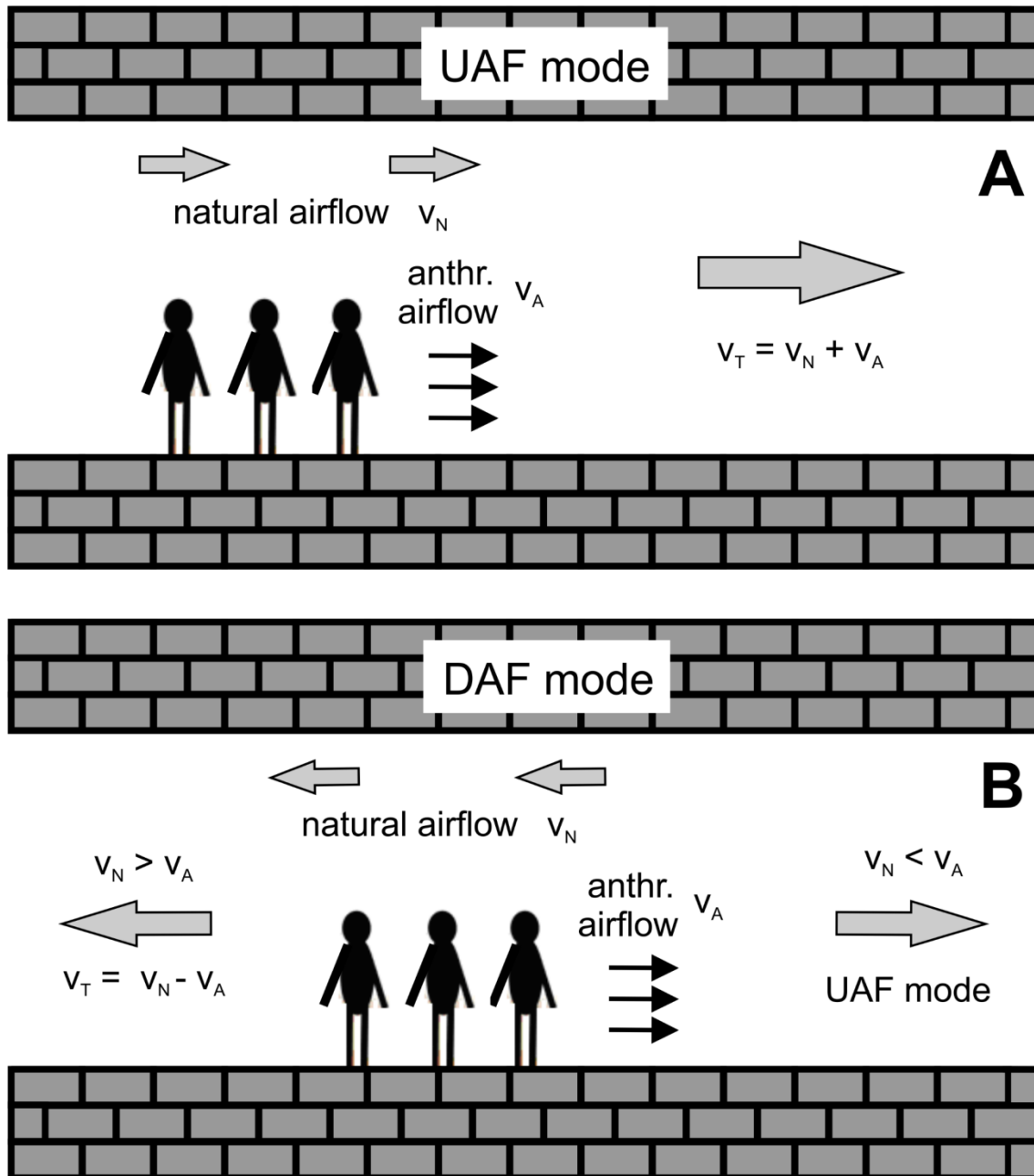
- celkový tok CO₂ do Vstupního dómu dán rovnicí (suma dílčích toků CO₂):

$$\frac{dc}{dt} = \underbrace{\frac{j_N}{V}}_{\text{přír. tok}} + \underbrace{\frac{j_{(AP)} A}{V}}_{\text{antrop. tok}} + \underbrace{\left(\frac{v_T c_{(adj)}}{V} - \frac{v_T c}{V} \right)}_{\text{advektivní toky}}$$

- v_T : celková rychlost proudění vzduchu dána: $v_T = v_N + v_A$

přírodní rychlost: $v_N = k_{\Delta T} \sqrt{|\Delta T|}$ antrop. rychlost: $v_A = v_{(AP)} + k_A A$

