

IX. sympozium GREEN WAY



**ENERGETICKÁ NÁROČNOSŤ A
VNÚTORNÉ PROSTREDIE BUDOV**

VYPRACOVAL:

ING.. IMRICH SÁNKA

SLOVENSKÝ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

STAVEBNÁ FAKULTA

KATEDRA TECHNICKÝCH ZARIADENÍ BUDOV

Úvod a ciele práce

Úvod:

- Väčšina bytových domov bola postavená v období 1948-1990 s najvyššou intenzitou bytovej výstavby v rokoch 1971-1980
- Ľudia strávia viac než **80%** zo svojho času v interiéroch
- Budovy by mali spĺňať nielen požiadavky energetickej efektívnosti, ale aj kritéria kladené na zdravé a príjemné prostredie

Ciele:

- Hodnotiť dopad energeticky úsporných opatrení na kvalitu vnútorného prostredia a komfort obyvateľov v BD **pred**
a po komplexnej obnove

Handwritten mathematical derivations for the maximum likelihood estimation of the mean of a normal distribution:

$$\frac{\partial}{\partial \mu} \ln(L(\mu)) = \frac{\partial}{\partial \mu} \left(-\frac{n}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right) = 0$$
$$\frac{\partial}{\partial \mu} \left(-\frac{n}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right) = -\frac{n}{2\sigma^2} \cdot 2 \sum_{i=1}^n (x_i - \mu) = 0$$
$$\sum_{i=1}^n (x_i - \mu) = 0$$
$$\sum_{i=1}^n x_i - n\mu = 0$$
$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Charakteristika bytového domu

Údaje o vybranom objekte:

- Lokalita: Šamorín (25 km od Bratislavy)
- Dátum kolaudácie: 1964
- Vykurovanie: CZT
vykurovacie telesá, teplotný spád 80/65°C
- Vetrание: prirodzené
odsávanie len v hygienických miestnostiach



*Posudzovaný bytový dom
v pôvodnom stave a po obnove*



*Pohľad na stúpacie potrubia a vetranie
kúpeľne vo vybranom bytovom dome*

Energetická náročnosť BD

Energeticky úsporné opatrenia

- Zateplenie obvodového plášťa KZS EPS 80 mm
- Zateplenie strešnej konštrukcie KZS Min. vlna 120 mm
- Zateplenie podlahy nad suterénom KZS EPS 80 mm
- Výmena transparentných konštrukcií na 5 komorové izolačné dvojsklo
- Výmena ležatých a stúpacích rozvodov VYKa ZTI
- Výmena izolácie na potrubných rozvodoch na PE hr. 20 mm
- Inštalovanie regulačných armatúr
- Hydraulické vyregulovanie vykurovacej sústavy

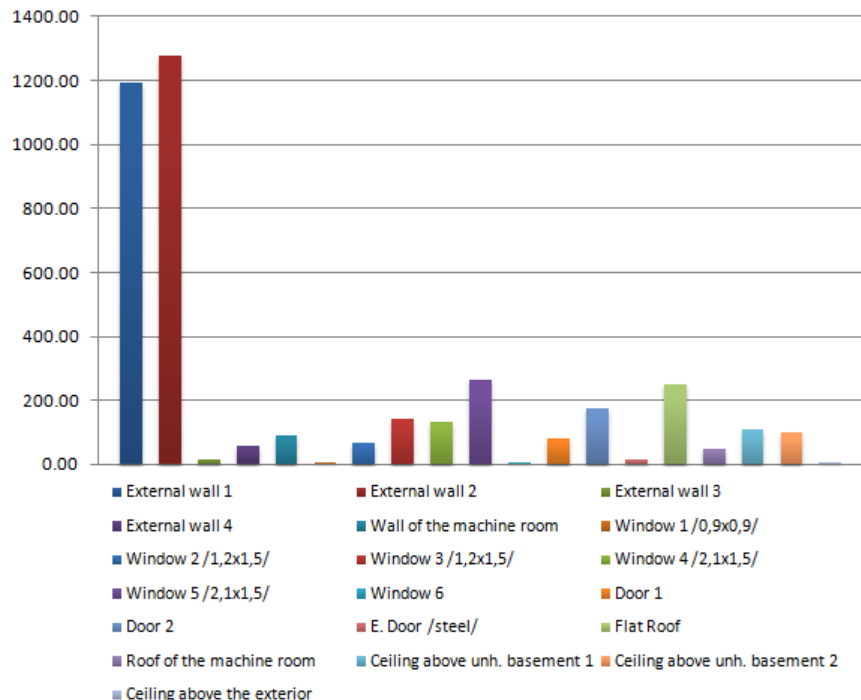
	Plocha (m ²)	U _{pr} (W/(m ² ·K))	U _{pr} (W/(m ² ·K))	Plocha (m ²)	U _{pr} (W/(m ² ·K))	U _{pr} (W/(m ² ·K))	Usporenie súčiniteľa prechodu tepla konštrukcie
Obvodová stena	770,05	1,6	0,36	1760,85	1,49	0,35	76,50%
Stitová stena	750,98	1,59	0,36				
Parapetné stena	131,84	0,44	0,23				
Stena strojovne výťahov	54,02	1,69	0,38				
Plocha strecha	313,8	0,8	0,23	328,77	1,23	0,23	81,30%
Strecha	313,8	0,8	0,23	328,77	1,23	0,23	81,30%
Strop nad suterénom	338,77	0,88	0,33	338,77	0,88	0,34	61,40%
Transparentné konštrukcie	569,43	1,56	1,3	569,43	1,56	1,3	16,70%
				3013,82	1,439	0,544	



