

Úloha výskumu a vývoja č. 79/550/2010

Názov:

**Teoreticko-experimentálne vyhodnotenie realizovaných pilotných projektov**

**Časť 1: Pilotný projekt pre výstavbu nízkoenergetického bytového domu (strana 2 - 17)**


**Časť 2: Pilotný projekt pre rekonštrukciu školy na nízkoenergetickú budovu (strana 18 – 33)**

Riešiteľ: **Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta  
Katedra konštrukcií pozemných stavieb**

prof. Ing. A. Puškár, PhD., prof. Ing. I. Chmúrny, PhD.,  
prof. Ing. J. Hraška, doc. Ing. J. Žilinský, PhD., M. Lukačovič

# Časť 1: Pilotný projekt pre výstavbu nízkoenergetického bytového domu

## Nízkoenergetický bytový dom v Tvrdošíne

ZODPOVEDNÝ PROJEKTANT	Prof. Ing. Anton PUŠKÁR	 tel./fax.: 00421 41 763 24 67-9 00421 41 763 22 44 e-mail: proma@proma.sk www: www.proma.sk architektúra a projektovanie stavieb		
VYPRACOVAL	Ing. Marián MIKO			
KONTROLOVAL/KOORDINÁTOR	Ing. Peter MANČÍK			
AUTOR PROJEKTU	Ing. arch. Miroslav MARENDIAK	S T U . . . SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA . . . . . V BRATISLAVE - S v F - Stavebná fakulta . . . . .		
HLAVNÝ PROJEKTANT	Ing. Ján MAJERSKÝ,PhD.			
INVESTOR	STU Stavebná fakulta, Bratislava	STUPEŇ	PSP	
KÓD KLASIFIKÁCIE	PARCELA 85/6	PROFESIA	STAVEBNÉ KONŠTRUKCIE	
STAVBA	Pilotný projekt pre výstavbu nízkoenergetického bytového domu	MIERKA	1: 500	SK
OBJEKT	SO 01 – Bytový dom – 6 b.j.	DÁTUM	11/2007	
VÝKRES	SITUÁCIA	REVIZIA		Č.VÝKR.
		FORMÁT	3x4	01
		Č.ZÁK.	2149/07	

### Hlavným cieľom (r. 2 007)

- návrh stavebnej podstaty budovy a
- techniky prostredia tak,

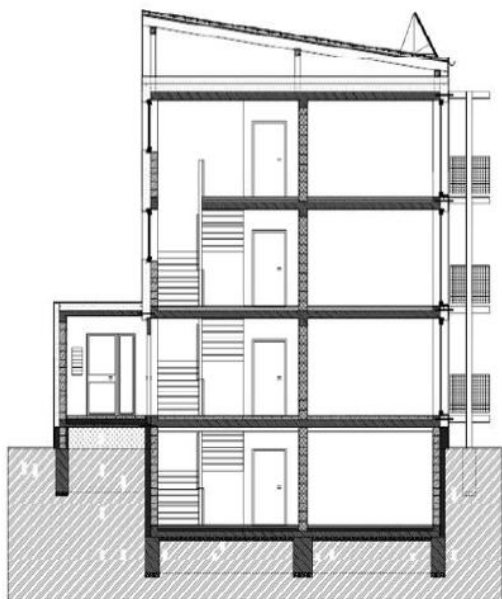
aby budova spĺňala požiadavku na **nízkoenergetickú budovu**.

-  
budova s potrebou na celkovú dodanú energiu **v intervale 30 až 50 kWh/m<sup>2</sup>**

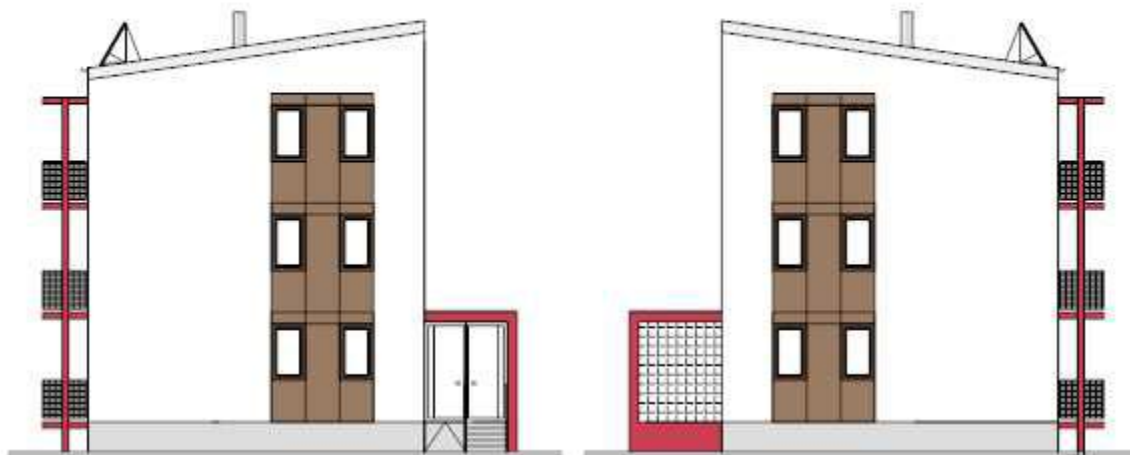
Bytový dom Tvrdošín: 3 trojizbové byty s KK a 3 dvojizbové byty s KK

Nosný systém:

