

# SNIŽOVÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV A KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

prof. Ing. Karel Kabele, CSc. a kol.

1

## Obsah prezentace

- Energetická náročnost budov
- Výzkum
  - Hodnocení kvality prostředí
  - Vliv způsobu vytápění na tepelný komfort
  - Vliv řízeného větrání na kvalitu prostředí v bytovém domě

Vybrané novinky v legislativě

# ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV 2018

(C) 2018 prof. Karel Kabele  
a kol.

3

Zákony, vyhlášky, směrnice

**Směrnice 2002/91/EC o energetické náročnosti budov (EPBD)**

**Směrnice 2010/31/EC (10.5.2010)** *připravuje se revize*



**Zákon 406/2000 Sb., o hospodaření energií**

**Zákon č. 318/2012 Sb.**

**(se změnami 310/2013 Sb., 103/2015 Sb., 131/2015 Sb.)**



**Prováděcí vyhlášky xxx/2012(2013) Sb.**

**Směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti**

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

4

## Prováděcí vyhlášky k Zákonu 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění č. 131/2015 Sb

- Vyhláška o energetické náročnosti budov 78/2013 Sb. (230/2015 Sb. platí od 1.12.2015 )
- Vyhláška o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie 194/2013 Sb.(1.8.2013)
- Vyhláška o kontrole klimatizačních systémů 193/2013 Sb. (1.1.2013)
- Vyhláška o energetickém auditu a posudku 480/2013 Sb. (1.1.2013)
- Vyhláška o energetických specialistech č.111/2013 Sb. (1.6.2013)
- Vyhláška o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie 441/2012 Sb. (1.1.2013)

Připravuje se revize

- TNI 73 0331 Energetická náročnost budov – typické hodnoty pro

Probíhá převod na ČSN

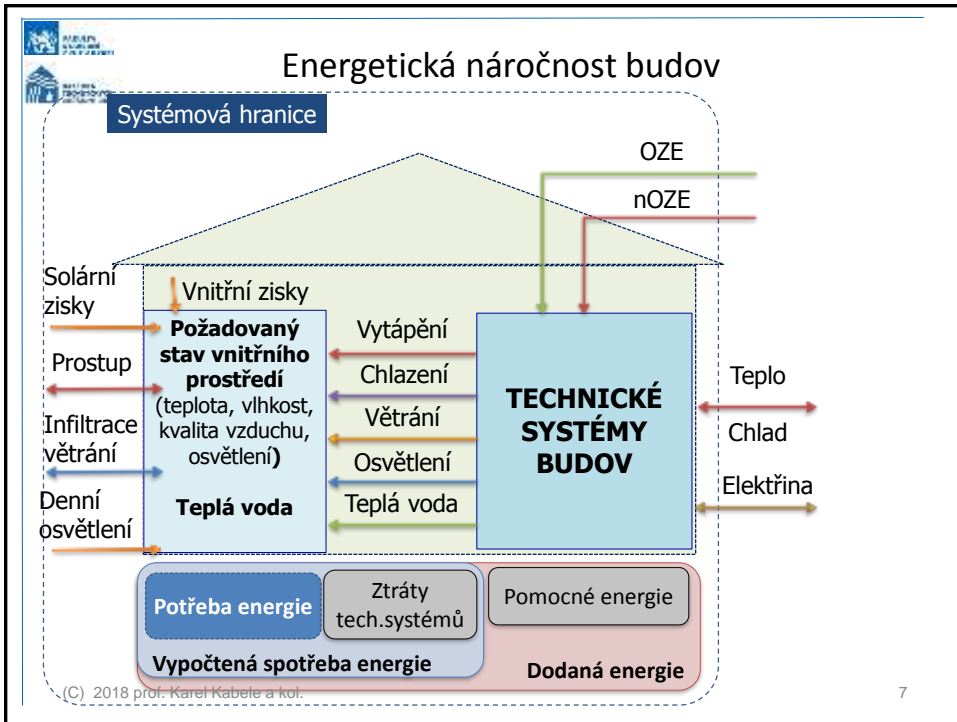
## Energetická náročnost budov



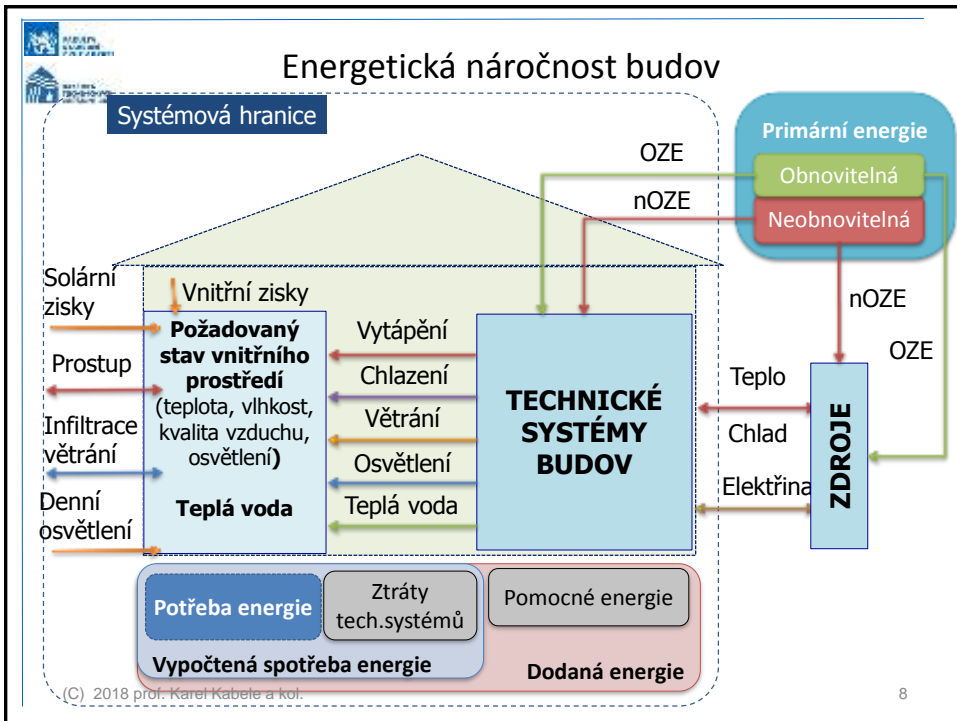
„energetickou náročností budovy se rozumí **vypočtené množství energie** nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na

- **vytápění,**
- **chlazení,**
- **větrání,**
- **úpravu vlhkosti vzduchu,**
- **přípravu teplé vody a**
- **osvětlení“**





7



8

## Směrnice EU

- **2010/31/EU o energetické náročnosti budov – změna v EP**
  - Orientace na stávající budovy
  - Náhrada inspekcí kotlů a vzduchotechnických zařízení monitoringem
  - Povinná infrastruktura pro elektromobilitu nad 10 parkovacích míst
  - zavedení „**ukazatele inteligence**“, který hodnotí připravenost budovy přizpůsobit svůj provoz potřebám uživatelů a sítě a zlepšit svoji energetickou náročnost
  - Definice TZB: „technickým systémem budovy“ je technické zařízení budovy nebo její ucelené části určené k vytápění prostor, chlazení prostor, větrání, ohřevu vody v domácnostech, vestavěnému osvětlení, automatizaci a řízení budov, výrobě elektrické energie na místě, **zajišťující v místě infrastrukturu pro elektromobilitu** nebo kombinace těchto systémů, včetně systémů, které využívají energii z obnovitelných zdrojů;“

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXV/?uri=CELEX:52016PC0765>

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

9

**Schválena EP 14.3.2018  
20 měsíců na transpozici**

## Co je to budova s téměř nulovou spotřebou energie?

Požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie (nZEB) jsou definovány:

- v zákonu **406/2000 Sb. o hospodaření energií** (aktuální úprava 103/2015 Sb., platí od 1.7.2015; 131/2015 Sb platí od 1.1.2016)

*...budovou s téměř nulovou spotřebou energie je budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž **spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů...***