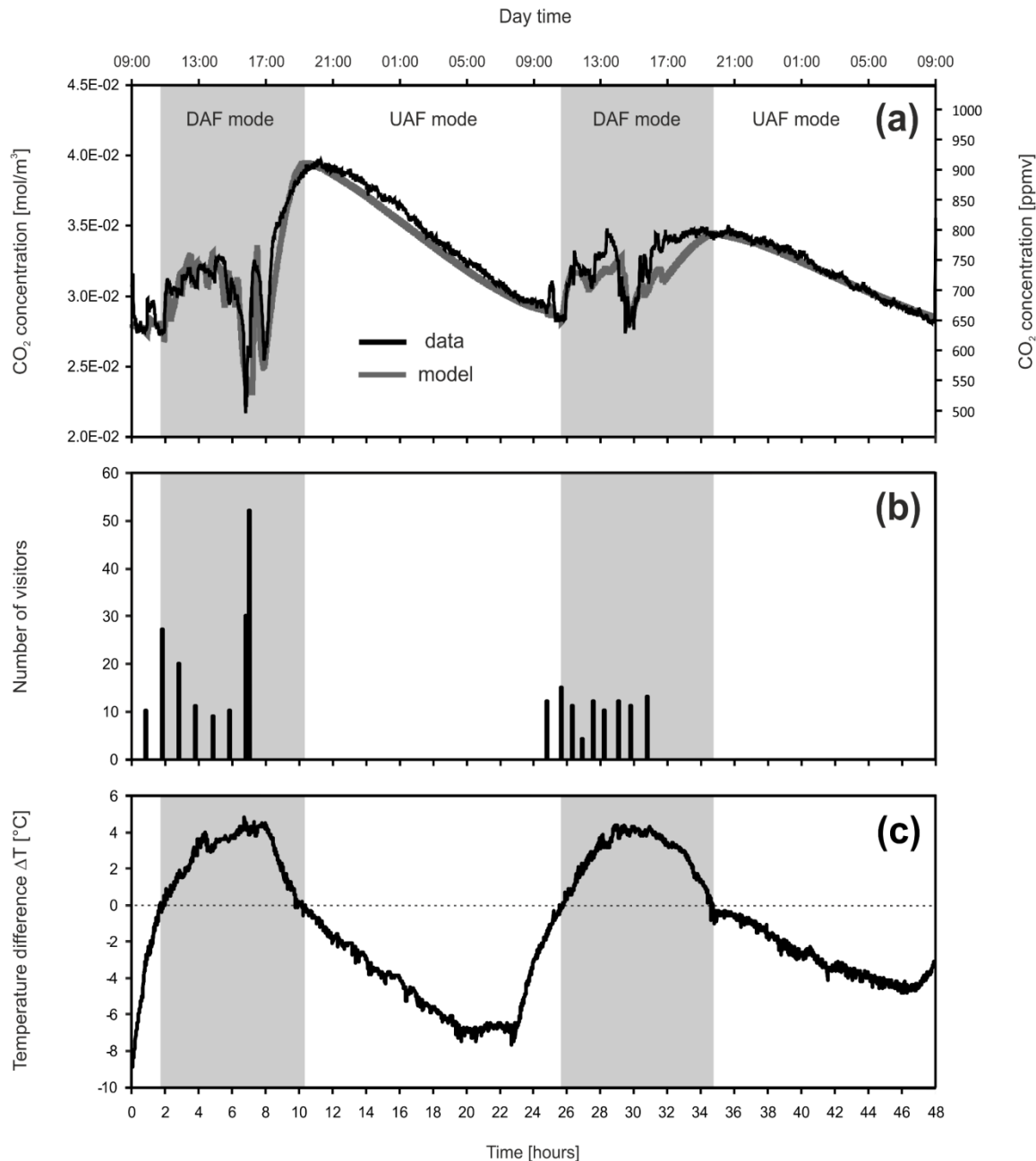
- modelované (hledané) parametry: j_N , c_{adj} , k_A , $k_{\Delta T}$, $j_{(AP)}$ (nejlepší proložení)



Studie 2: Pohyb osob v jeskyni

- efekt v úzko-profilových chodbách uvnitř jeskyně
- skupina představuje píst tlačící před sebou vzduch
- UAF mód: stejný směr v_N i $v_A \rightarrow v_T$ je dána sumou
- v DAF módu pohyb osob proti směru př. proudění
 - $v_N > v_A$ (přír. proudění)
 - $v_N < v_A$ (změna módu)

Studie 2: Regrese dat



Vliv advektivních toků CO₂

- v DAF módu nárůst CO₂
- v UAF módu pokles CO₂

Antropogenní vlivy na CO₂

- dýchání → píky na křivce CO₂ (tok $3 \times 10^{-3} \text{ mol s}^{-1}$)
- pohyb: změna proudění (antr. proudění je až 60x vyšší než přír. proudění, změna směru proudění)