- vnútorné steny hr. 250 mm, • obvodové steny betón 200 mm, • žb stropy 200 mm



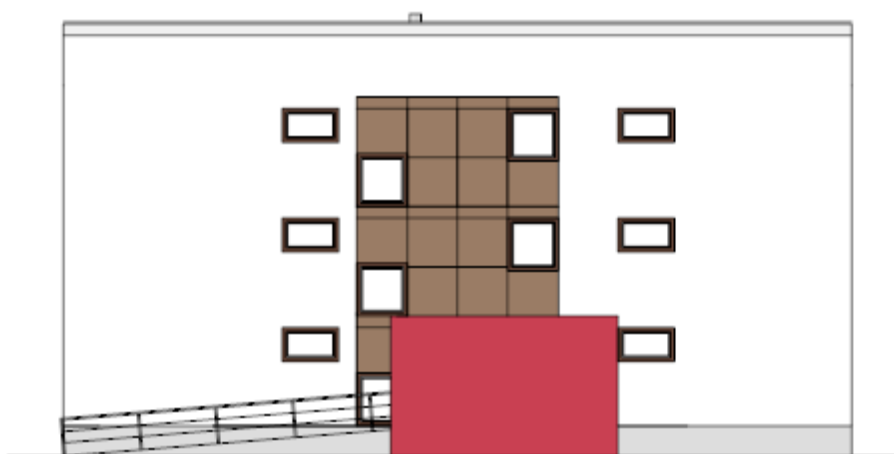
## Pohľad západný a východný

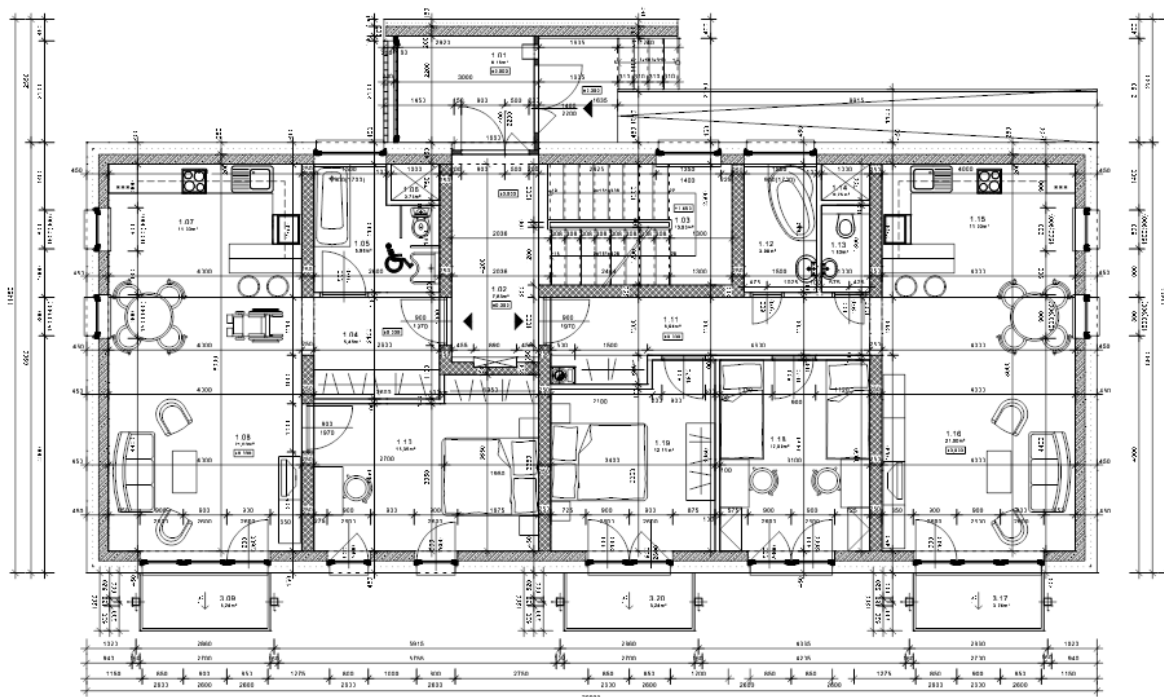


## Pohľad južný

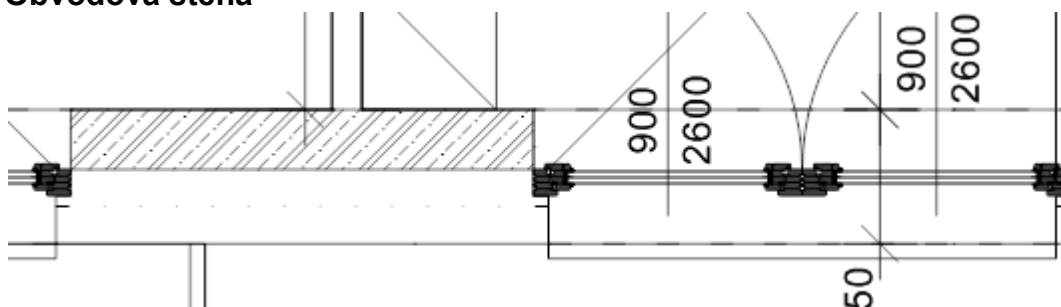


## Pohľad severný





### Obvodová stena



povrchová vrstva tenkovrstvá omietka exter.	0,003 m	R = 8,637 m <sup>2</sup> .K/W U = 0,114 W/(m <sup>2</sup> .K)
zateplenie šedým polystirénom Neopor	0,270 m	
lepiaca vrstva	0,005 m	
betónová nosná stena	0,200 m	
omietka interiér	0,010 m	

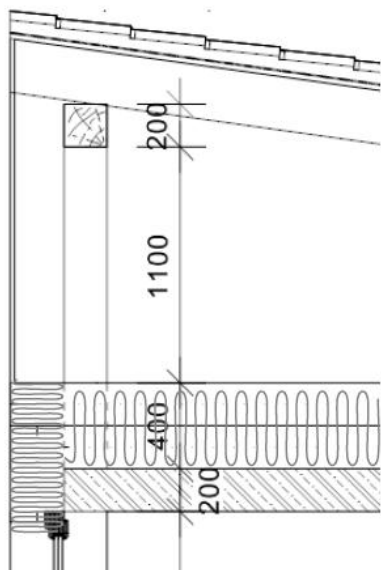
### Okná bytov

- drevený europrofil IV92  $U_f = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ,
- izolačné s trojsklom AGC 4-14-4-14-4 plnené Ar,
- dištančný profil TGI  $U_g = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ,
- g-hodnota zasklenia  $g = 0,5$ .

⇒ STN EN ISO 10077-1 tab. F.4

⇒  $U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

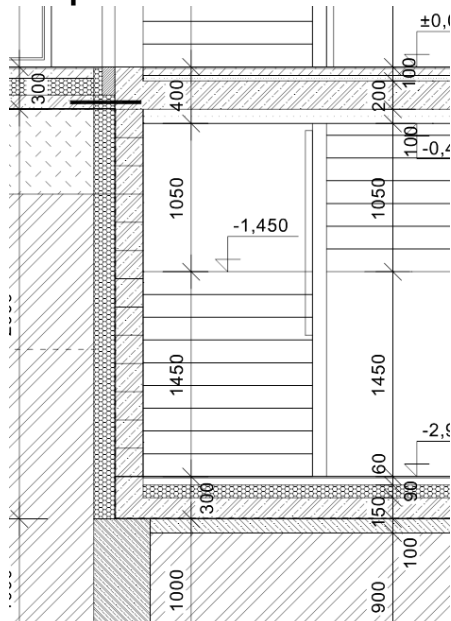
## Strecha - pultová



### Účinná časť

Minerálna vlna	0,400 m	$R = 9,67 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ $U = 0,102 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Železobetón	0,200 m	
Vnútoraná omietka	0,010 m	

### Strop nad suterénom



nášlapná vrstva podľa účelu miestnosti	0,005 m	$R = 3,81 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ $U = 0,241 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
cementový poter	0,05 m	
lepenka	0,005 m	
minerálna vlna	0,04 m	
železobetónová stropná doska	0,2 m	
penový polystyrén	0,1 m	

## Vykurovací systém

- dvoj-trubkový vykurovací systém,
- s teplotným spádom  $\Delta t = 10 \text{ K}$  (65/55 °C max.).



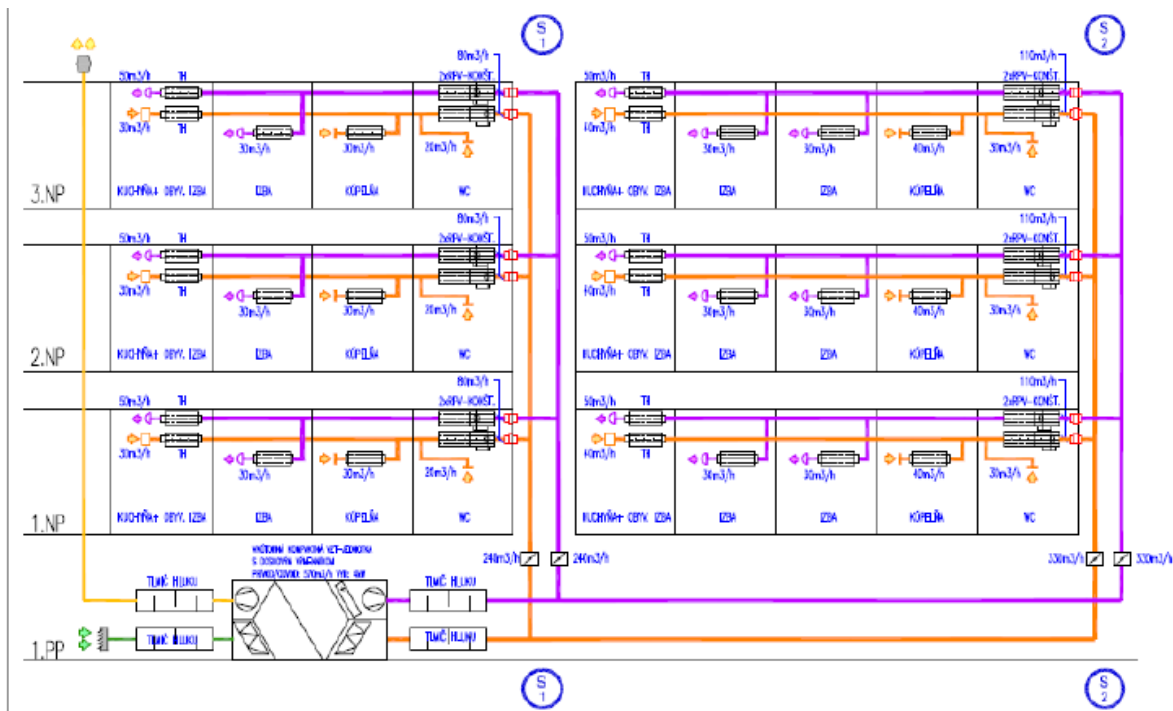
Zdroj tepla: kondenzačný kotol VISSMANN VITODENS 300 – 26  
menovitý výkon (80/60 °C) 4,7 – 23,7 kW

## Odvzdávací systém

- doskové vykurovacie telesá Korad,
- ventil Kompakt, stredové pripojenie telies zo steny,
- v kúpeľniach sú trubkové vykurovacie telesá,
- regulačné armatúry Heimeier a termostatické hlavice Honeywell,



## Vetrание s rekuperaciou tepla



### Rekuperáčna jednotka SYSTEMAIR s doskovým výmenníkom tepla



typ jednotky	VR 700 E
max. prietok vzduchu	700 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
elektrický príkon	2 x 230 W
elektrická dohrevná vložka	1,67 kW/16A
aktuálny prietok vzduchu	505,5 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
elektrický príkon 240 W (bez elektro ohrevu)	
účinnosť rekuperácie	74 %

**Príprava teplej vody** v bivalentných zásobníkových ohrievačoch TV VIESSMANN VITOCCELL 100 B s podporou solárneho dohrevu. V prípade nedostatku slnečnej energie je TV dohrievaná plynovým kotlom ako prednostný ohrev trojcestným prepínacím ventilom priamo na kotly.