- Ve vyhlášce **78/2013 o energetické náročnosti budov** (aktuální novela 230/2015 Sb. platí od 1.12.2015 )
  - *Snížení ENB : zpřísnění požadavku na obálku budovy*
  - *Využití OZE : zpřísnění požadavku na neobnovitelnou primární energii*

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

10

## Cesta k budově s téměř nulovou spotřebou energie - ČR



	>1500 m <sup>2</sup>	> 350 m <sup>2</sup>	< 350 m <sup>2</sup>
Budovy, jejímž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci nebo subjekt zřízený orgánem veřejné moci	Od 1.1.2016	Od 1.1. 2017	<b>Od 1.1 2018</b>
Ostatní	<b>Od 1.1 2018</b>	Od 1.1 2019	Od 1.1 2020

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

11

## Co na to zákony?

*.....Opatření k dalšímu snižování energetické náročnosti budov by měla brát v úvahu klimatické a místní podmínky i **mikroklima vnitřního prostředí** a efektivnost nákladů. Tato opatření by neměla být v rozporu s jinými požadavky týkajícími se budov, např. požadavky na přístupnost, bezpečnost a plánované využití budovy.....*

**SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov**

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

12

## EU 2016: Budovy a prostředí

### Jak se žije v domech s nízkou spotřebou energie?

„Aby se v evropském fondu budov zamezilo zhoršení kvality vnitřního ovzduší, komfortu a zdravotních podmínek mělo by dojít k postupnému zpřísnování minimálních požadavků na energetickou náročnost vyplývajících ze zavádění budov s téměř nulovou spotřebou energie v Evropě **spolu s odpovídajícími strategiemi zabývajícími se vnitřním prostředím.**“



<http://healthybuildingscience.com>

**ČVUT: Metodika hodnocení kvality prostředí v budovách**  
**TAČR CK Smart Regions**

DOPORUČENÍ KOMISE (EU) 2016/1318 ze dne 29. července 2016 o pokynech na podporu budov s téměř nulovou spotřebou energie a osvědčených postupů k zajištění, aby do roku 2020 byly všechny nové budovy budovami s téměř nulovou spotřebou energie

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

13

## Vnitřní prostředí budov

### Složky vnitřního prostředí

- **Tepelně-vlhkostní**
- **Kvalita vzduchu**
  - plyny
  - aerosoly
  - mikroorganismy
- **Akustika**
- **Světelná**
- **Elektro -statická, -iontová, -magnetická, ionizující a radiační pole**
- **Psychický komfort** (barvy, povrchy, architektura...)



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

14

## Energetická náročnost budov



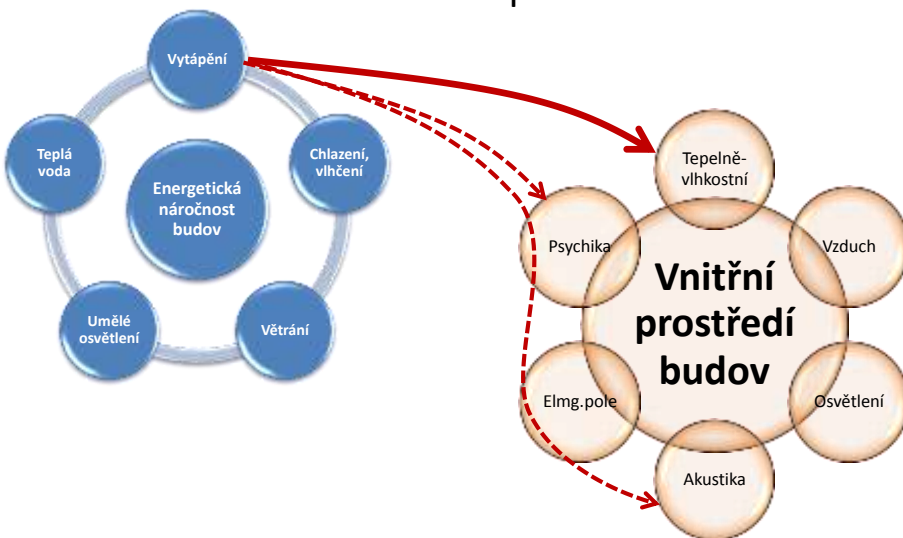
„energetickou náročností budovy se rozumí **vypočtené množství energie** nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na

- **vytápění,**
- **chlazení,**
- **větrání,**
- **úpravu vlhkosti vzduchu,**
- **přípravu teplé vody a**
- **osvětlení“**

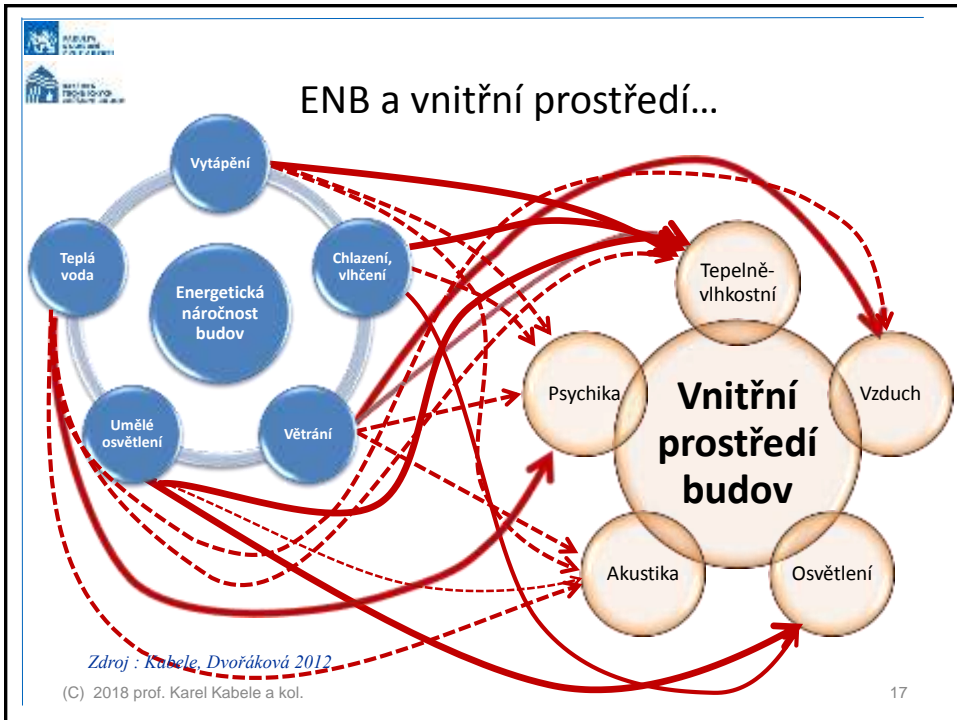
Zdroj: Zákon 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve znění 103/2015 Sb.



## ENB a vnitřní prostředí...







# HODNOCENÍ KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

19

## METODIKA HODNOCENÍ KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ



- ČVUT FSV Katedra TZB v rámci projektu Centrum kompetence Smart Regions
- dobrovolný nástroj: **vyjádření kvality vnitřního prostředí** v objektech s nízkou potřebou energie potažmo **v budovách s téměř nulovou spotřebou energie**.



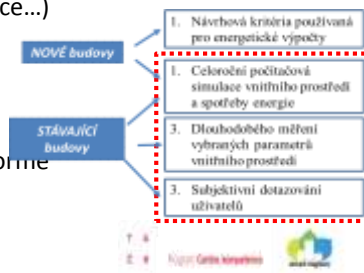
- Cílem :  
vztažení míry **ENERGETICKÝCH ÚSPOR K DOSAŽENÉMU KOMFORTU V BUDOVÁCH**, které splňují všechny normativní požadavky.