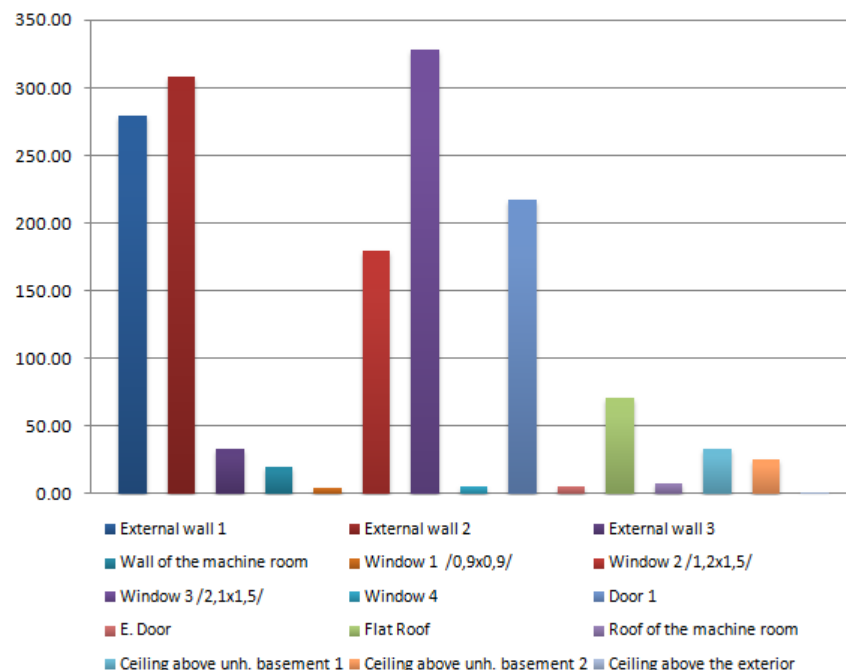
Energetická náročnosť BD

Tepelná strata stavebných konštrukcií

Pred obnovou



Po obnove



- Tepelné straty
- Potreba tepla
- Potreba energie na vykurovanie
- Potreba energie na prípravu TV

Signifikantný rozdiel:

Bez zmeny:

Vonkajšia stena
Strecha
Podlaha nad sut.
Vn. tepelné zisky
Solárne zisky

Úspora
54 %

Metodológia hodnotenia

Objektívne hodnotenie:

Metodika meraní z hľadiska veličín

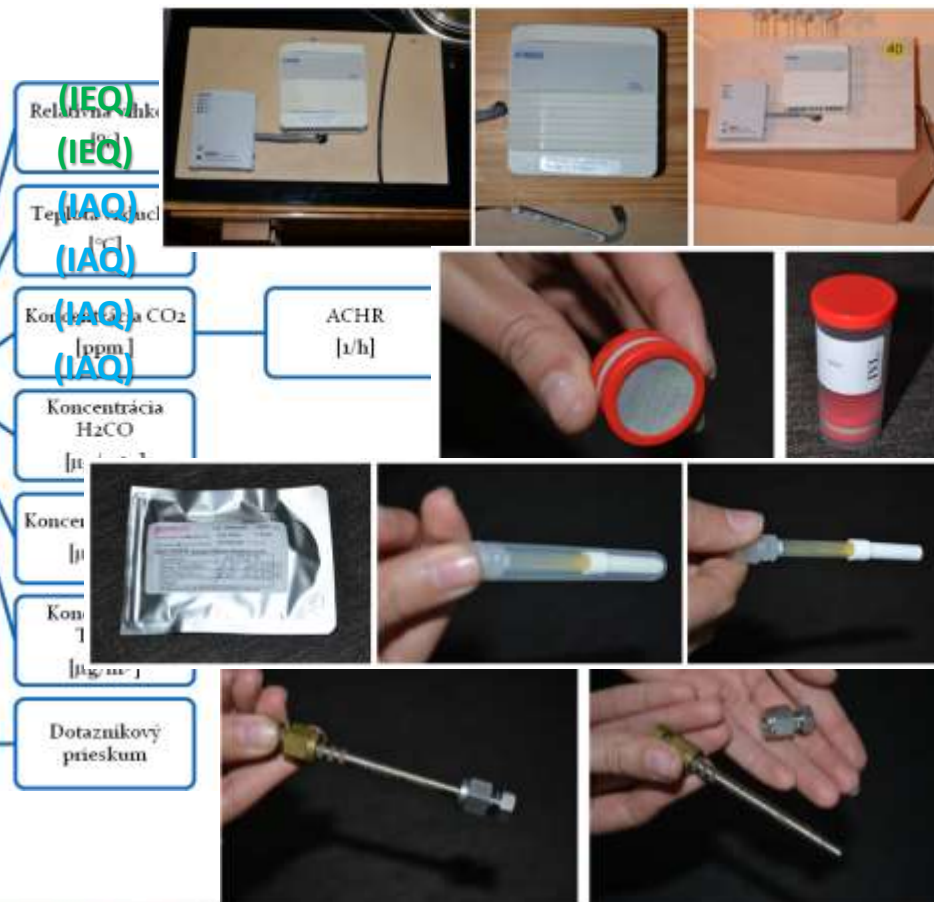
- Teplota vzduchu (T) [°C]
- Relatívna vlhkosť (RH) [%]
- Oxid uhličitý (CO₂) [ppm]
- Oxid dusičitý (NO₂) [µg/m³]
- Formaldehyd (H₂CO) [µg/m³]
- Prchavé organické látky (TVOC) [µg/m³]

Metodika meraní z hľadiska prístrojov

- T, RH - Hobo data logger
- CO₂ - VAISALA CO₂ data logger
- NO₂ - IVL difúzna vzorka
- H₂CO - DSD-DNPH UmeX-100 difúzna vzorka
- TVOC - Perkin-Elmer adsorpčné trubičky

Metodika meraní z hľadiska miesta a času

- 2015 január – merania pred obnovou, N=20
- 2016 január – meranie po obnove, N=20



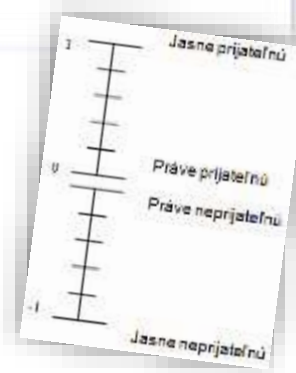
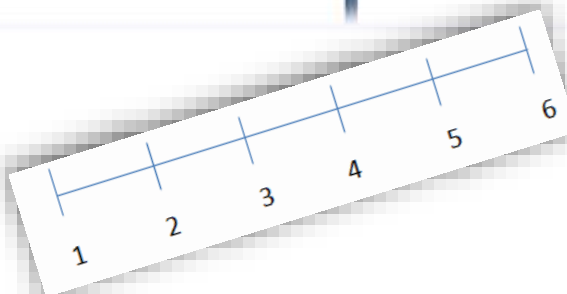
Subjektívne hodnotenie:

Dotazník:

- pred obnovou (január 2015)
- po obnove (január 2016)