### Solárne kolektory HELIOSTAR TS 330

typ kolektora	HELIOSTAR TS 330
absorpčná plocha	1,78 m <sup>2</sup>
slničná absorpčivosť	0,94
tepelná emisivosť	0,17
optická účinnosť	80 %
stagnačná teplota	178 °C
počet kolektorov	10

### Kolaudácia BD – október 2 010



### Spracovanie EC

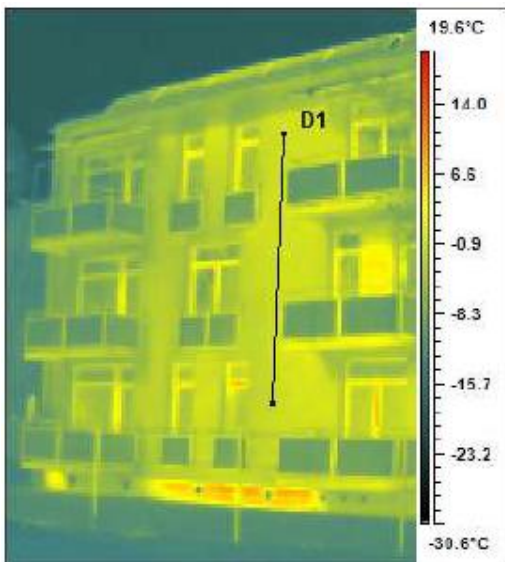


### Hodnotenie realizácie BD

- overovanie meraním
- kontrola homogenity a TM termovíziou I. 2 011
- overenie prievzdušnosti BD
- vyhodnotenie údajov z prevádzky
  - vykurovacej sezóny 2010/2011 a 2011/2012
  - energetická bilancia

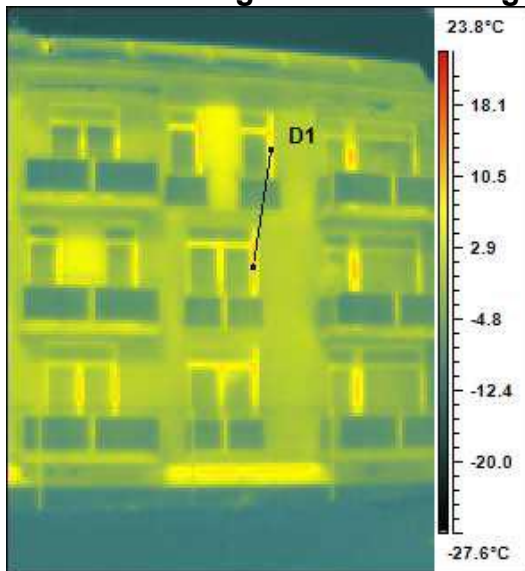
### Termovízna diagnostika nehomogenity obv. plášťa zvonka – južná fasáda





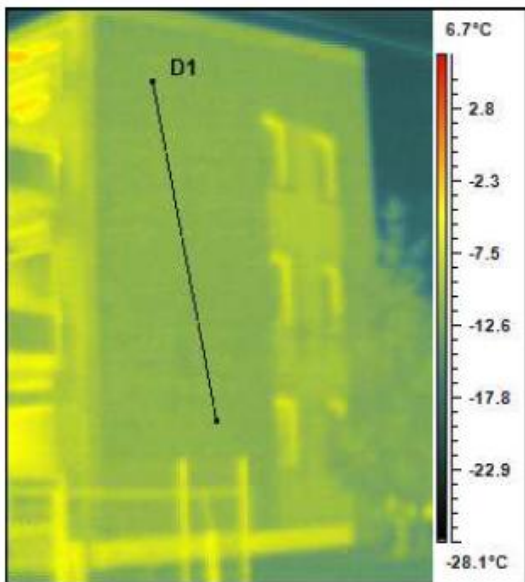
Pri vonkajšej teplote vzduchu  $-1^{\circ}\text{C}$  a relatívnej vlhkosti vzduchu 85 %  
 Teplotný rozdiel D1 na obv.stene -  $\Delta\theta = 0,5 (^{\circ}\text{C})$

### Termovízna diagnostika nehomogenity obv. plášťa zvonka – južná fasáda



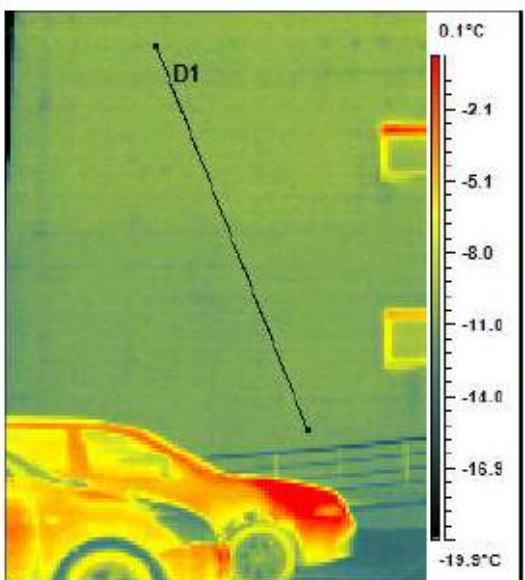
Teplotný rozdiel D1 medzi dvoma rámmi okna -  $\Delta\theta = 1,5 (^{\circ}\text{C})$

### Východná fasáda



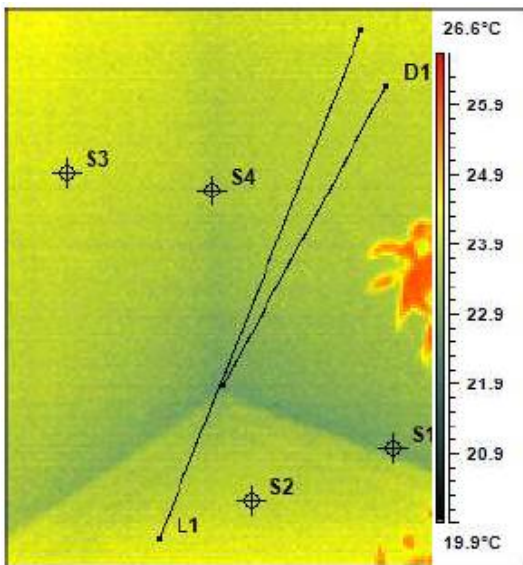
Teplotný rozdiel D1 na obv.stene -  $\Delta\theta = 0,2$  (°C)

**Termovízna diagnostika nehomogenity obv. plášťa zvonka – severná fasáda**



Teplotný rozdiel D1 medzi dvoma miestami na obv.stene -  $\Delta\theta = 0,4$  (°C)

**zvnútra – južná fasáda 1. NP.**

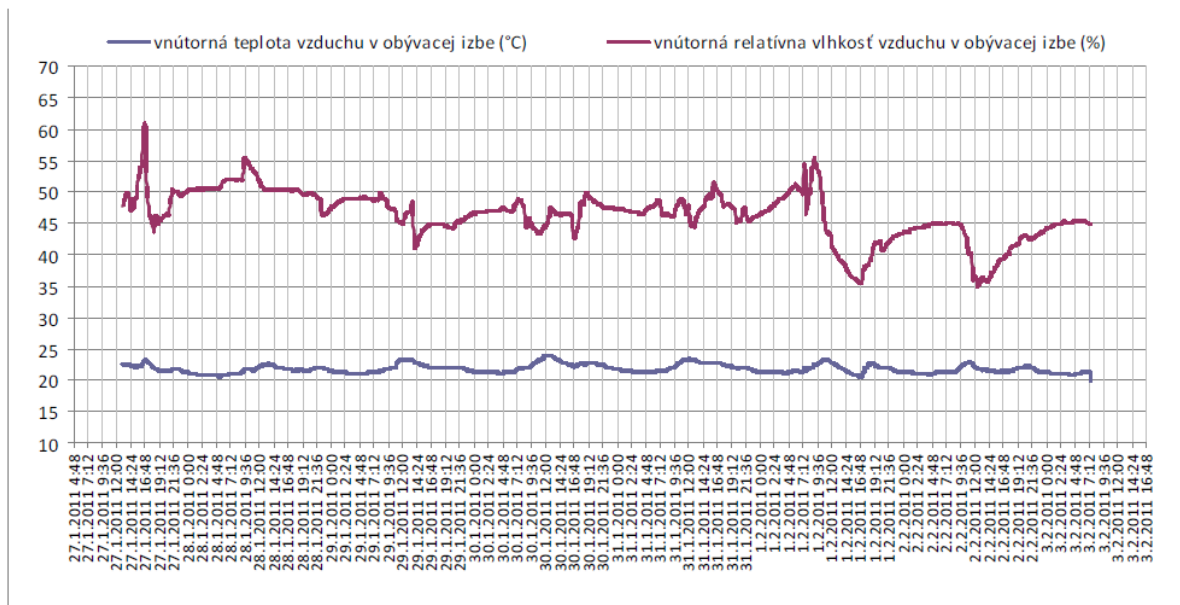


## Obývacia izba – vonkajší spodný kút



Teplotný rozdiel medzi spodným kútom a obv.stenou -  $\Delta\theta = 1,8$  (°C)

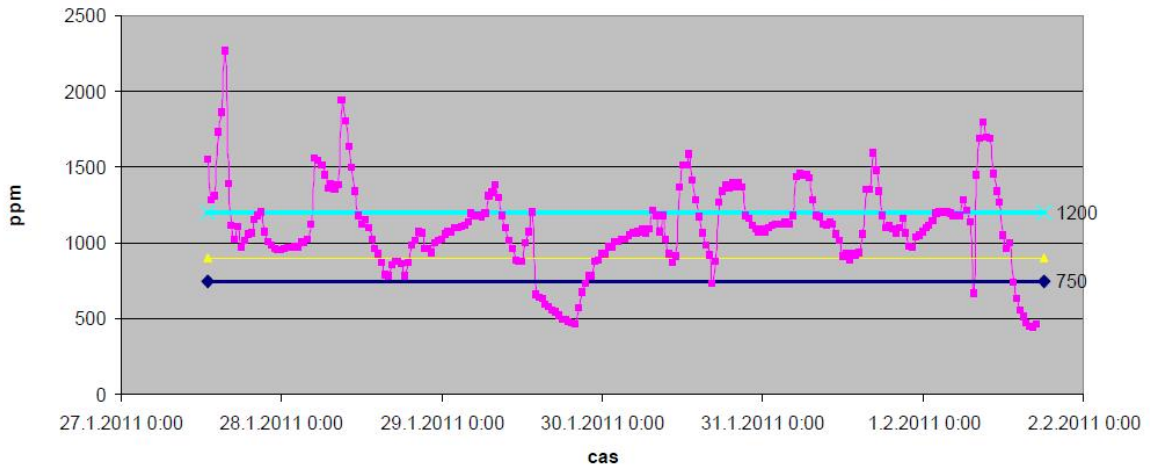
### 3i byt na 1. NP.