Studie 2: hlavní závěry

Konc. CO₂ ve Vstupním dómu byly řízeny konc. CO₂ v sousedních dómech:

- v UAF módu pokles konc. CO₂ (transport CO₂ ze vstupních pasáží jeskyně)
- v DAF módu nárůst konc. CO₂ (transport CO₂ z hlubších pasáží/epikrasu)

Modelování ukázalo 2 hlavní antropogenní fenomény ovlivňující konc. CO₂:
(1) dýchání návštěvníků a (2) jejich pohyb v úzko-profilových jesk. chodbách

Identifikace 2 komponent proudění vzduchu: (i) přírodní a (ii) antropogenní

- antr. proudění může dosahovat až 60x vyšších hodnot oproti přírodnímu
- změna směru proudění působící proti pohybu na směr shodný s pohybem

Antropogenní fenomény ovlivňující CO₂ se mohou vzájemně neutralizovat



The impact of door opening on CO₂ levels: A case study from the Balcarka Cave (Moravian Karst, Czech Republic)

Marek Lang^{1*}, Jiří Faimon^{1,2}, and Sandra Kejřiková¹

¹Department of Geological Sciences, Faculty of Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic

²Department of Geology, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 17. listopadu 1192/12, 771 46 Olomouc, Czech Republic

Abstract: The impact of door opening on cave carbon dioxide (CO₂) levels was studied in the Entrance Chamber and the Gallery Chamber of the Balcarka Cave (Moravian Karst, Czech Republic). The effect of door opening differed with cave ventilation modes. Under upward airflow mode, the cave door opening led to the increase of output advective CO₂ fluxes from the cave and to the decrease of CO₂ levels. This effect was evident especially in the Entrance Chamber near the cave entrance and then suppressed in the Gallery Chamber situated deeper in the cave. Under the downward airflow mode, the cave door opening changed airflow paths and main CO₂ sources/fluxes. This resulted in the increase of CO₂ level in the Entrance Chamber while the levels in the Gallery Chamber decrease. Modeling indicates that the increase could be result of input advective CO₂ fluxes from epikarst (up to 5.9×10^{-2} mol s⁻¹). To reduce the impact on cave microclimate, a careful control of the visiting regime without overlapping of individual doors' openings is recommended.

Keywords: cave chamber, CO₂ levels, cave ventilation, door opening, advective CO₂ flux

Received 6 December 2016; Revised 29 April 2017; Accepted 29 April 2017

Citation: Lang M., Faimon J. and Kejřiková S., 2017. The impact of door opening on CO₂ levels: A case study from the Balcarka Cave (Moravian Karst, Czech Republic). International Journal of Speleology, 46 (3), 345-358. Tampa, FL (USA) ISSN 0392-6672
<https://doi.org/10.5038/1827-806X.46.3.2100>

LIST OF SYMBOLS

A	total diffusion area [m ²]	P _{CO₂}	carbon dioxide partial pressure [dimensionless]
c _{CO₂}	carbon dioxide concentration [mol m ⁻³]	^(c) P _{CO₂}	carbon dioxide partial pressure in cave atmosphere [dimensionless]
c _{EK}	carbon dioxide concentration in soils/epikarst [mol m ⁻³]	^(h) P _{CO₂}	hypothetical P _{CO₂} reconstructed from cave dripwater chemistry [dimensionless]
c _{Gal}	carbon dioxide concentration in Gallery Chamber [mol m ⁻³]	^(w) P _{CO₂}	carbon dioxide partial pressure in water [dimensionless]
Δc	difference in carbon dioxide concentrations [mol m ⁻³]	t	time [s]
D	carbon dioxide diffusion coefficient [m ² s ⁻¹]	T	temperature [°C]
j	total carbon dioxide flux [mol s ⁻¹]	T _{cave}	temperature in cave atmosphere [°C]
j _{adv}	input advective carbon dioxide flux [mol s ⁻¹]	T _{exterior}	temperature in external atmosphere [°C]
j _{deg}	input carbon dioxide flux derived from one liter of dripwater by degassing [mol s ⁻¹]	ΔT	temperature difference [°C]
j _{diff} ^{EPK}	total input diffusive carbon dioxide flux from soils/epikarst [mol s ⁻¹]	v	linear airflow rate [m s ⁻¹]
j _{adv} ^{EPK}	input advective carbon dioxide flux from soils/epikarst [mol s ⁻¹]	V	cave total volume [m ³]
j _{adv} ^{Gal}	input advective carbon dioxide flux from Gallery Chamber [mol s ⁻¹]		
ΔL	overburden thickness [m]		
P	barometric pressure [Pa]		
Q	volumetric airflow rate [m ³ s ⁻¹]		
R	the universal gas constant [J kg ⁻¹ K ⁻¹]		