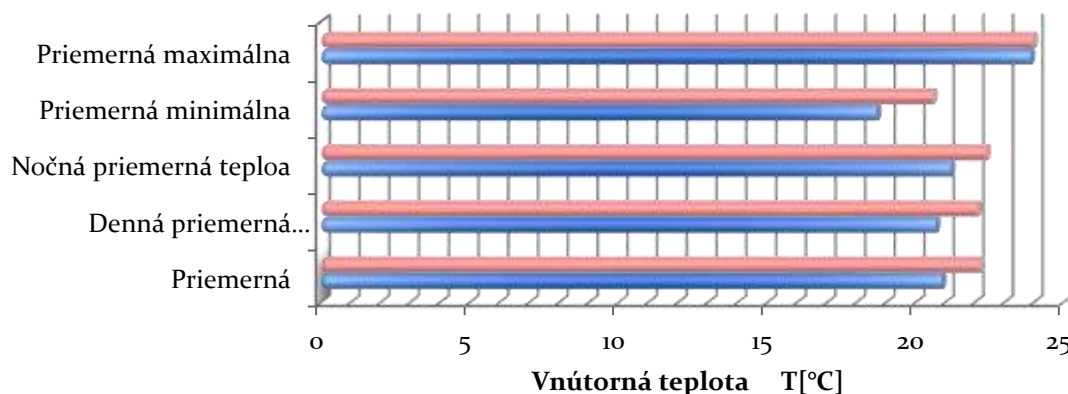
Použité dotazníky sa skladali zo šiestich hlavných častí.
Venovali pozornosť:

- základným informáciám o užívateľoch
- stavu stavebných konštrukcií
- základným zvykom obyvateľov (ako napr. vetranie)
- príznakom syndrómu chorých budov
- pociťovanej kvalite vzduchu
- tepelnej pohode



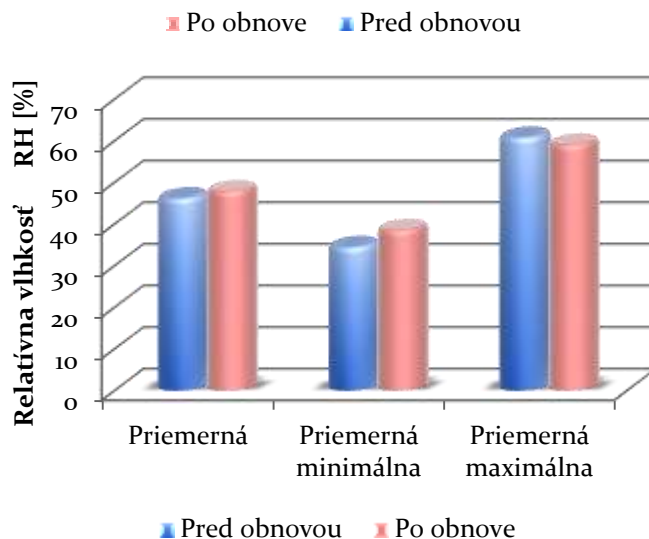
Výsledky objektívnych meraní (IEQ)

Teplota a relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu



Denná aj nočná priemerná vnútorná teplota v bytovom dome nachádzajúcom sa v pôvodnom stave bola nižšia ako v obnovenom bytovom dome.

Požiadavky STN EN 15 251 splnené
($T > 20^{\circ}\text{C}$; $T < 24^{\circ}\text{C}$)



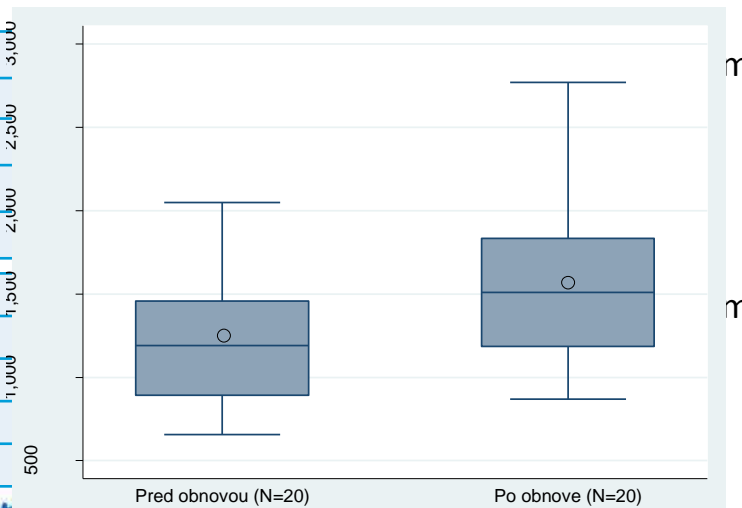
Namerané hodnoty RH boli veľmi podobné v oboch prípadoch bytového domu (obnovený, neobnovený).