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

20

## Metodika hodnocení vnitřního prostředí

- **Proč?**
  - Závazné požadavky hygieny řeší především zdravotní rizika a nikoliv kvalitu
- **Cíl:**
  - kvantifikace kvality prostředí v budovách
- **Nástroje**
  - monitorování /simulace fyzikálních veličin (teplota, vlhkost, CO<sub>2</sub>, VOC, prachové částice...)
  - Dotazníkové průzkumy
- **Výstup:**
  - Identifikace problémových míst
  - Informace o stavu prostředí v budově ve formě dokumentu



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

## DOTAZNÍKOVÝ PRŮZKUM

**Projekt EU QUANTUM - usiluje o snížení rozdílu mezi předpokládaným a reálným chováním použitím promyšleného systému řízení kvality (QMS) pro budovy s podporou tří nástrojů:**

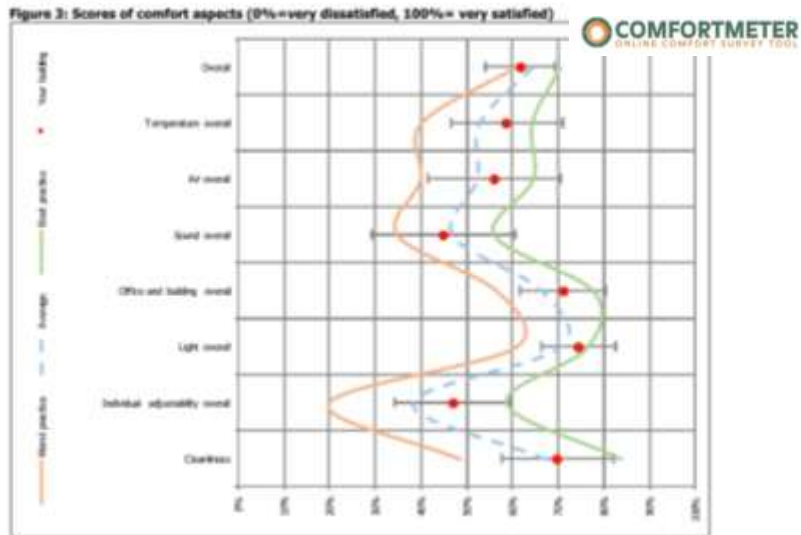
- **Energie Navigator** (SYNA, Germany): Nástroj pro vyhodnocení provozních dat inteligentních budov
- **HPS/NG9** (Energy Team, Italy): Efektivní a jednoduše aplikovatelná měřicí zařízení s online analýzou dat
- **Comfortmeter** (F4, Belgium): První kompletně online dotazník na vnímanou kvalitu prostředí



NG-9 Next Generation  
Karel Kabele a kol.



# PROJEKT QUANTUM - HORIZON 2020



## Hodnocení naměřených/ simulovaných fyzikálních veličin

### Specifikace dat

- Referenční místnost
- Monitorovací období
- Časový krok
- „Data cleaning“



## Hodnocení kvality

- Kategorie vnitřního prostředí ČSN EN 15251

KATEGORIE	Popis vhodného použití kategorií
I	Vysoká úroveň očekávání; prostory s velmi citlivými osobami s křehkým zdravím, se zvláštními požadavky
II	Běžná úroveň očekávání - pro nové budovy a rekonstrukce
III	Přijatelné, střední úroveň očekávání - pro stávající budovy
IV	Hodnoty mimo kritéria pro výše uvedené kategorie – přípustné pouze pro omezenou část roku

- Požadavky

Kategorie	teplota vzduchu			Rel. vlhkost vzduchu	CO2
	letní období	přechodné období	otopné období		
I	24 - 25 °C	21 - 23 °C	20 - 22 °C	45 - 55 %	0 - 750 ppm
II	23 - 26 °C	20 - 24 °C	19 - 23 °C	35 - 65 %	750 - 900 ppm
III	22 - 27 °C	19 - 25 °C	18 - 24 °C	30 - 70 %	900 - 1300 ppm
IV	ostatní	ostatní	ostatní	ostatní	> 1300 ppm

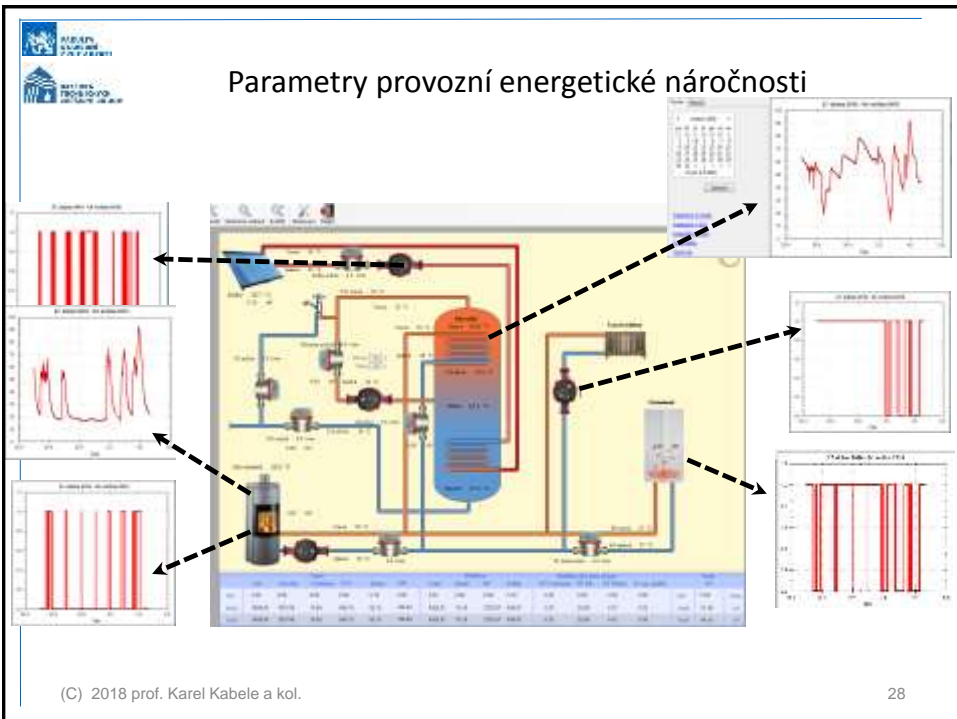
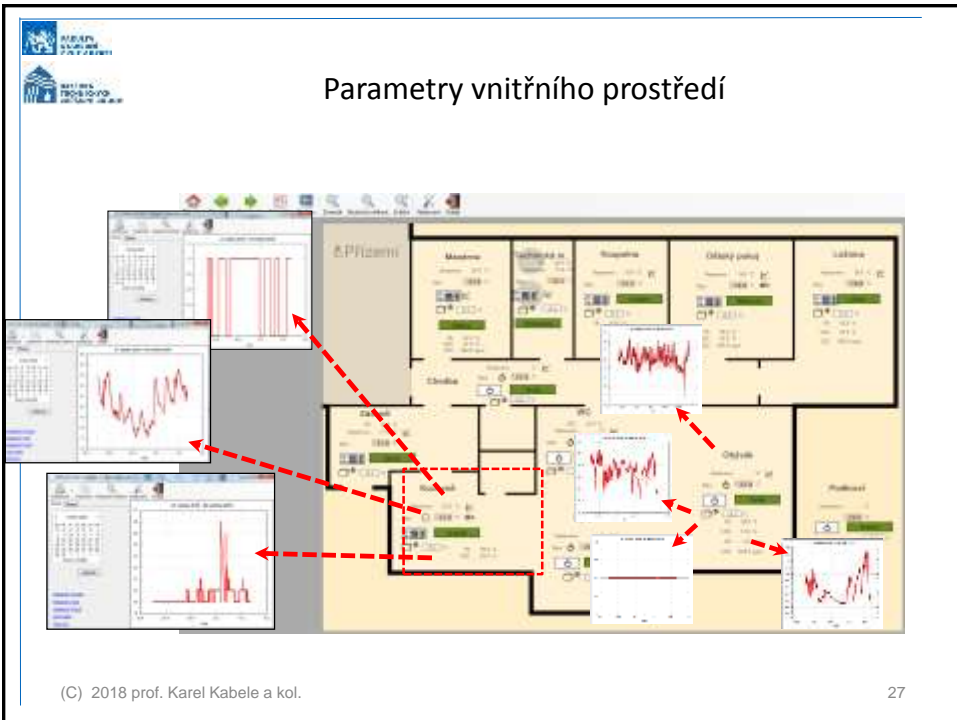
(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