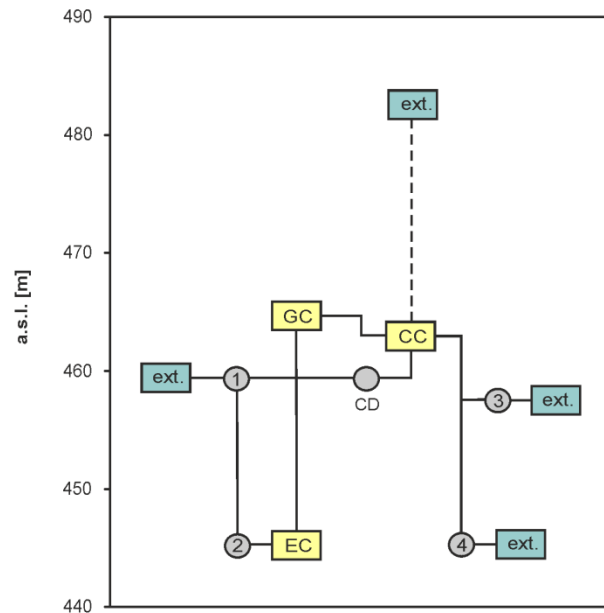
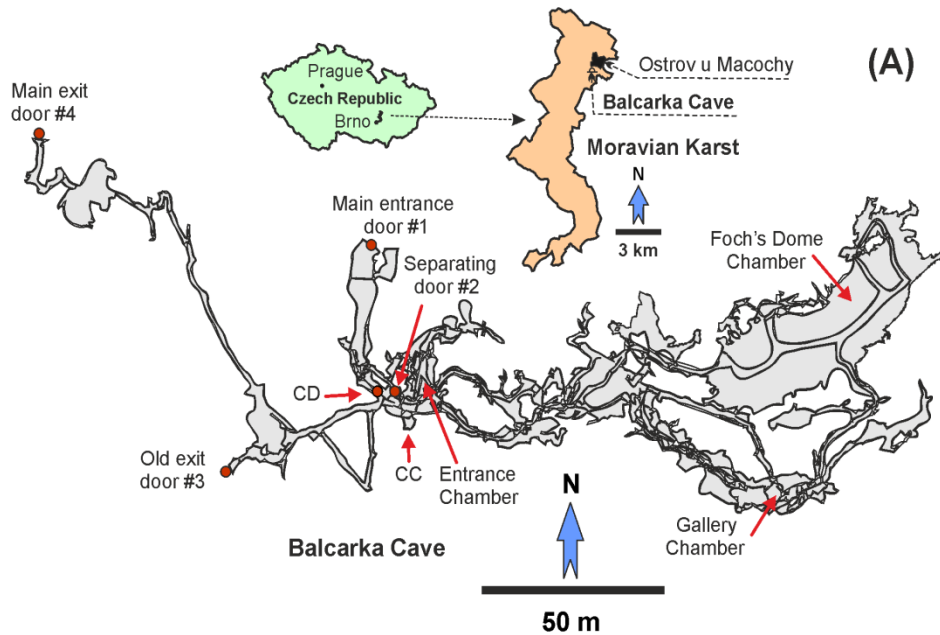
ABBREVIATIONS

C1-UAF	campaign 1; upward airflow
C2-DAF	campaign 2; downward airflow
C3-DAF	campaign 3; downward airflow
C4-DAF	campaign 4; downward airflow
CC	Chimney Chamber
CD	connecting door
CO ₂	carbon dioxide
DAF mode	downward airflow ventilation mode