Požiadavky STN EN 15 251 splnené
($RH > 30\%$; $RH < 60\%$)

Výsledky objektívnych meraní (IAQ)

1) Koncentrácia oxidu uhličitého [ppm]

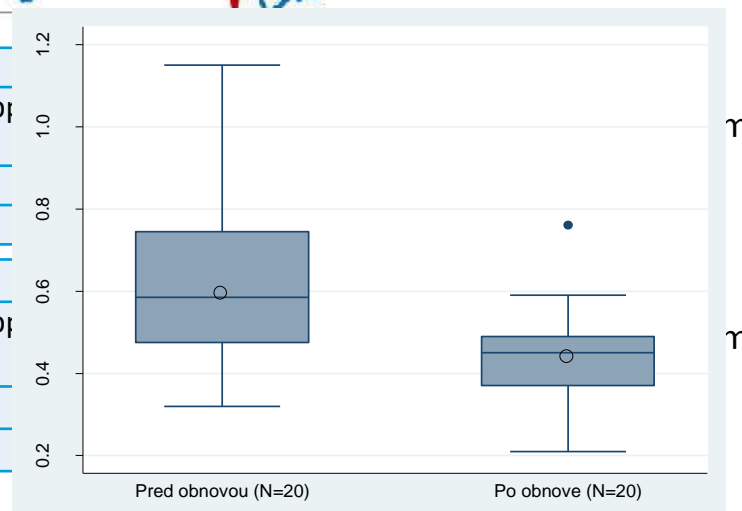
Boxový diagram:		CO ₂ [ppm]	
Pred obnovou		Priemer	Minimum
• Koncentrácia CO ₂ pre celú dobu merania			
• Deň	25 a 75 percentil	1039	595
• Noc		1411	742
• Medián			
• Celá doba		1203	657
• Priemer			
Po obnove		CO ₂ [ppm]	
• Maximálne a minimálne namerané hodnoty		Priemer	Minimum
• Deň		1319	789
• Noc		1925	865
• Celá doba		1570	869



2) Intenzita výmeny vzduchu (AER) [1/h]

		Hraničné hodnoty CO ₂ (%)		
Intenzita výmeny vzduchu [h ⁻¹]		Priemer	Minimum	Maximum
Pred obnovou (N=20)		0,61	0,32	1,15
Po obnove (N=20)		0,44	0,21	0,76

		Hraničné hodnoty CO ₂ (%)		
Minimálna intenzita výmeny vzduchu podľa STN EN 15250 pre obytné priestory: n=0,5 1/h.				
Deň		75	30	10
Noc		95	70	40

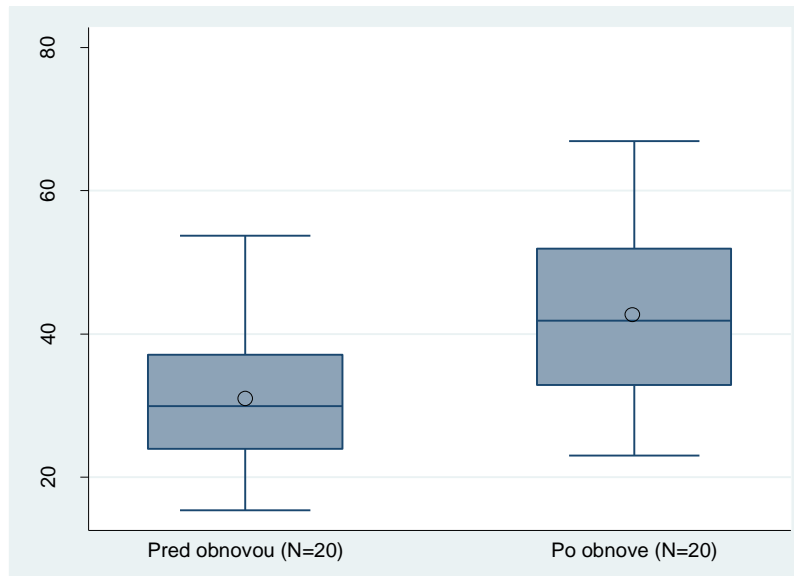


Výsledky objektívnych meraní (IAQ)

3) Formaldehyd (H_2CO) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- Hraničná hodnota formaldehydu: $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO).
- Výsledky neprekročili danú limitnú hodnotu ani pred ani po obnove.
- Napriek tomu údaje ukazujú vyššie koncentrácie po obnove objektu.