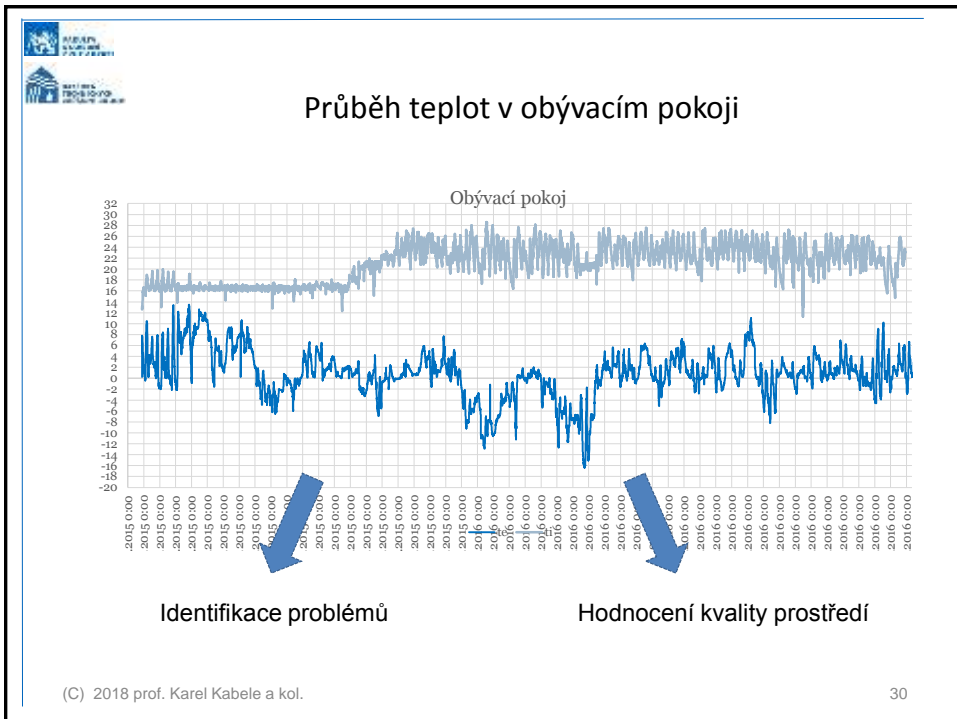
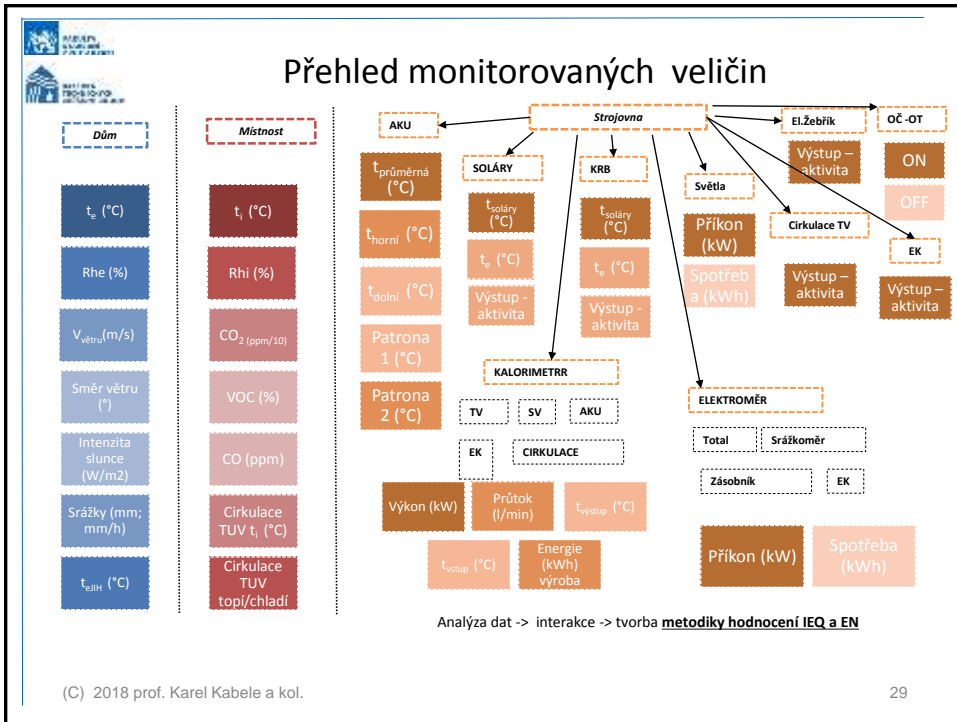
## RD Rýmařov – instalace měření a monitoring rodinného domu (sběr dat)



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

26





## Identifikace problémů - teplota vzduchu – obývací pokoj

		Temperature											
		<17 °C	17-18 °C	18-19 °C	19-20 °C	20-21 °C	21-22 °C	22-23 °C	23-24 °C	24-25 °C	25-26 °C	27-28 °C	>28 °C
		0%	0%	0%	0%	12%	28%	27%	13%	9%	7%	3%	0%
September 2016		<17 °C	17-18 °C	18-19 °C	19-20 °C	20-21 °C	21-22 °C	22-23 °C	23-24 °C	24-25 °C	25-26 °C	27-28 °C	>28 °C
0-2h						16%	21%	32%	19%	12%			
2-4h						9%	39%	33%	11%	8%			
4-6h						13%	39%	34%	8%	6%			
6-8h						25%	28%	34%	8%		3%		
8-10h						26%	36%	25%	9%	3%			
10-12h						9%	41%	25%	17%	9%			
12-14h						6%	27%	31%	22%	13%	1%		
14-16h						6%	21%	29%	20%	13%	11%		
16-18h						11%	13%	29%	13%	9%	19%	7%	
18-20h						7%	23%	23%	4%	10%	13%	20%	
20-22h						11%	25%	15%	11%	11%	18%	11%	
22-24h						9%	26%	15%	17%	18%	13%		

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

31

## Hodnocení kvality

- Kategorie vnitřního prostředí ČSN EN 15251

KATEGORIE	Popis vhodného použití kategorií
I	Vysoká úroveň očekávání; prostory s velmi citlivými osobami s křehkým zdravím, se zvláštními požadavky
II	Běžná úroveň očekávání - pro nové budovy a rekonstrukce
III	Příjemné, střední úroveň očekávání - pro stávající budovy
IV	Hodnoty mimo kritéria pro výše uvedené kategorie – přípustné pouze pro omezenou část roku

- Požadavky

Kategorie	teplota vzduchu			Rel. vlhkost vzduchu	CO2
	letní období	přechodné období	otopné období		
I	24 - 25 °C	21 - 23 °C	20 - 22 °C	45 - 55 %	0 - 750 ppm
II	23 - 26 °C	20 - 24 °C	19 - 23 °C	35 - 65 %	750 - 900 ppm
III	22 - 27 °C	19 - 25 °C	18 - 24 °C	30 - 70 %	900 - 1300 ppm
IV	ostatní	ostatní	ostatní	ostatní	> 1300 ppm

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.