3i byt na 1. NP



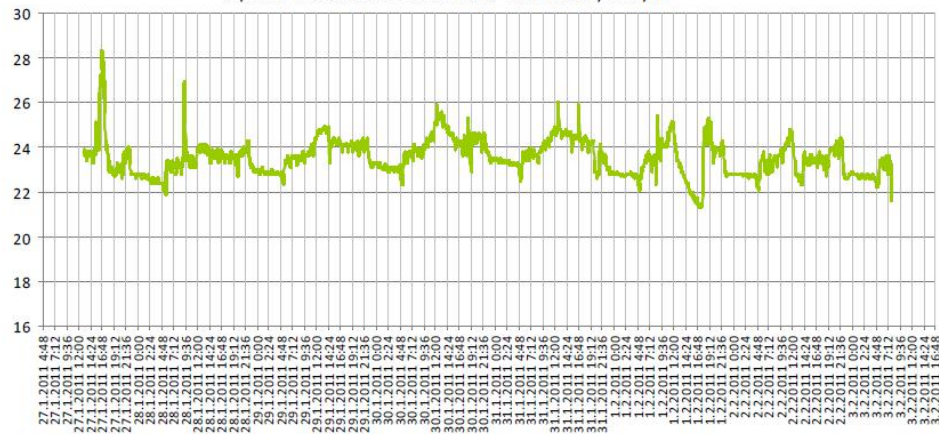
Priebeh koncentrácie CO2



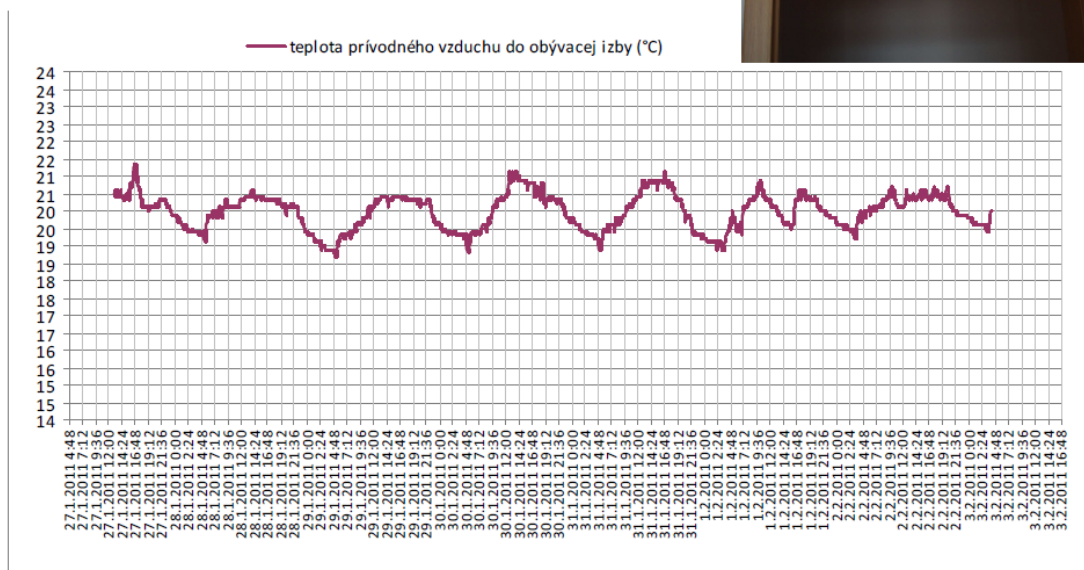
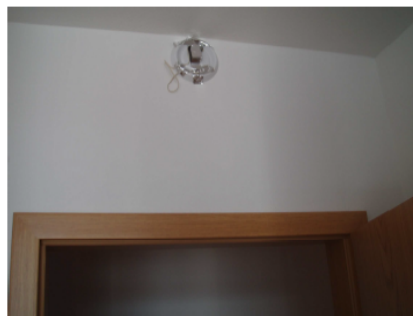
3i byt na 1. NP



— teplota odsávaného vzduchu nad kuchynským



### 3i byt na 1. NP



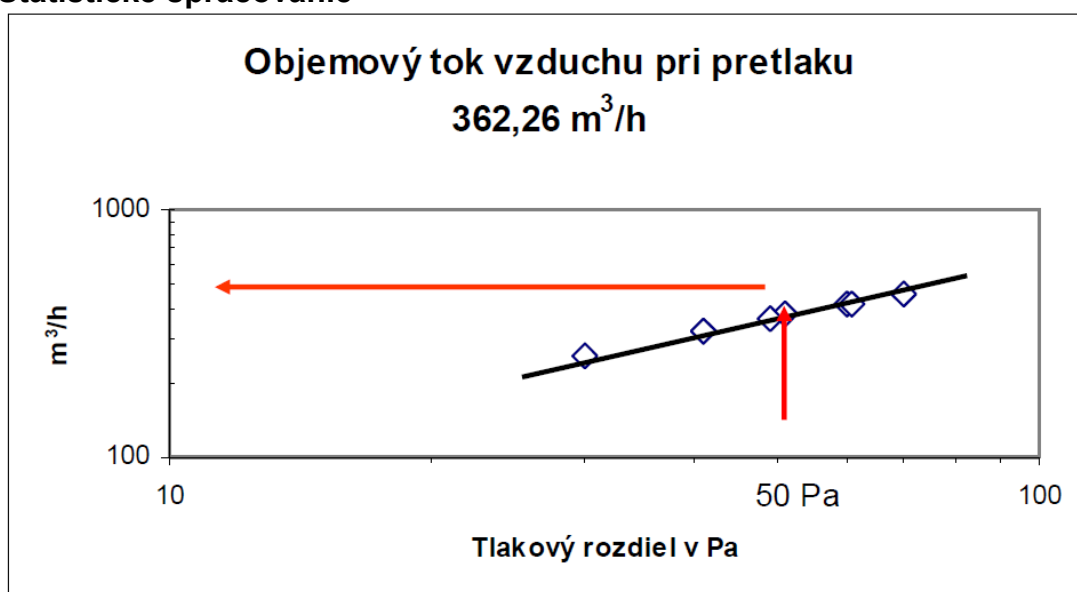
### Ventilátor s napojením na osadzovací rám



### Osadzovací panel s otvorom pre nasávanie (odsávanie) vzduchu



### Štatistické spracovanie



### Výsledky merania

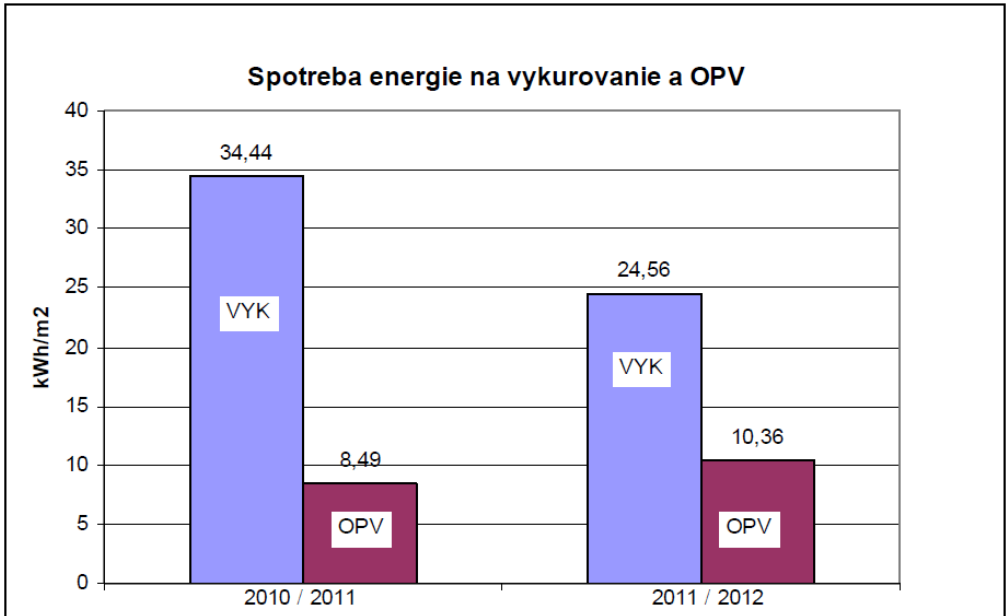
Po jednom roku od odovzdania budovy 3i byt na 1. NP.