Studie 3: Otevírání dveří návštěvníky jeskyně

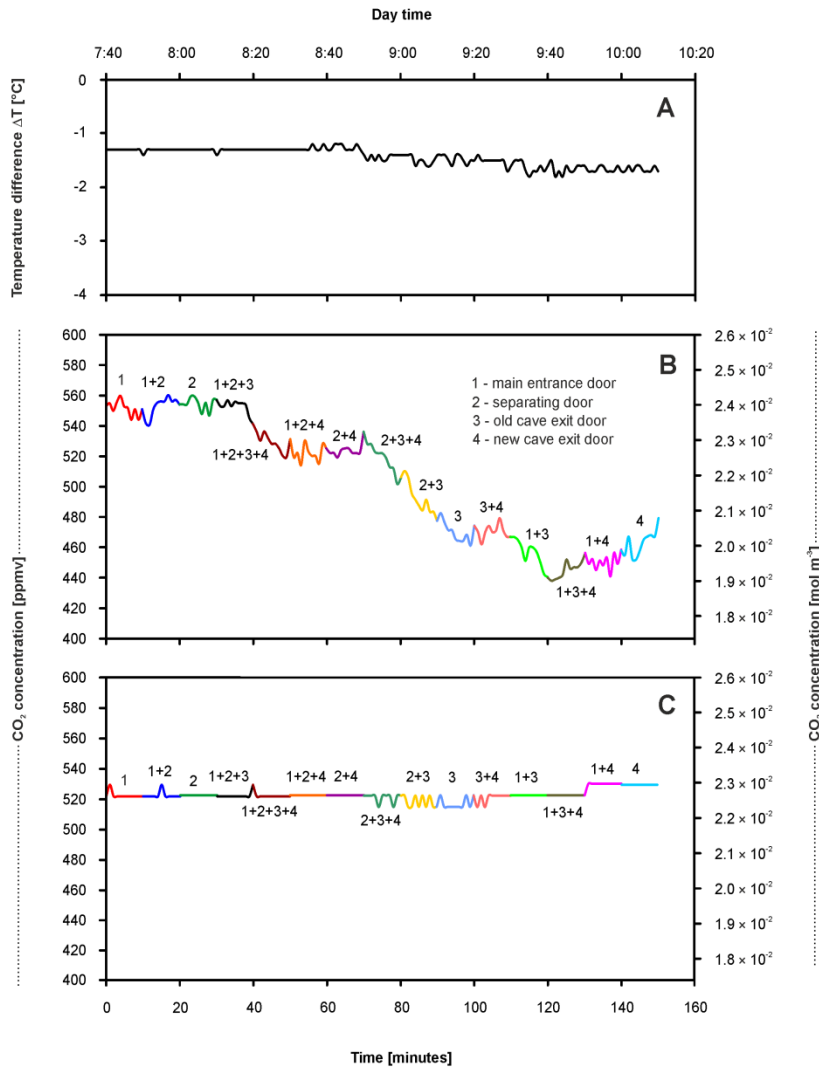
- International Journal of Speleology
- článek otištěn v časopise v září 2017
- monitoring – Vstupní dóm a Galerie
- měření – CO₂, tepl. rozdíl, proudění
- 5 monitorovacích kampaní (4 experimenty s dveřmi, 1 měření CO₂/AF)
- detailní ověření vlivu otevírání dveří na (i) proudění vzduchu jeskyní a (ii) koncentrace CO₂ v jesk. atmosféře