## Hodnocení dle ČSN EN 15251 x dotazník



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

33

## SUBJEKTIVNÍ VNÍMÁNÍ TEPELNÉ POHODY PŘI RŮZNÝCH ZPŮSOBECH VYTÁPĚNÍ

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

34

## Tepelný komfort a vytápění

- Praxe návrhu vytápěcích zařízení vychází převážně z poznatků a zkušeností, získaných v minulém století.
- Od té doby se změnila požadavky na **obálku budovy**, od teplovodních soustav se přešlo na **nízkoteplotní**, budovy se **utěsnily** a vybavují se větracími systémy se zpětným získáváním tepla a instalované **výkony** vytápěcího zařízení se výrazně snížily, v některých případech vytápěcí zařízení není během teplejší zimy vůbec využito.
- Platí tak používané axiomy i v moderních budovách s nízkou spotřebou energie? Je pravda, že při podlahovém vytápění potřebujeme nižší teplotu vzduchu? Musí být stále otopné těleso pod oknem?
- Výzkumný projekt smluvního výzkumu pro firmu FENIX s.r.o v laboratořích UCEEBu 2015-2017 se pokusil na některé tyto otázky odpovědět

## Varianty umístění otopných ploch v experimentální kabině



Konvektor



Stropní sálavé vytápění

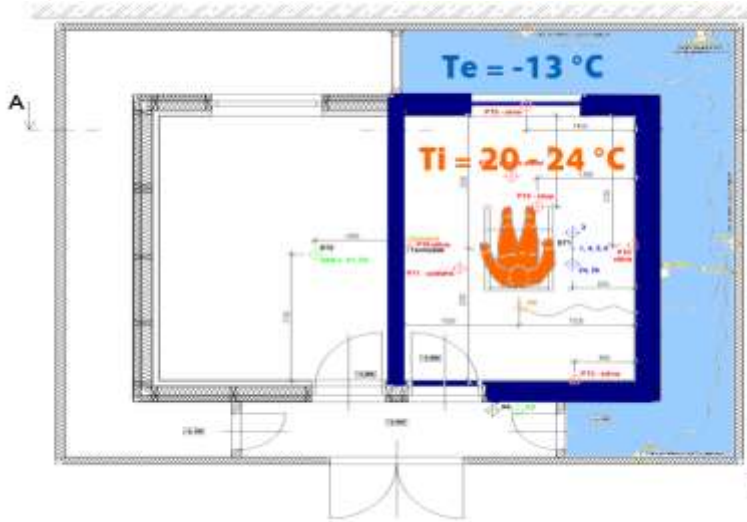


Keramický panel



Podlahové vytápění

## Experimentální prostor – klimatická kabina



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

38

## Metoda

Analýza měření provedených na termálním manekýnovi (TM) – vnímání tepelného komfortu jednotlivými částmi těla

- Nastavení TM: 70 W citelného tepla; 1,3 clo; bez dýchání.

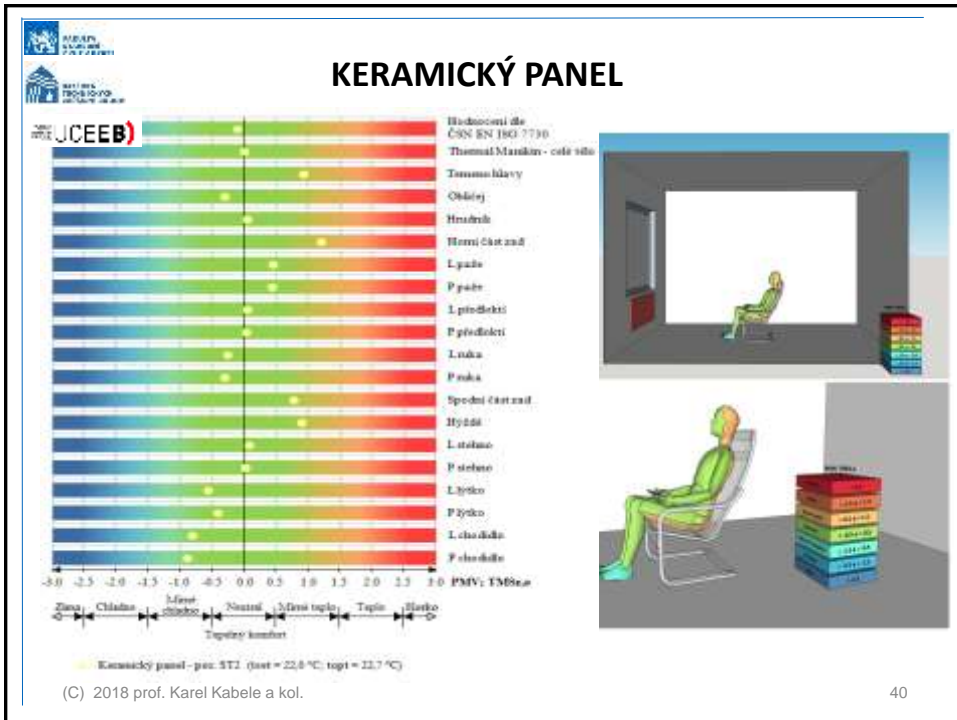


TM Newton: 32 termálních zón, dýchání, pohyb hlavy

Vyhodnocení metodou TMS - přepočítání tepelné bilance zóny na stupnici PMV

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

39





40

## Jak vystihuje informace z TM skutečný pocit člověka?

**Experiment na skupině 24 osob**

- 12 situací, každá hodnocena 24 subjekty ve 3 časech = 288 testů / 864 měření
- Teploty, vlhkosti, CO<sub>2</sub>, Rh,
- Tep, aktivita, povrchové teploty těla
- Dotazník

Nastavení termostatu	T-	Topt	T+
<b>konvektor</b>	20	22.5	24
<b>podlaha</b>	20	22	24
<b>keramický panel</b>	20	22	24
<b>strop</b>	20	22.5	24

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

41

## DOTAZNÍK

Tento dotazník slouží jako podklad pro výzkum v oblasti tepelného prostředí v učelnách. Jeho cílem je zjistit, jaké podmínky jsou v učelnách a jak je lidé vnímají. Výsledky budou sloužit jako podklad pro návrh opatření ke zlepšení prostředí v učelnách.

Tento dotazník obsahuje otázky týkající se fyzických a psychologických aspektů prostředí v učelnách. Všechny údaje budou zpracovány anonymně a slouží pouze pro výzkumné účely.

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.
42

## Stanovení okrajových podmínek

$T_{opt}$  je stanovena pro pozici člověka; teplota vzduchu v místě termostatu je o cca 0,5 K vyšší. Termostat lze nastavit v kroku 0,5 K, proto bylo zvoleno zaokrouhlení na nejbližší hodnotu.

$$T_{set, opt} \doteq T_{opt} - \Delta T$$

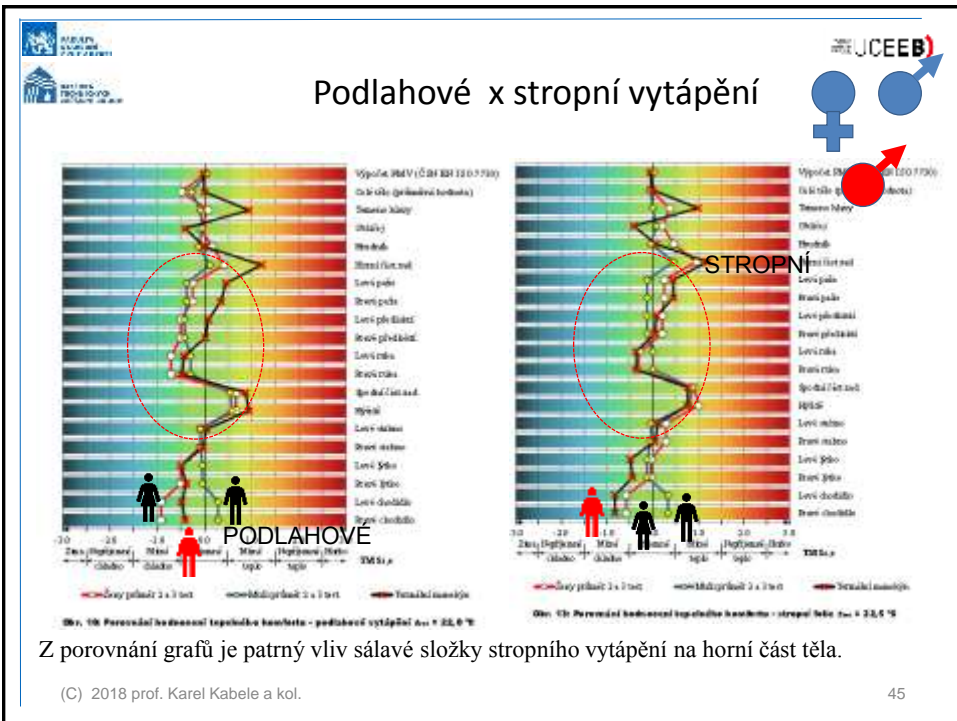
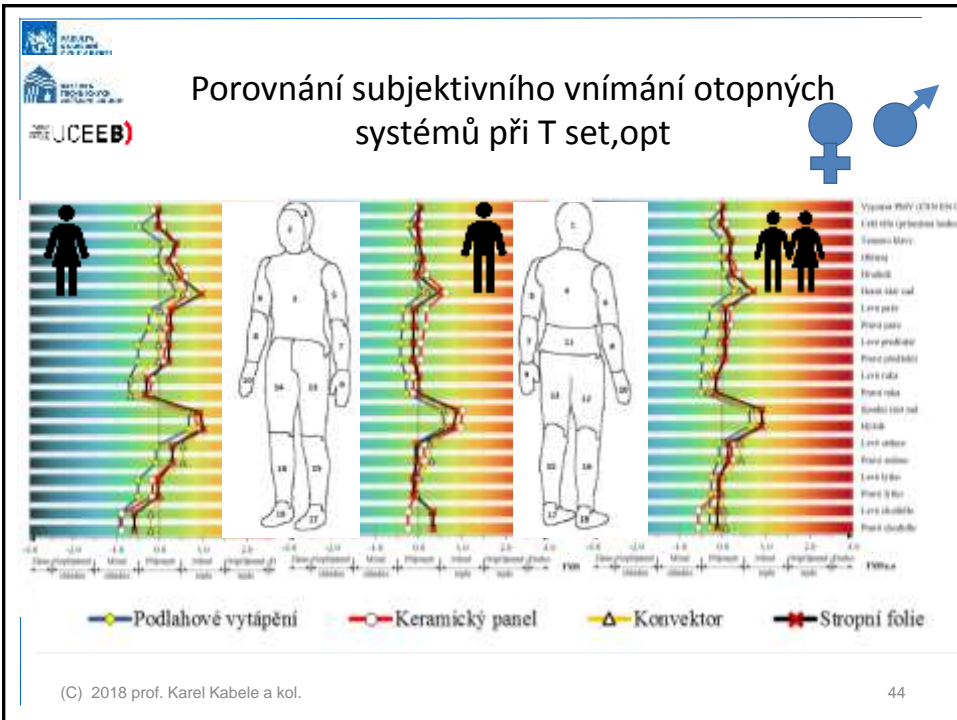
$$\Delta T = 0,5$$