Formaldehyd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Priemer	Minimum	Maximum
Pred obnovou (N=20)	32	15	54
Po obnove (N=20)	43	23	67



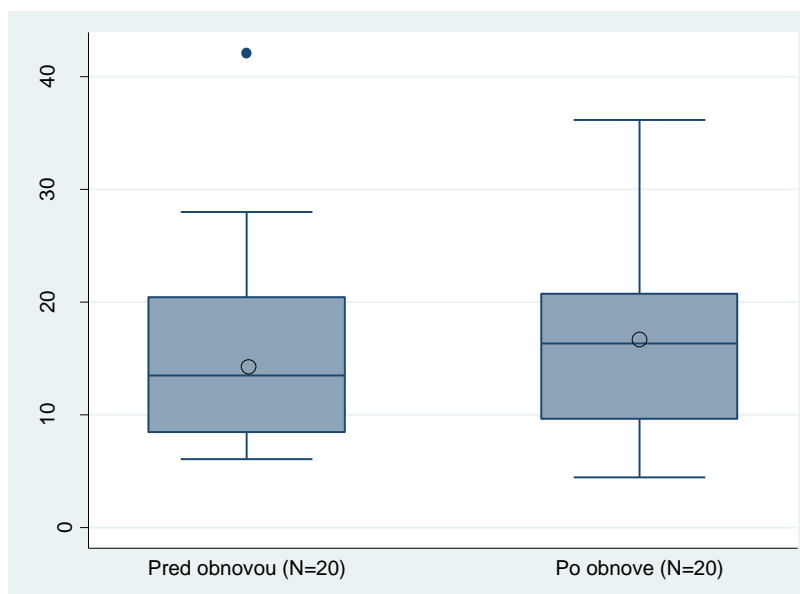
Koncentrácia formaldehydu ako základný štatistický výstup hodnôt pred a po obnove bytového domu

Výsledky objektívnych meraní (IAQ)

4) Oxid dusičitý (NO_2) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- Hraničná hodnota NO_2 : $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO)
- Priemerné koncentrácie neprekročili limitnú hodnotu ani pred ani po obnove.

Koncentrácia NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Priemer	Minimum	Maximum
Pred obnovou (N=20)	16	6	42
Po obnove (N=20)	17	5	36



*Koncentrácia NO_2 ako základný štatistický výstup
hodnôt pred a po obnove bytového domu*

Výsledky objektívnych meraní (IAQ)

5) Prchavé organické látky (TVOC) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

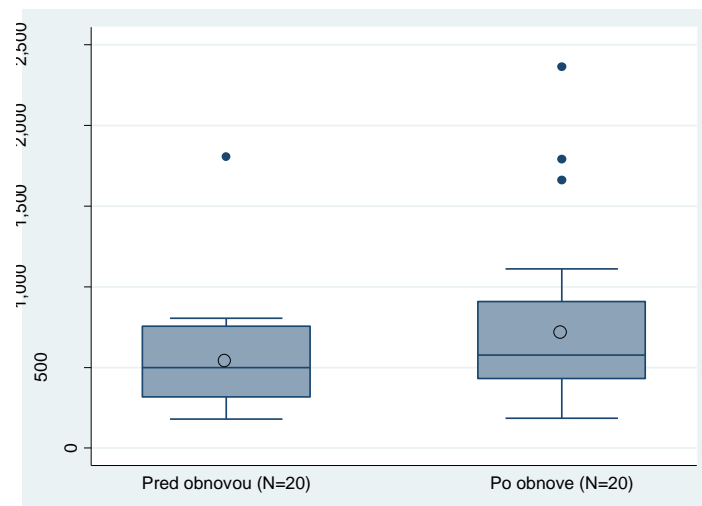
- Maximálna hraničná hodnota TVOC: $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Koncentrácia TVOC pred a po obnove bytového domu

Koncentrácia TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Priemer	Minimum	Maximum
Pred obnovou (N=20)	569	179	1805
Po obnove (N=20)	773	185	2362

Koncentrácia TVOC pred a po obnove bytového domu

Hraničné hodnoty koncentrácie TVOC	Pred obnovou (N=20)	Po obnove (N=20)
TVOC > $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)	80	85
TVOC > $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)	50	60
TVOC > $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)	5	25
TVOC > $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)	0	5