Studie 3: Experiment s otvíráním jesk. dveří

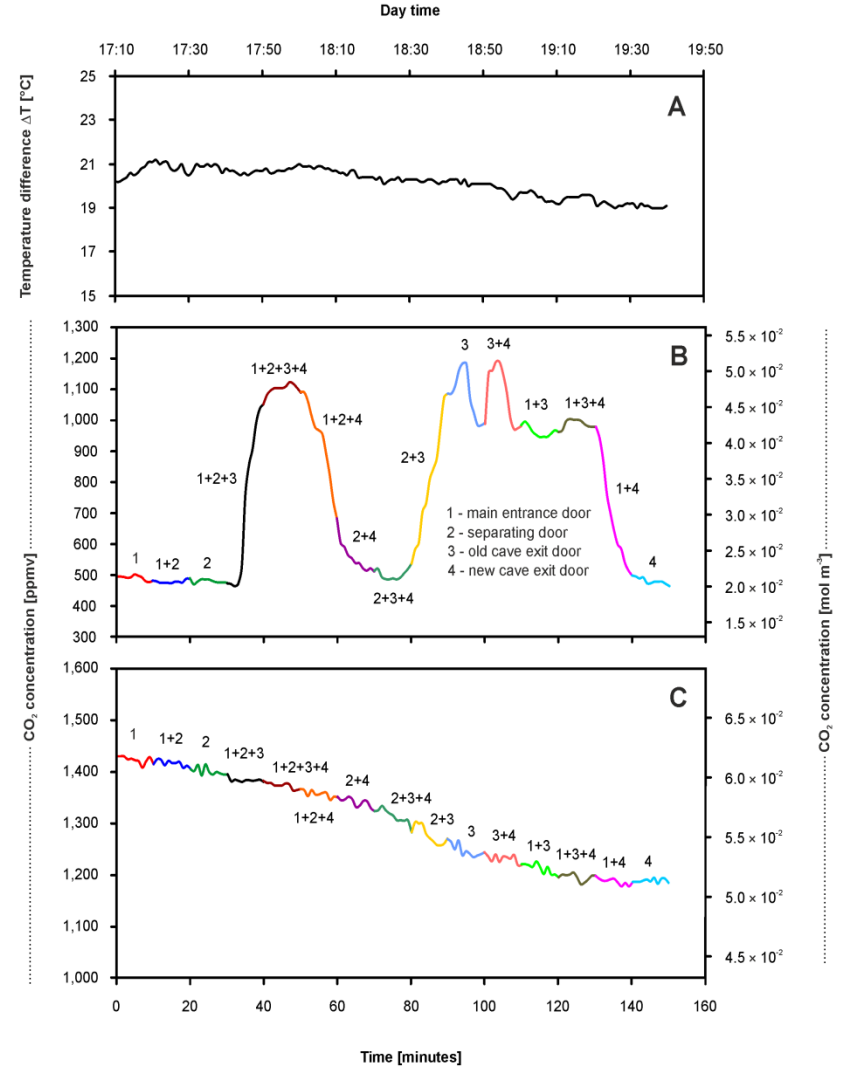


Campaigns C1 -UAF and C2-DAF		Campaigns C3 -DAF and C4-DAF	
Elapsed time [min]	Door combination	Elapsed time [min]	Door combination
0 - 10	#1	0 - 10	#1
11 - 20	#1 + #2	11 - 20	#1 + #2
21 - 30	#2	21 - 30	#2
31 - 40	#1 + #2 + #3	31 - 45	#1 + #2 + #3
41 - 50	#1 + #2 + #3 + #4	(36 - 40)	(#1 + #2 + #3 + CD)
51 - 60	#1 + #2 + #4	46 - 55	#1 + #2 + #3 + #4
61 - 70	#2 + #4	56 - 65	#1 + #2 + #4
71 - 80	#2 + #3 + #4	66 - 75	#2 + #4
81 - 90	#2 + #3	76 - 85	#2 + #3 + #4
91 - 100	#3	86 - 100	#2 + #3
101 - 110	#3 + #4	(91 - 95)	(#2 + #3 + CD)
111 - 120	#1 + #3	101 - 110	#3
121 - 130	#1 + #3 + #4	111 - 120	#3 + #4
131 - 140	#1 + #4	121 - 130	#1 + #3
141 - 150	#4	131 - 140	#1 + #3 + #4
		141 - 150	#1 + #4
		151 - 160	#4