- Výmena vzduchu pri pretlaku 50 Pa je:  $n_{50} = 1,94$  1/h
- Výmena vzduchu pri podtlaku 50 Pa je:  $n_{50} = 2,25$  1/h

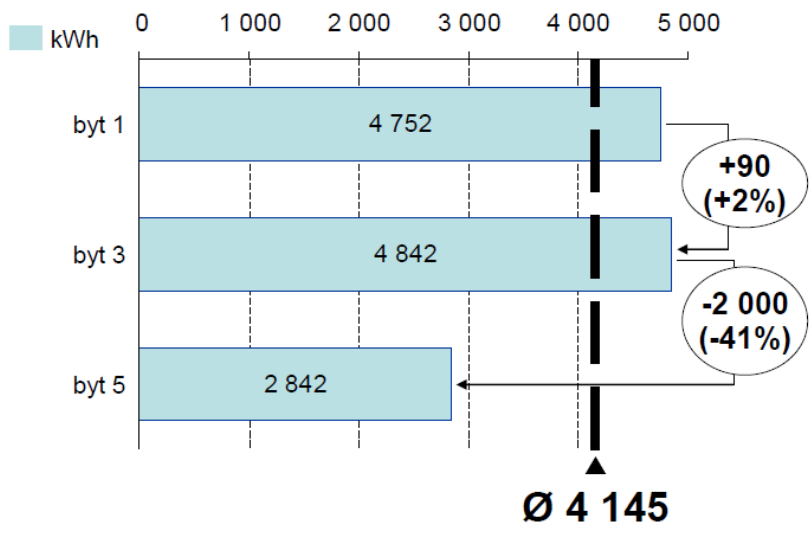
### Namerané energetické ukazovatele EHB

Veličina	Prevádzkové hodnotenie 2010/2011 v kWh/(m <sup>2</sup> .rok)	Prevádzkové hodnotenie 2011/2012 v kWh/(m <sup>2</sup> .rok)
Spotreba zemného plynu 1.X. do 31.V	3 238,123 m <sup>3</sup>	2 633,01 m <sup>3</sup>
Spotreba energie na vykurovanie	34,44	24,56
Spotreba energie na prípravu teplej vody kotlom	8,49	10,36
Solárny systém dodávka do systému	4,855	4,648
Dodaná energia plyn	42,94	34,92
Dodaná energia elektrika	4,03	4,68
Celková dodaná energia	46,97	39,60

Primárna energia	58,51	51,51
------------------	-------	-------

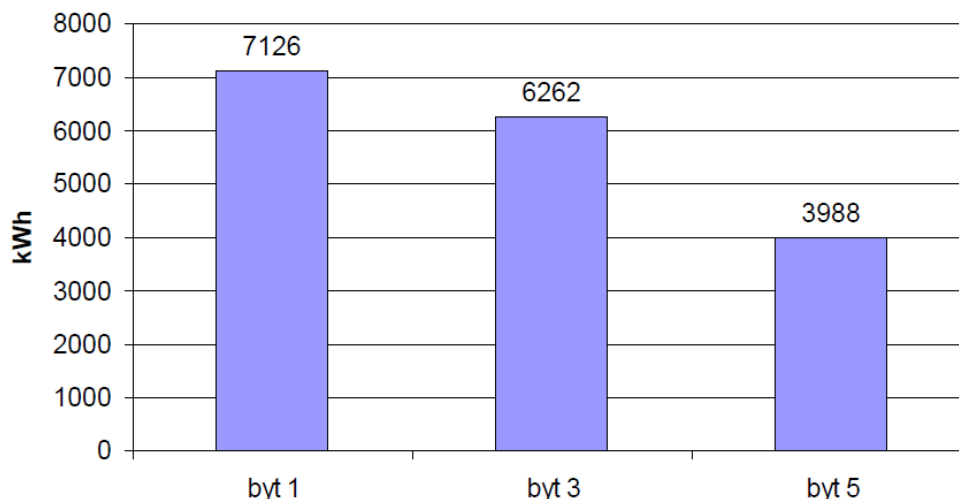


Spotreba energie v 2i bytoch



**Kumulovaná spotreba energie na vykurovanie za dve vykurovacie sezóny v 2i bytoch**

### Spotreba energie na vykurovanie v 2i bytoch



Veličina	Normalizované hodnotenie D=3 422 K.deň	Prevádzkové hodnotenie 2010/2011 D ≈ 4 579 K.deň	Prevádzkové hodnotenie 2011/2012 D ≈ 4 579 K.deň
Potreba/spotreba energie na vykurovanie	22,9	34,44	24,56
Potreba/spotreba energie na OPV	15,2	8,49	10,36
Dodaná energia plyn	34,7	42,94	34,92
Dodaná energia elektrika	3,4	4,03	4,68
Celková dodaná energia	38,1	46,97	39,60
Primárna energia	47,7	58,51	51,51
Energetická trieda	A	B	B

### Ekonomické ukazovatele výstavby BD

Podlahová plocha budovy (vyhl. 311/2009 Z.z.): 717,9 m<sup>2</sup>

Úžitková plocha 2-izbového bytu: 62,58 m<sup>2</sup>

Úžitková plocha 3-izbového bytu: 78,15 m<sup>2</sup>

Cena bez DPH: 563 807,18 EUR, DPH: 107 123,36 EUR,

Cena s DPH: 670 930,54 EUR t.j. 20 212 453,0 SK

Cena zahŕňa: SO 01 - Bytový dom - 6 b.j.

SO 02 - Komunikácie

SO 03 - Prípojka vodovodu

SO 03 - Prípojka kanalizácie

SO 05 - Prípojka plynu

SO 06 - Prípojka NN

SO 07 - Prípojka SLP

SO 08 - Sadové úpravy

Celková podlahová plocha: 558,0 m<sup>2</sup> (úžitková plocha bytov)

Konštrukčná výška: 2,9 m

Náklady na jednu bytovú jednotku: 111 821,75 EUR

Náklady na 1 m<sup>2</sup> úžitkovej plochy bytov: 1 202,38 EUR/m<sup>2</sup>\*

\* Náklady na podzemné podlažie dosahovali podľa zhotoviteľa cca 12 % nákladov. V prípade, že by nebolo realizované podzemné podlažie, náklady na 1 m<sup>2</sup> úžitkovej plochy bytov by dosiahli 1058 EUR.

### Všeobecné odporúčania na navrhovanie nízkoenergetickej výstavby BD



**Steny:** z hľadiska požadovaných tepelnotechnických vlastností sa odporúča výstavba s KZS (kontaktným zatepľovacím systémom). Z hľadiska ceny a rýchlosti výstavby zhotoviteľ uprednostnil monolitický betón pred murovaním z tvaroviek, čo je určité zovšeobecnenie na navrhovanie a realizáciu.

Hrúbky tepelných izolácií boli v tomto projekte ešte väčšie ako ich predpokladá STN 73 0540-2: 2012 pre ultranízkoenergetické budovy a budovy s takmer nulovou spotrebou energie. Teda požiadavky STN 73 0540-2: 2012 sú po r. 2015 a po r. 2021 reálne dosiahnuteľné.

**Strecha:**

Na dosahovanie tepelných odporov cca 9,9 m<sup>2</sup>.K/W (STN 73 0540-2: 2012) je výhodná pultová strecha s tepelnou izoláciou položenou na stropnej konštrukcii.

Pri iných riešeniach treba uvažovať hrúbku tepelnej izolácie cca 400 mm.

**Systémy techniky prostredia**

**Vykurovací systém:** zdroj tepla kondenzačný kotol bol zvolený vhodne a bol zárukou vhodných dodávok tepla. Ako alternatívne výhodnejšie riešenia sú s tepelným čerpadlom.

**Príprava teplej vody:** podpora solárnym ohrevom bola zvolená výhodne a osvedčila sa. Dosahované údaje o spotrebe energie na prípravu teplej vody v prevádzke boli nižšie ako sa kalkulovali vo výpočtoch.

**Vetrací systém:** ak sa aplikuje vyžaduje náležité školenie užívateľov.

Ďalším odporúčaním je možnosť individuálnej regulácie prietoku v byte.

Tento systém ju nemal a mohlo to byť dôvodom na určité pripomienky ku činnosti tohto zariadenia.

**Obsluha a prevádzka:**

Prevádzka kotolne si nevyžiadala osobitné nároky na obsluhu zariadení.

**Suterén:** bytový dom je podpivničený a vzhľadom na to, že je osadený pod úrovňou hladiny spodnej vody boli zvýšené nároky na realizáciu podzemného podlažia.

Náklady na podzemné podlažie dosahovali podľa zhotoviteľa cca 12 % nákladov. V prípade, že by nebolo realizované podzemné podlažie náklady na 1 m<sup>2</sup> úžitkovej plochy bytov by dosiahli 1058 EUR, čo je cena primeraná realizovanému objektu.