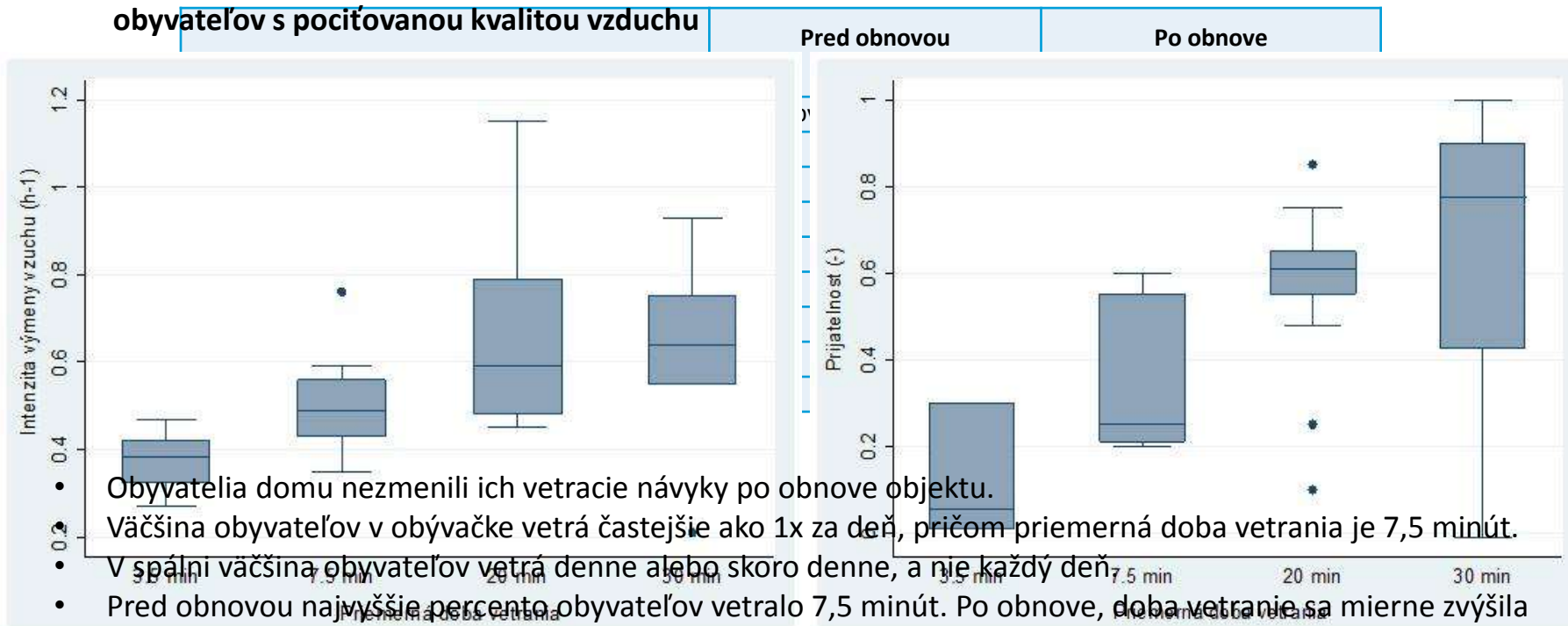
*Koncentrácia TVOC ako základný štatistický výstup
hodnôt pred a po obnove bytového domu*

Výsledky dotazníkového prieskumu (IAQ)

6) Vetracie návyky obyvateľov

Boxový diagram návykov obyvateľov pred a po obnove objektu:

- vzťah medzi dobou vetrania a intenzitou výmeny vzduchu (poľnoh)
- vzťah medzi dobou vetrania a prijateľnosťou podnevia (vzduchu)
- So zvyšujúcou dobou vetrania sa dosiahne vyššia intenzita výmeny vzduchu a aj väčšia spokojnosť obyvateľov s pociťovanou kvalitou vzduchu



- Obyvatelia domu nezmenili ich vetracie návyky po obnove objektu.
- Väčšina obyvateľov v obývačke vetrá častejšie ako 1x za deň, pričom priemerná doba vetrania je 7,5 minút.
- V spálni väčšina obyvateľov vetrá denne alebo skoro denne, a nie každý deň.
- Pred obnovou najvyššie percento obyvateľov vetralo 7,5 minút. Po obnove, doba vetrania sa mierne zvýšila medzi obyvateľmi, a väčšina ľudí sa vyjadrilo k 20 minútam.