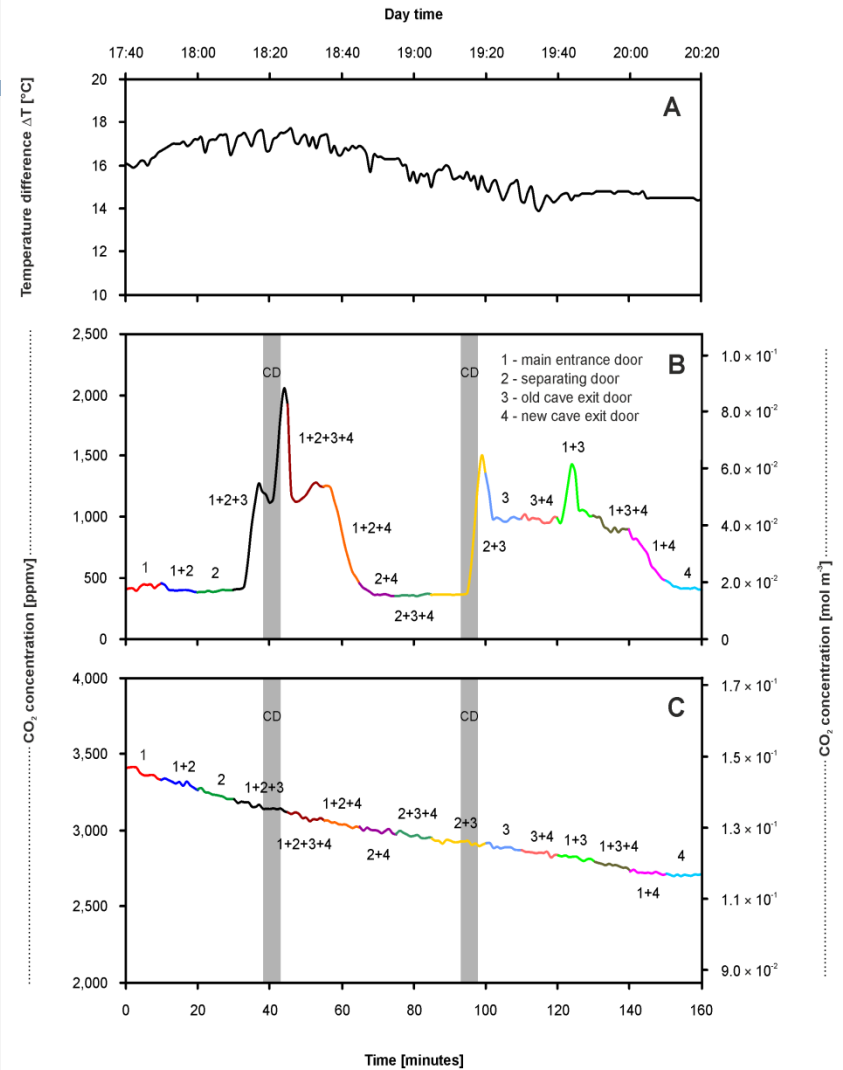
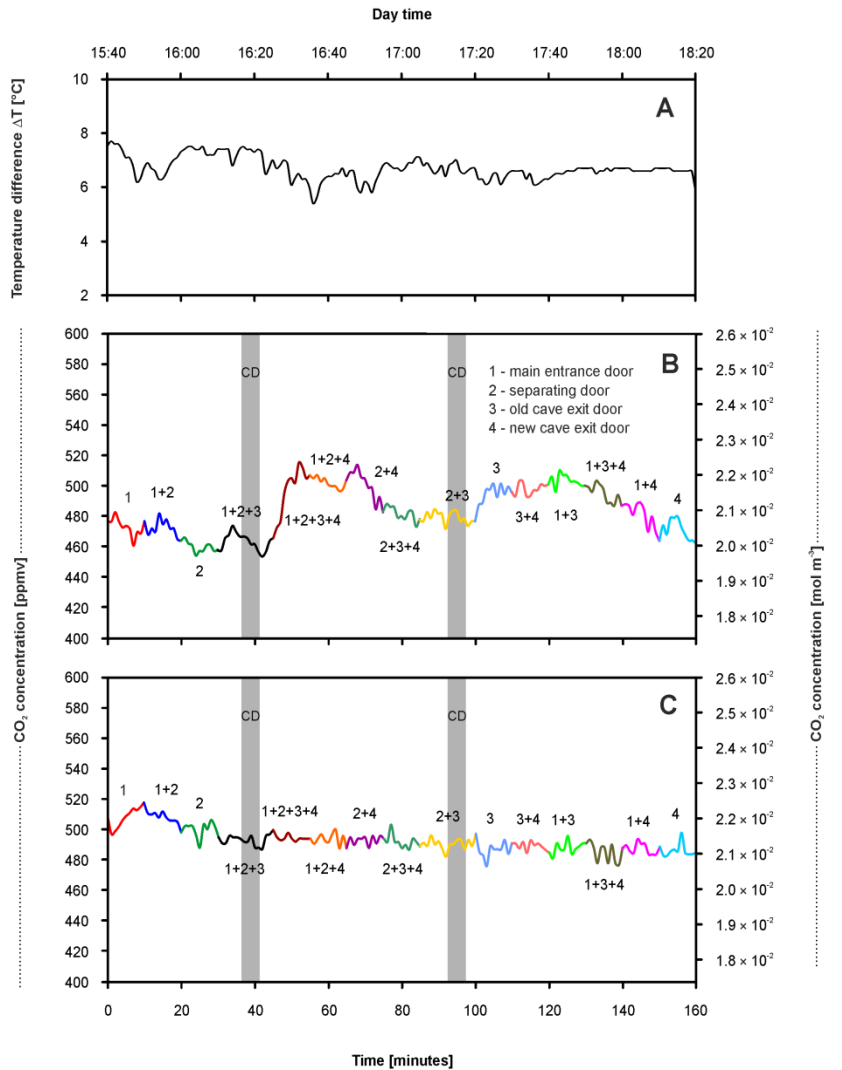
Data UAF mód



Data DAF mód

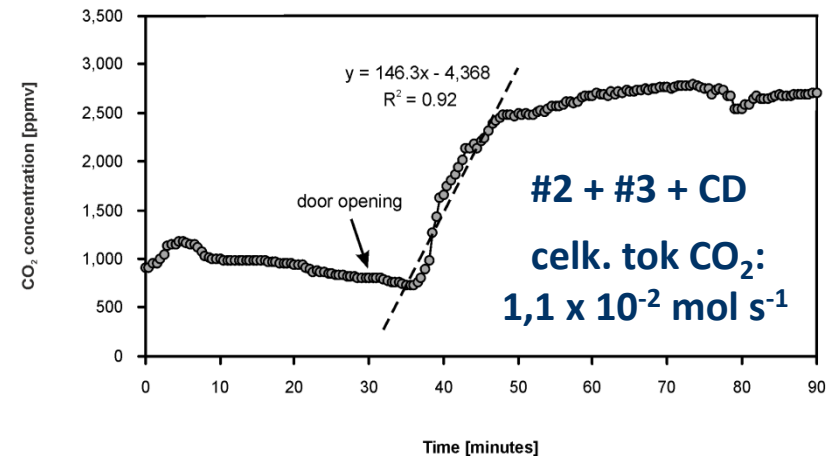


Ověřovací kampaně v DAF módu



Studie 3: toky CO₂

- vliv dveří #2 a #3: nárůst konc. CO₂ (efekt zesílený otevřením dveří CD)
- dveře #4 → pokles koncentrací CO₂ (suma proudění přes dveře #2 a #3)
- dif. tok CO₂ z epikrasu do V. dómu:
1,5 x 10⁻⁹ - 3,9 x 10⁻⁶ mol s⁻¹
- adv. tok CO₂ z Galerie do V. dómu:
1,7 x 10⁻³ - 2,0 x 10⁻² mol s⁻¹, t = 3,0 h
- adv. tok CO₂ z epikrasu do V. dómu:
3,6 x 10⁻³ - 5,9 x 10⁻² mol s⁻¹, t = 0,1 h