## Časť 2: Pilotný projekt pre rekonštrukciu školy na nízkoenergetickú budovu

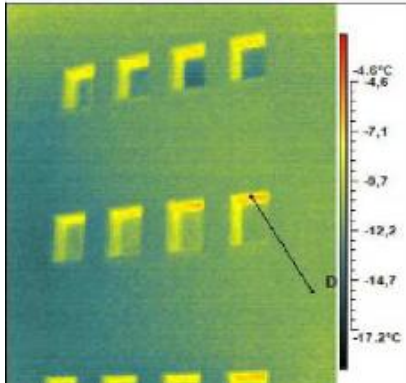
### ZŠ Lietavská Lúčka



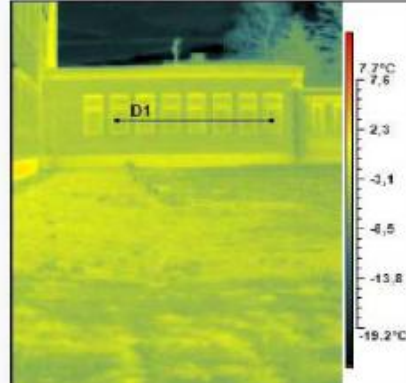
### Hodnotenie realizácie obnovy ZŠ

- overovanie meraním
- kontrola homogenity a TM termovíziou I. 2 011
- overenie stavu vnútorného prostredia kvality a výmeny vzduchu
- overenie denného osvetlenia učební\* (nad rámec v.ú.)
- vyhodnotenie údajov z prevádzky:
  - vykurovacej sezóny 2010/2011 a 2011/2012
  - energetická bilancia

Východná fasáda školy



Spojovacia chodba – severná fasáda školy

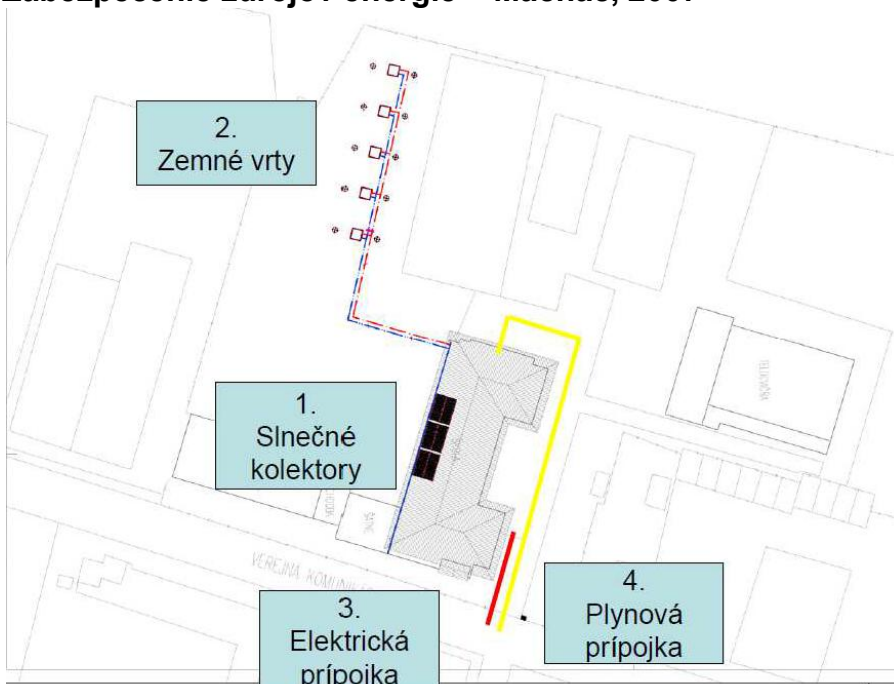


### Meranie stavu vnútorného prostredia v ZŠ Lietavská Lúčka na

- overenie výmeny vzduchu,
  - kvality vzduchu po obnove budovy
  - stav vnútorného prostredia v ZŠ.
- podrobnejšie meranie od: 27. 9. 2010 do 1. 10. 2010
  - údaje z prevádzky zaznamenané riadiacim systémom v kotolni boli analyzované od 4.10. do 17.10. 2010.

stav vnútorného prostredia na začiatku vykurovacej sezóny pri zásobovaní budovy ZŠ teplom

### Zabezpečenie zdrojov energie Machač, 2007



### Zdroje tepla

- Slné absorbéry – ca. 70 m<sup>2</sup>,

- Zemné vrty v kombinácii s tepelným čerpadlom – tepelný výkon približne 65 kW,
- Kaskáda plynových kondenzačných kotlov s tepelným výkonom približne 3 x 49 kW

### Systém kontrolovaného vetrania

- VZT jednotka s vysokouúčinným systémom SZT (až 90 %)
- Zariadenie s premenlivým prietokom vzduchu umožňuje úsporu elektrickej a tepelnej energie.  
Prevádzka riadená časovým programom
- Individuálne nastaviteľné nožstvo privádzaného vzduchu do jednotlivých priestorov
- Útlmový režim mimo prevádzkových hodín

### Prevádzka tepelného čerpadla a vzduchotechniky

- určujúcim faktorom na prevádzku zariadení TZB, ktoré používajú elektrickú energiu je jej cena a tarifa.
- systémy techniky prostredia sa prevádzkujú iba v čase nízkej tarify.

#### Nízka tarifa je v čase:

Po...Pia 00:00...09:05 10:05...12:15 13:15...16:05 17:05...19:35 20:35...24:00  
So...Ne 00:00...02:45 03:45...10:00 11:30...15:20 16:50...24:00

#### Časový program pre vzduchotechniku:

Po...Pia 7:00...09:00 10:15...12:00 13:30...15:05 17:30...19:00 20:45...22:00



Vzduchotechnické zariadenie sa prevádzkuje prerušovaným spôsobom, čo môže ovplyvniť kvalitu vnútorného vzduchu v čase prerušenia prevádzky

### Kritériá na overenie stavu vnútorného prostredia

#### Zabezpečenie tepelnej pohody

Podľa prílohy k vyhláške č. 15/1999 Z.z. vykurované priestory základných škôl a škôlok musia mať zabezpečené nasledovné vnútorné výsledné teploty (°C):

- kancelárie, učebne, laboratória, jedálne 20°C
- vykurované vedľajšie miestnosti (chodby, schodište, WC, šatne len pre vrchný odev, atď.) 15°C
- ordinácie a ošetrovne 24°C

Súčtová teplota miestnosti  $\theta_{ai} + \theta_s \geq 38^\circ\text{C}$

Predpokladá sa teplota vzduchu 20°C a priemerná teplota vnútorných plôch 18°C.

Pocit chladu závisí najmä od rozdielu teplôt  $\Delta\theta = \theta_{ai} - \theta_{si}$

#### Vlhkosť vzduchu

Vo všeobecnosti sa akceptuje pri budovách bez zvlhčovania vzduchu a odvlhčovania vzduchu relatívna vlhkosť v rozsahu od 40 do 60 %.

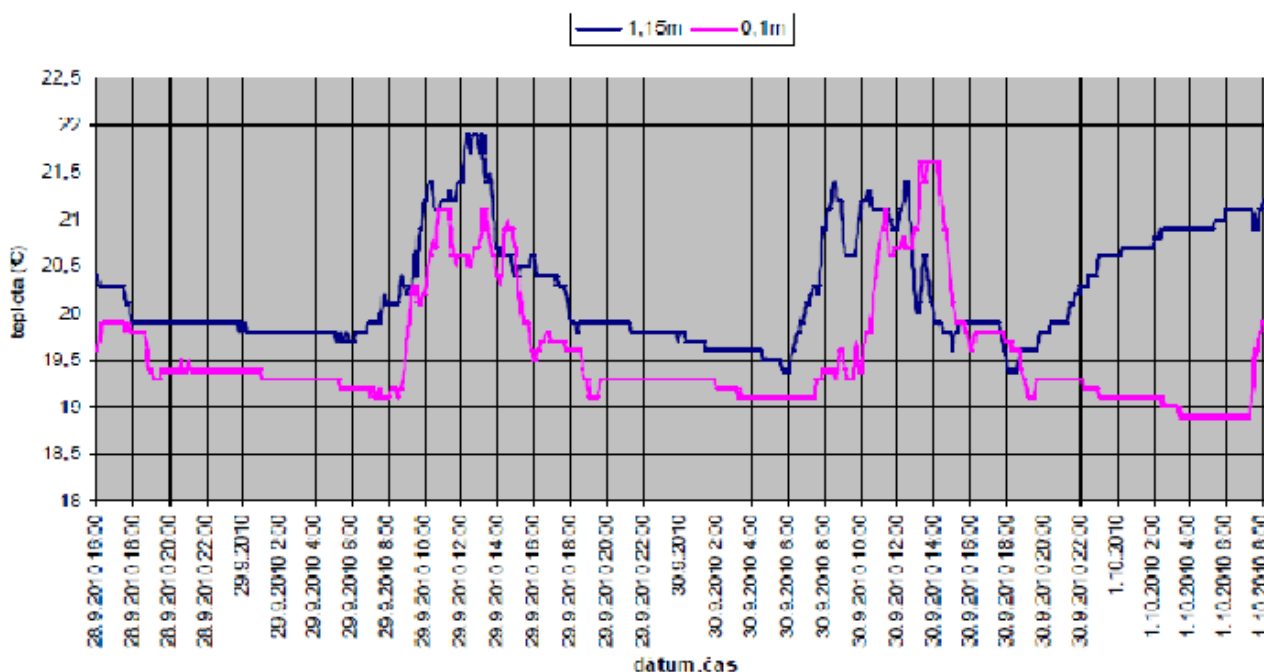
### Kategórie (kvalita) stavu vnútorného prostredia STN EN 15 251: 2008

Kategória	Vysvetlenie
I	Vysoká úroveň očakávania, odporúča sa pre priestory užívané veľmi senzitívnymi a krehkými užívateľmi so špeciálnymi požiadavkami, ako sú telesne postihnutí, chorí, veľmi malé deti a starší ľudia.
II	Normálna úroveň očakávania, odporúča sa pre nové a rekonštruované budovy.
III	Prijateľná, priemerná úroveň očakávania, odporúča sa pre existujúce budovy
IV	Hodnoty parametrov mimo kritérií vyššie spomenutých kategórií.