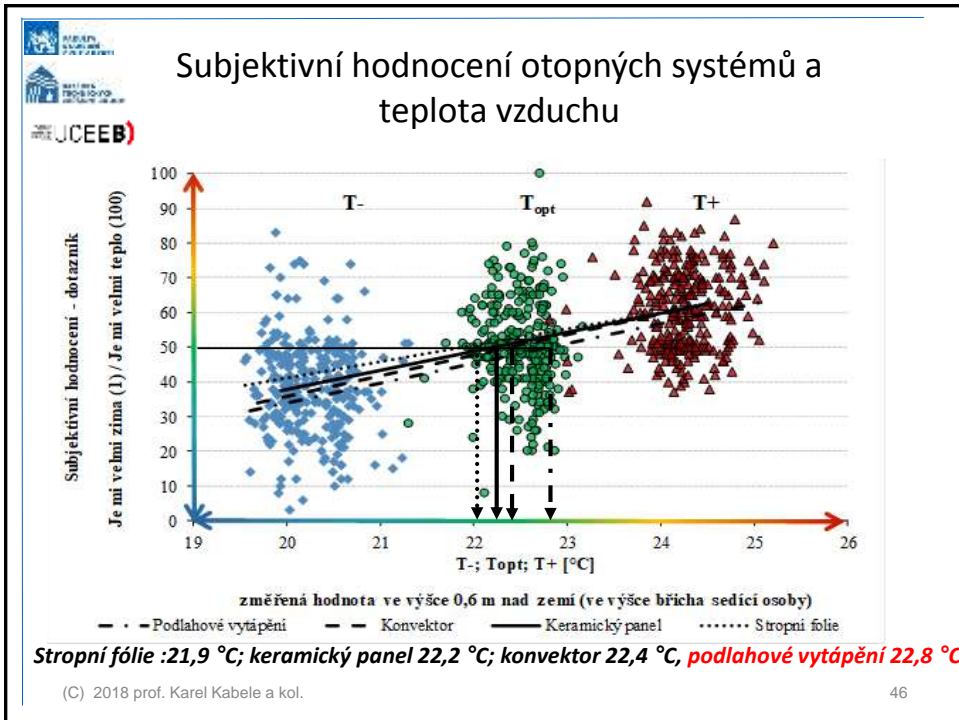
*Např. pro konvektor 23,22 - 0,5 = 22,72  $\doteq$  22,5 [°C]*


	$T_{opt}$	$T_{set, opt}$	Kontrolní měření $T_i$ , prům. Félix (P3, h=1.1 m)
Konvektor ECOFLEX	23.22 °C	22.5 °C	23.24 °C
Keramický panel MR	22.72 °C	22.0 °C	22.50 °C
Podlahové vytápění ECOFILM	22.65 °C	22.0 °C	22.55 °C
Stropní folie ECOFILM	23.18 °C	22.5 °C	22.72 °C

Značení veličin:  
 $T_{opt}$  – optimální teplota vzduchu v místě pobytu člověka  
 $T_{set}$  – teplota vzduchu v místě osazení prostorového termostatu.

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.
43



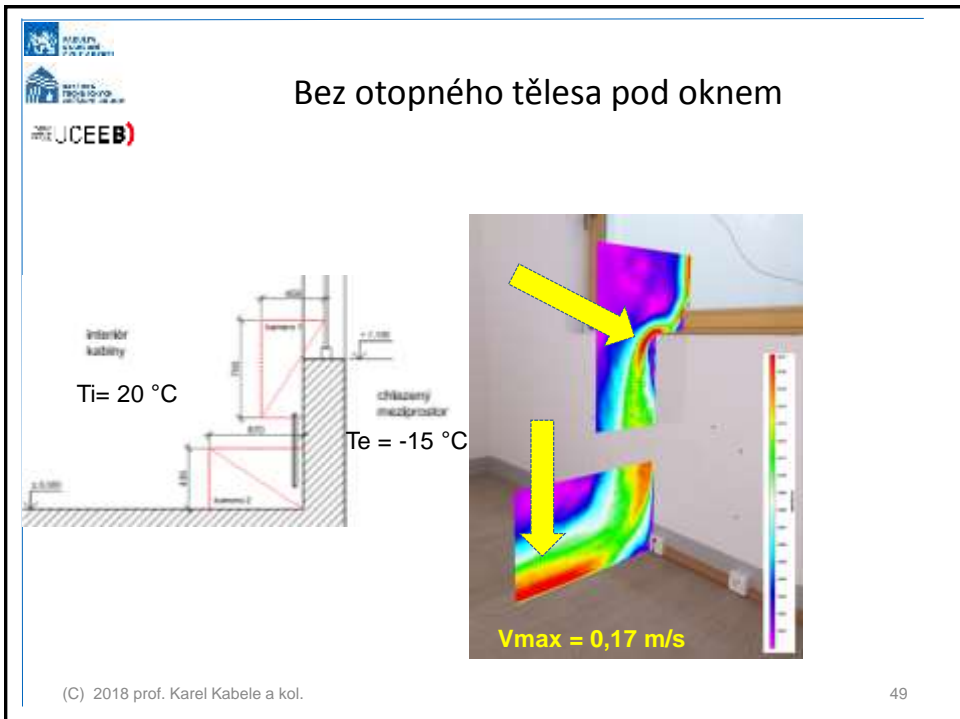
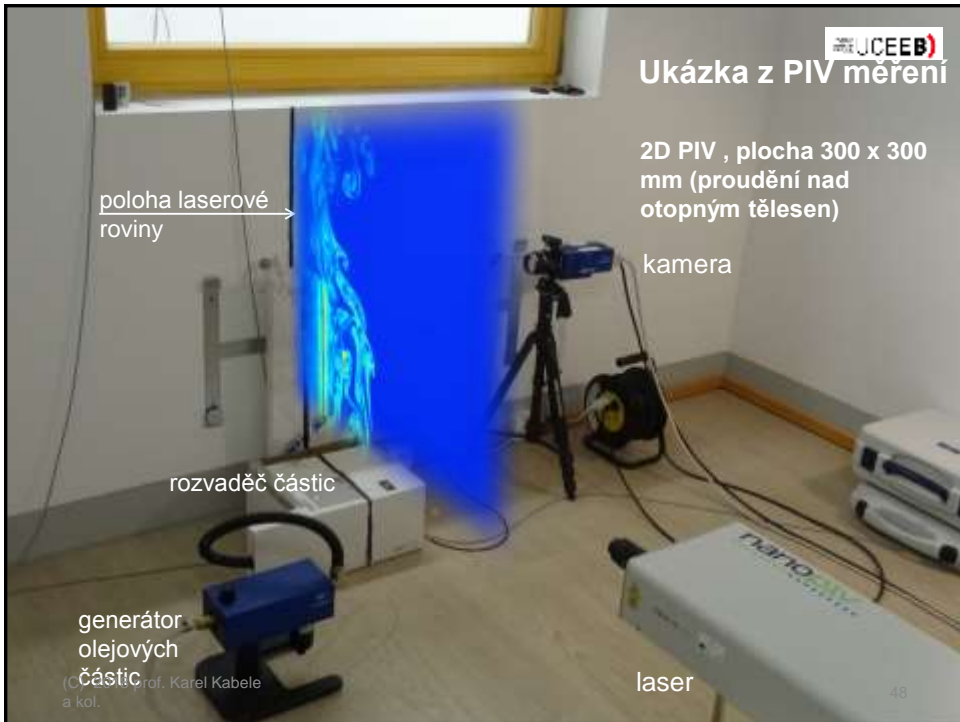