Diskusia

Na základe vyššie uvedených výsledkov môžeme konštatovať, že **obnova bytových domov ovplyvňuje kvalitu vnútorného vzduchu a kvalitu vnútorného prostredia.**

- Zvýšená vnútorná teplota (20,9 → 22,2 °C)
- Znížená intenzita výmeny vzduchu (0,61 → 0,44 1/h)
- Zvýšená koncentrácia:
 - Prchavé organické látky (TVOC) (569 → 773 µg/m³) !!!
 - Formaldehyd (H₂CO) (32 → 43 µg/m³)
 - Oxid uhličitý (CO₂) (1203 → 1570 ppm) !!!
- Na koncentráciu týchto látok môže vplývať použitý tepelnoizolačný materiál a kvalita namontovaných transparentných konštrukcií, ktoré sa použili pri obnove bytového domu.
- Väčšina obyvateľov vetrá rovnako po zateplení bytového domu ako pred obnovou.
- Zateplením obvodového plášťa objekt sa stáva tesnejším a tým vnútorné prostredie vyžaduje väčšiu frekvenciu a dobu vetrania na odstránenie škodlivých látok nachádzajúce sa vo vnútornom vzduchu.



Záver

- Komplexná obnova bytových domoch na Slovensku môže prispieť k zníženiu kvality vnútorného vzduchu v jednotlivých bytoch.
- Ak nebudú prijaté opatrenia hlavne na zníženie koncentrácie CO₂ a zvýšeniu intenzity výmeny vzduchu (**napr. inštalácia centrálnych inteligentných alebo mechanických vetracích systémov**) obyvatelia potrebujú vetrať viac, aby sa zlepšila kvalita vnútorného vzduchu a aby bola dosiahnutá aspoň tá úroveň, ktorú mali pred obnovou ich objektu.



Použitá literatúra

- [1] Jurelionis A., Seduikyte L. (2010) *Assessment of indoor climate conditions in multifamily buildings in Lithuania before and after renovation*. 2nd International conference advanced construction. Kaunas, Lithuania.
- [2] www.bpie.eu (Building Performance Institute Europe)
- [3] Földváry V., Bekö G., Petráš D. (2014) *Impact of energy renovation on indoor air quality in multifamily dwellings in Slovakia*. Proceedings of Indoor Air 2014, Hong Kong, Paper No. HP0143.
- [4] Földváry, V., Pustayová, H. (2013) *Obnova bytových domov z pohľadu zabezpečenia kvality vnútorného vzduchu*. In: Komplexná obnova bytových domov 2013 : VII. Medzinárodná odborná konferencia. Legislatívne a technické nástroje znižovania energetickej náročnosti bytových domov. Podbanské, SR, 20.-22.11.2013. - Bratislava : Združenie pre podporu obnovy bytových domov, 2013. - ISBN 978-80-227-4037-1. - S. 43-46
- [5] Zákon č. 300/2012 O energetickej hospodárnosti budov -555/2005
- [6] Földváry V., Petráš D. (2014) *Vplyv komplexnej obnovy na kvalitu vnútorného vzduchu: Ako dopadol prieskum vo vybraných bytových domoch?* In *TZB Haustechnik*. Roč. 22, č. 5 (2014), s. 52-54. ISSN 1210-356X.
- [7] World Health Organization: Selected pollutants.
Web: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf
- [8] Standard Guide for Using Indoor Carbon Dioxide Concentrations to Evaluate Indoor Air Quality and Ventilation. 2002
- [9] Noris F., Delp W., Vermeer K., Adamkiewicz G., Singer B., Fisk W. (2013) *Protocol for maximizing energy savings and indoor environmental quality improvements when retrofitting apartments*. Energy and Buildings, vol. 61, pp. 378-386.
- [10] Sánka I., (2015) *Analýza kvality vnútorného vzduchu vo vybraných bytových domoch pred a po ich komplexnej obnove*. Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra TZB; Práca SVK 2015



**Stavebná fakulta
STU v Bratislave**

Ďakujem za
pozornosť.

Thank you for your
attention.



Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. DS-2016-0030 a Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu SR prostredníctvom grantu VEGA 1/0807/17.

Otázky?