## Výsledky meraní stavu vnútorného prostredia, Učebňa fyziky 2. NP. Teplota guľového teplomera a teplota vzduchu

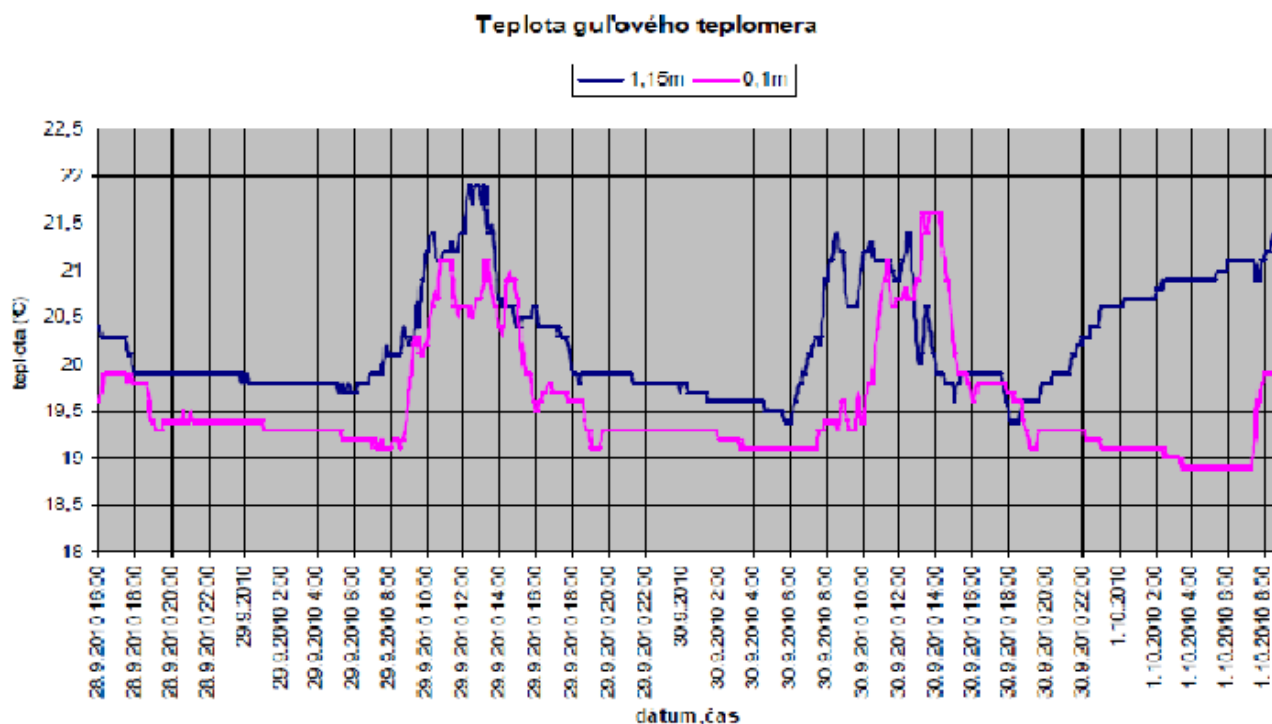


Teplota guľového teplomera



Vyhodnotenie: Teplota guľového teplomera sa pri nízkych hodnotách prúdenia vzduchu dá považovať za priemernú povrchovú teplotu jednotlivých konštrukcií miestnosti. Táto počas merania nikdy nepoklesla pod 18 °C, teda je splnená požiadavka rovnice (1). Gradient teploty je dodržaný a má reálny charakter. Malá anomália sa vyskytla 30.9. od 12.00 do 15.00 hodiny. Tá bola spôsobená ožiarением snímača 0,1 m nad podlahou slnečným žiarením pri jasnej oblohe. Konštatujeme, že priemerná povrchová teplota konštrukcií

miestnosti pri meraní nespôsobuje príčiny lokálnej tepelnej nepohody z dôvodu jej nízkej hodnoty.



Vyhodnotenie Relatívna vlhkosť vzduchu v zborovni, je v rozsahu 50 až 60 % a spĺňa požiadavku na odporúčanú hodnotu pre pobyt a prácu. Relatívna vlhkosť vzduchu v učebni fyziky sa pohybovala v rozsahu 60 až 74 %. Je faktom, že hodnoty okolo 60 % sa dosiahli aj v noci pri neobsadenej učebni. To signalizuje, že bez úpravy vzduchu v učebniach (odvlhčenia) sa nedajú dosiahnuť hodnoty 40 – 50 %. Produkcia vodnej pary pri vydychovaní 20-30 detí spôsobí vyššie hodnoty relatívnej vlhkosti vzduchu.

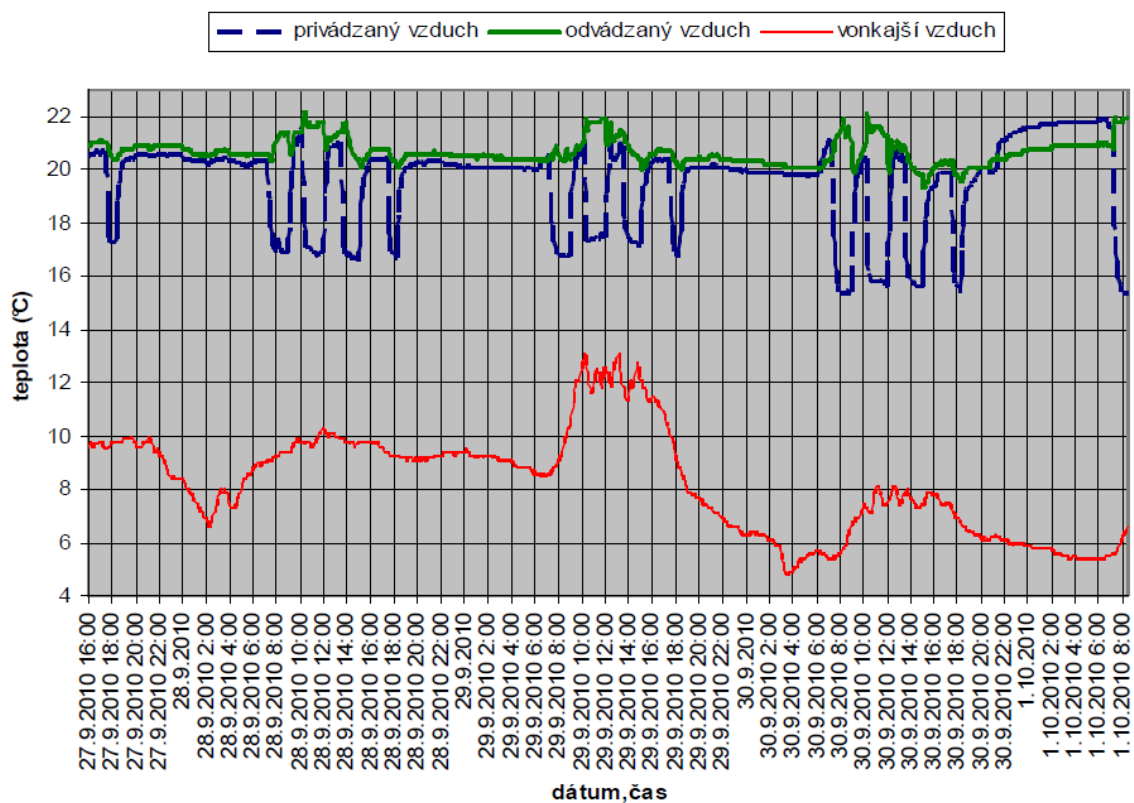
### Vyhodnotenie

Relatívna vlhkosť vzduchu v zborovni, je v rozsahu 50 až 60 % a spĺňa požiadavku na odporúčanú hodnotu pre pobyt a prácu. Relatívna vlhkosť vzduchu v učebni fyziky sa pohybovala v rozsahu 60 až 74 %. Je faktom, že hodnoty okolo 60 % sa dosiahli aj v noci pri neobsadenej učebni. To signalizuje, že bez úpravy vzduchu v učebniach (odvlhčenia) sa nedajú dosiahnuť hodnoty 40 – 50 %. Produkcia vodnej pary pri vydychovaní 20-30 detí spôsobí vyššie hodnoty relatívnej vlhkosti vzduchu.