Otázky, které se objevují...

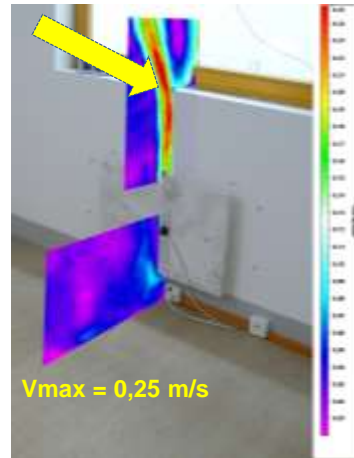
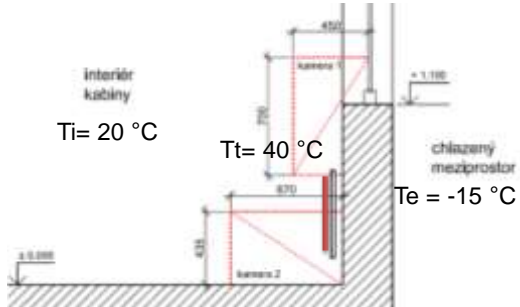
**MUSÍ BÝT V NZEB OTOPNÉ TĚLESO  
POD OKNEM?**

(C) 2018 prof. Karel Kabele  
 a kol. 47



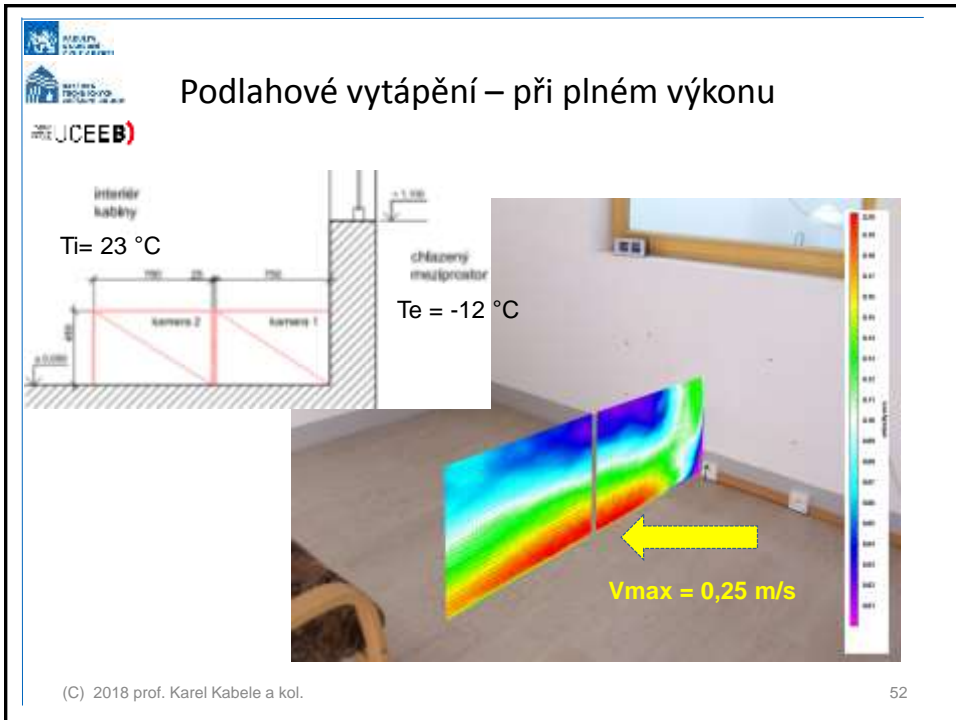


## S otopným tělesem pod oknem



Otázky, které se objevují...

## VÍŘÍ PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ PRACH?



Otázky, které se objevují...

## JAK JE TO S VÝMĚNOU VZDUCHU V BYTĚ S ŘÍZENÝM VĚTRÁNÍM?

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

54

### Byt s řízeným větráním

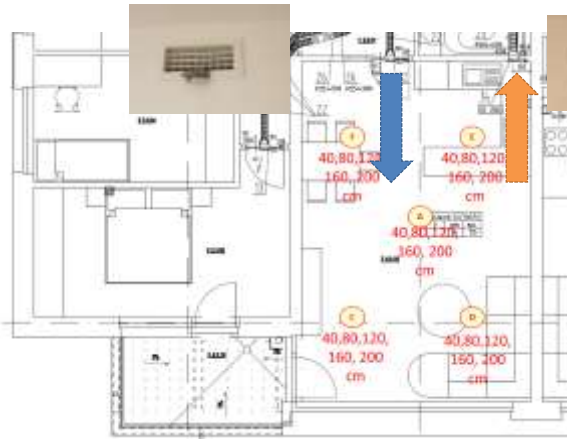
- Bytový dům 6 podlaží 36 BJ
- Centrální vzduchotechnika, rekuperace s místním dohřevem
  - Připojení přes regulační box do každého bytu
  - Přívody do obytných místností
  - Odtahy v kuchyni, WC a koupelně
  - Řízení jednotlivých místností podle časového rozvrhu, vlhkosti a CO<sub>2</sub>



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 55

## Analýza proudění vzduchu a intenzity větrání v bytovém objektu s nuceným centrálním větráním



Přivodní a odváděcí  
vyústka na stejné,  
vnitřní stěně obývacího  
pokoj

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 56

## Intenzita větrání

- Obývací pokoj
  - Fotoakustický analyzátor plynu Innova 1412, SF<sub>6</sub>/CO<sub>2</sub> značkovací plyn
  - AirDistSys 5000



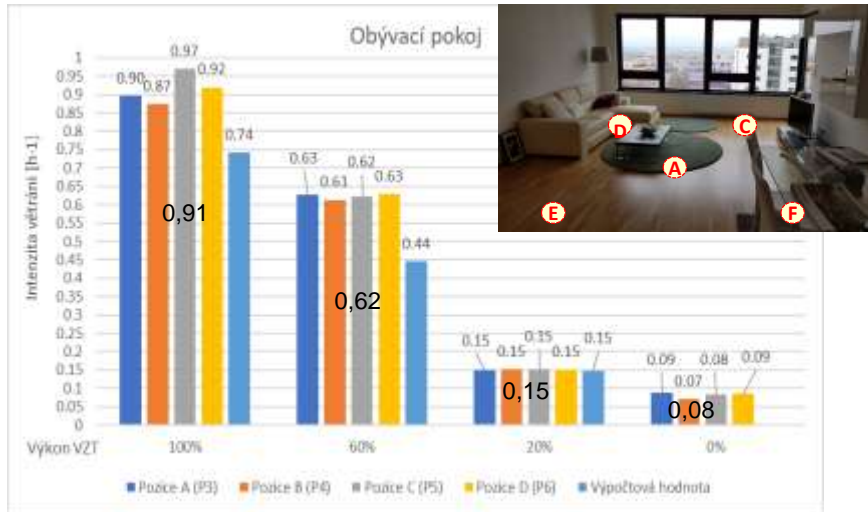
Výpočtové hodnoty		
%	n	m3/hod
100%	1.31	70
50%	0.65	35
20%	0.26	14