Door	Airflow direction	Volumetric airflow rate [m ³ s ⁻¹]
#1	into the cave	n.m.
#2	out of the chamber	(0.83-1.36) × 10 ⁻¹
#3	out of the cave	(0.10-1.99) × 10 ⁻¹
#4	out of the cave	(1.78-3.83) × 10 ⁻¹
CD	toward CC	n.m.

Studie 3: vliv ventilačních větví na koncentrace CO₂

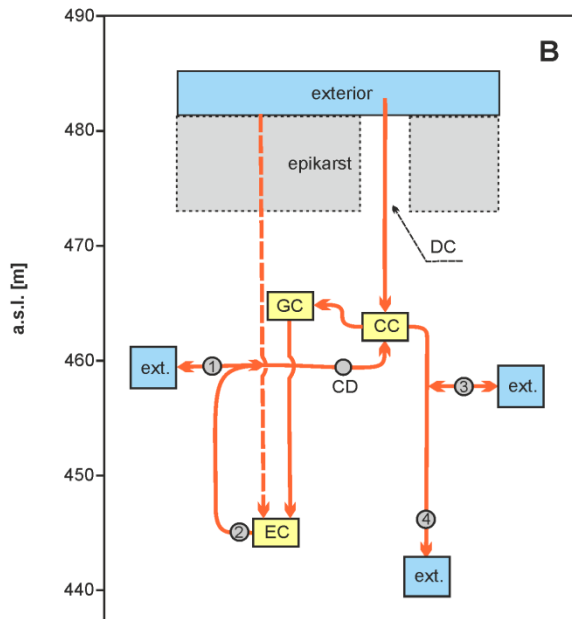
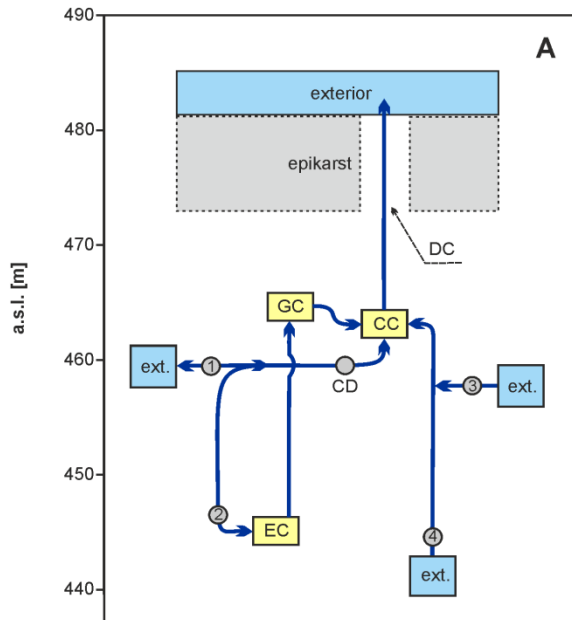
Tři hl. ventilační větve v jeskyni během UAF módu:

(1) #1 – CD (2) (ii) #2 – EC – GC (3) #3 – #4

- všechny ventilační větve z jeskyně obj. komínem
- pokles CO₂ ve Vstupním dómu = přínos venk. CO₂

V DAF módu kompletně odlišné v. větve v jeskyni:

- nárůst CO₂ ve Vstupním dómu = přínos CO₂ z EK
- nižší CO₂ na Galerii = vyšší proudění mezi Galerií, Vstupním dómem a obj. komínem přes dveře #2 (žádné ovlivnění Vst. dómu díky větší vzdálenosti)
- dveře #4 sumarizují proudění přes dveře #2 a #3



Studie 3: hlavní závěry

Na základě otevírání dveří byly rozlišeny různé v. větve pro UAF/DAF mód

- UAF mód: nárůst proudění vzduchu → zvýšené adv. toky CO_2 z jeskyně (uplatnění ve Vstupním dómu – přínos CO_2 ze vstupních pasáží jeskyně)
- DAF mód: otevření některých kombinací dveří = změna směru proudění a hlavního zdroje CO_2 → významný nárůst konc. CO_2 ve Vstupním dómu (nárůst dán transportem zvýšených koncentrací CO_2 adv. toky z epikrasu)

Krátkodobé změny ventilace mohou významně ovlivnit mikroklima jeskyně

- u frekventových zpřístupněných jeskyní opatření pro udržení podmínek
- automatické uzavírání dveří, harmonizace vstupů/odchodů návštěvníků