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 57

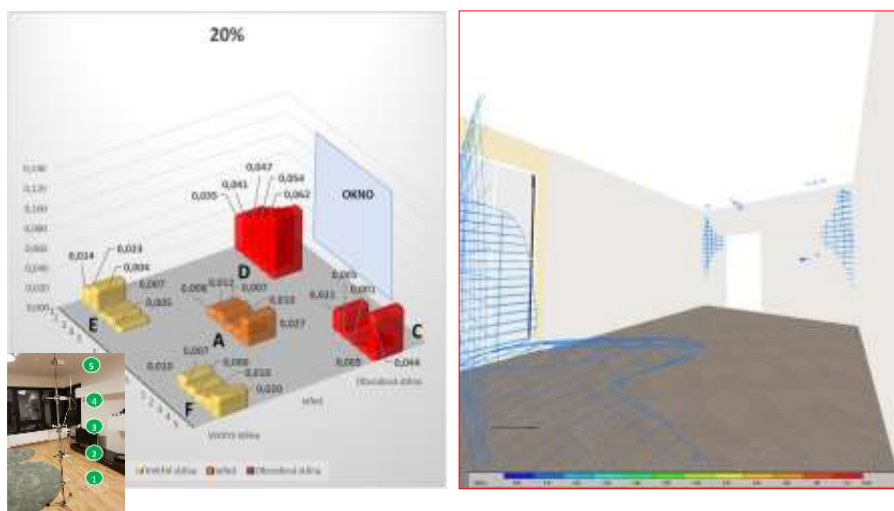
## Intenzita větrání obývací pokoj



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 58

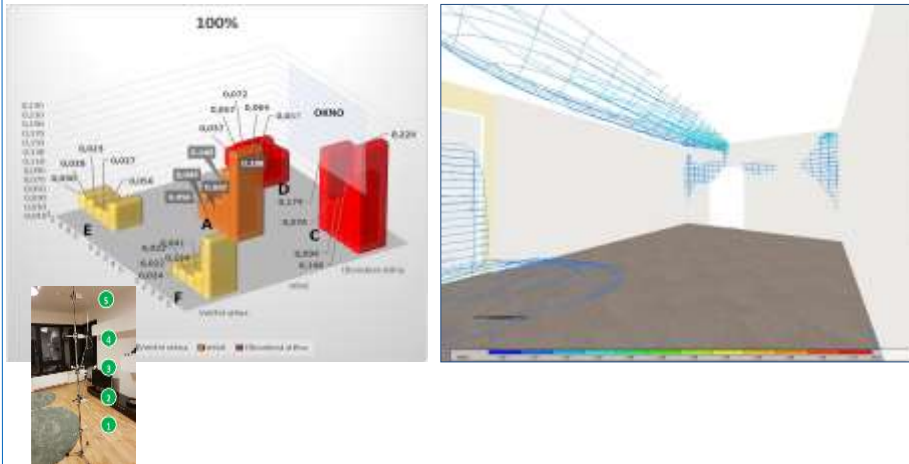
## Měření/CFD – pokoj – 20 %



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 59

## Měření/CFD – pokoj – 100 %



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 60

## Závěry

- VZT zařízení zajistí potřebnou výměnu vzduchu – koncentrace značkovacího plynu klesá rovnoměrně ve všech měřených bodech prostoru
- Rychlost proudění vzduchu mimo přímý dosah proudu přiváděného vzduchu je srovnatelná se stavem při vypnuté VZT

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 61

Otázky, které se objevují...

## **PROBLÉMY S KVALITOU VZDUCHU V BYTĚ S ŘÍZENÝM VĚTRÁNÍM - PRAŠNOST**

(C) 2018 prof. Karel Kabele  
a kol.

62

### Byt s řízeným větráním

Problém: extrémní prašnost



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 63

## Byt s řízeným větráním

Problém: extrémní prašnost

Potvrzeno měřením PM2,5; PM5; PM 10

Podezření uživatelů:

„Prach se určitě šíří ze vzduchotechniky“



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.



Projekt ČVUT/ATREA/JRD 64

## Byt s řízeným větráním

Problém: extrémní prašnost

Potvrzeno měřením....

Podezření uživatelů:

„Prach se určitě šíří ze vzduchotechniky“

**Kontrola kvality přiváděného vzduchu  
a filtrů... vše OK**



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 65



## Byt s řízeným větráním

Problém: extrémní prašnost

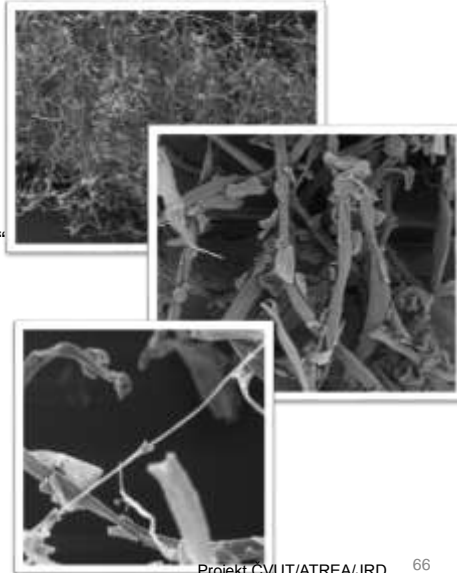
Potvrzeno měřením....

Podezření uživatelů:

„Prach se určitě šíří ze vzduchotechniky“

Kontrola kvality přiváděného vzduchu a filtrů... vše OK

**Rozbor prachu elektronovou mikroskopií s rentgenovou analýzou**



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 66

## Byt s řízeným větráním

Problém: extrémní prašnost

Potvrzeno měřením....

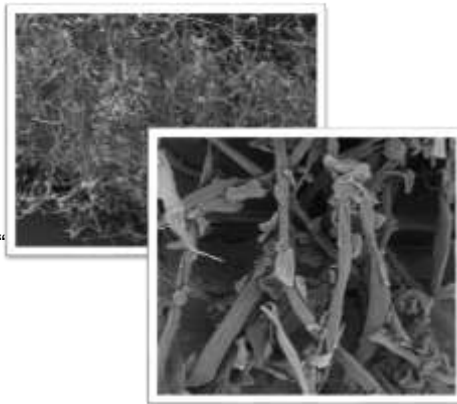
Podezření uživatelů:

„Prach se určitě šíří ze vzduchotechniky“

Kontrola kvality přiváděného vzduchu a filtrů... vše OK

**Rozbor prachu elektronovou mikroskopií s rentgenovou analýzou**

*Dominantní části vzorku prachu jsou vláknité struktury, které podle infračervené analýzy patří **textilnímu vláknu v kombinaci bavlna-elastan (Cotton-Elastane)** v poměru cca 92:8 hmot.%. Pochází z oblečení, povlečení atd., méně pravděpodobně z koberců.*



(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 67

## Byt s řízeným větráním

Problém: extrémní prašnost

Potvrzeno měřením....

Podezření uživatelů:

„Prach se určitě šíří ze vzduchotechniky“

Kontrola kvality přiváděného vzduchu a filtrů... vše OK

Rozbor prachu elektronovou mikroskopií s rentgenovou analýzou



### ***A nalezení „viníka“.... Nevyčištěný filtr sušičky***

(C) 2018 prof. Karel Kabele a kol.

Projekt ČVUT/ATREA/JRD 68

***Budovy nestavíme proto, aby šetřily energii, ale proto, abychom v nich mohli žít ve zdravém a kvalitním prostředí.***

Děkuji za pozornost

Karel Kabele  
kabele@fsv.cvut.cz