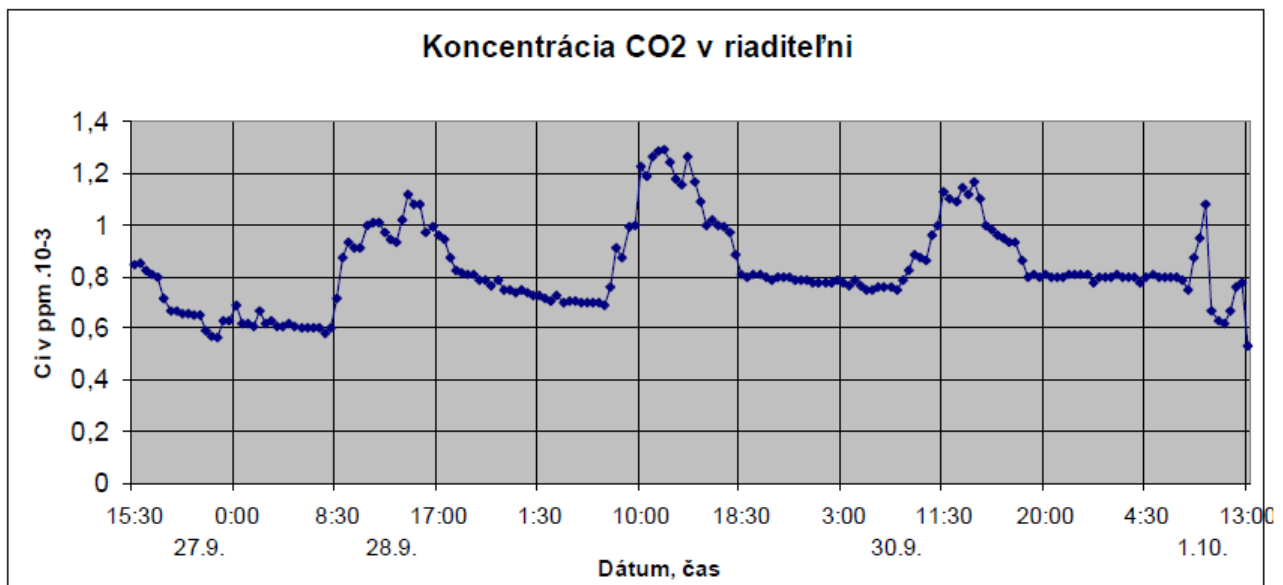
### Výmena vzduchu a kvalita vzduchu v miestnostiach ZŠ Lietavská Lúčka



Teplota privádzaného,odvádzaného a vonkajšieho vzduchu

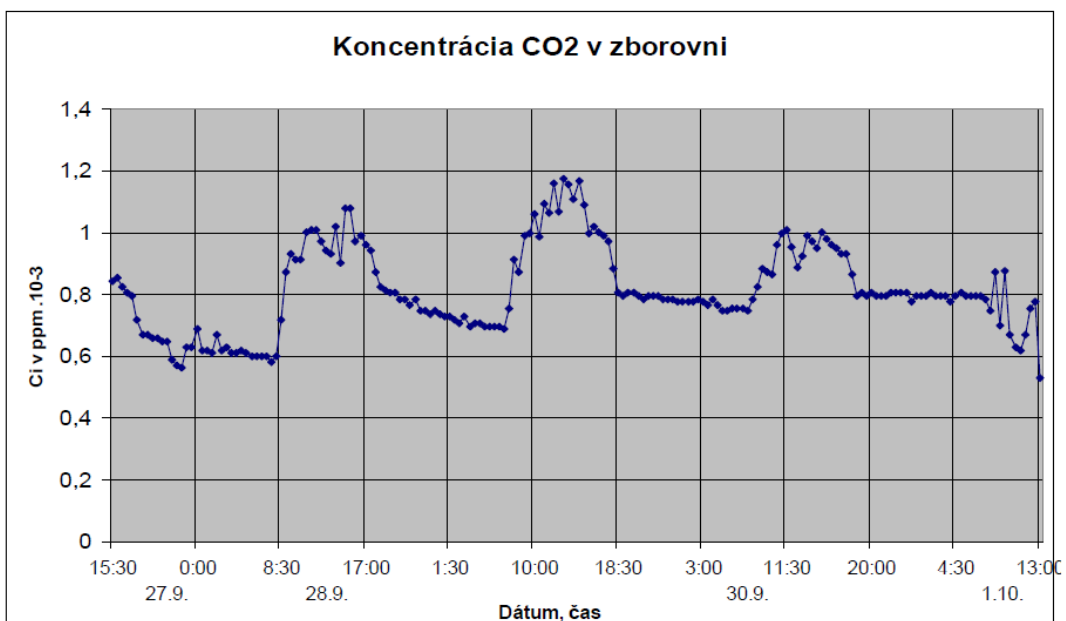


Meranie kvality vzduchu sa uskutočnilo pomocou meračov koncentrácie oxidu uhličitého



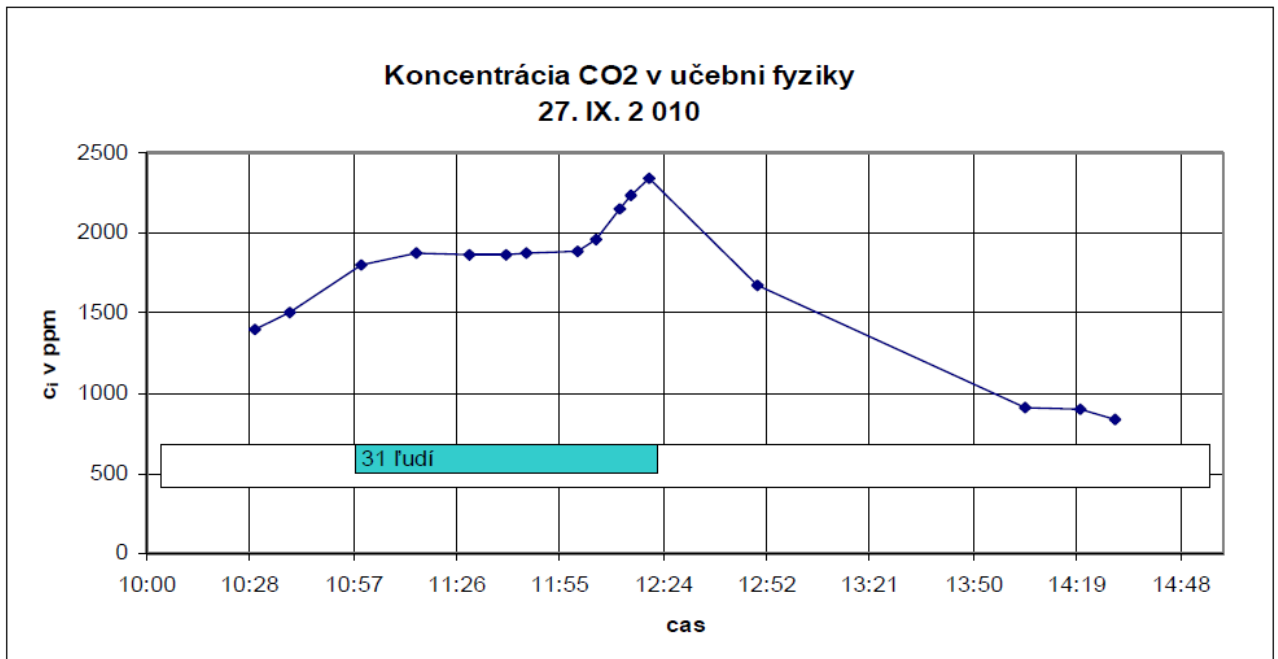
Vyhodnotenie:

Katégoria	ci v ppm
I.	do 750
II.	do 900
III.	do 1 200
IV.	nad 1 200





Vyhodnotenie: Koncentrácia CO<sub>2</sub> v zborovni neprekročila 1 200 ppm. Teda kvalita vnútorného vzduchu sa pohybovala v kategórii I. , II. a III. Pravdepodobne sa uplatnilo privetrávanie cez okná. Nasvedčujú tomu náhle poklesy CO<sub>2</sub> medzi jednotlivými odpočtami.



### Metódu zriedenia koncentrácie sa určila výmena vzduchu

- pri vypnutom mechanickom vetraní

čas	ci v ppm	
10:30	1400	
10:40	1500	
11:00	1800	
11:15	1871	
11:30	1860	
11:40	1864	
11:46	1874	
12:00	1890	
12:05	1961	
12:12	2152	
12:15	2239	
12:20	2341	
12:50	1677	
14:05	913	
14:20	897	
14:30	841	

Intenzita výmeny vzduchu v čase od 12:20 do 14:20 27. 9. 2 010 bola:

$$n = \frac{\ln(2341) - \ln(897)}{2} = 0,48 \text{ 1/h}$$

Výmena vzduchu  $n = 0,48 \text{ 1/h}$  bola:

- pri už neobsadenej miestnosti
- pri vypnutej vzduchotechnike,
- je nízka, ak by sa
- uplatnila pri vyučovaní a obsadení učebne žiakmi.

### Čiastkový záver

Teplotný stav stavebných konštrukcií a vnútorného prostredia kontrolovaný :

- teplotou guľového teplomera
- teplotou vzduchu
- teplotou vnútorných povrchov stavebných konštrukcií
- relatívnou vlhkosťou vzduchu

je v súlade s požiadavkami technických predpisov. Teda neboli zistené také odchýlky od normalizovaných hodnôt, ktoré by poukazovali na nevhodný návrh stavebnej konštrukcie alebo vykurovacieho systému.

Pri hodnotení vetracieho systému z hľadiska kvality vzduchu sa dosiahli výsledky v jednotlivých miestnostiach a rozličných prevádzkových situáciách v rozsahu od: kategórie kvality: I. až po IV. kategóriu kvality vzduchu.

### Tu konštatujeme:

Vzduchotechnika /bez ohrievača, iba rekuperátor/ sa prevádzkuje len v čase nízkej tarify a podľa časového programu, **ale iba ak nie je dosahovaná požadovaná kvalita vzduchu**. Táto sa meria (kontroluje) v odvádzanom vzduchu.

Vzduchotechnické zariadenie sa prevádzkuje na konštantné otáčky, tak ako bolo uvedené do prevádzky pri odovzdaní. Tu vzniká možno potreba vyskúšať iný prevádzkový režim, ktorý by zabezpečil vyššiu kvalitu vnútorného vzduchu.

Určitá pochybnosť môže byť aj o presnosti snímačov CO<sub>2</sub> s systéme.

V svetovej literatúre sa upozorňuje na nutnosť periodického preciachovania snímačov, lebo tieto môžu negatívne ovplyvniť prevádzku vetrania.

Dátum:	4. 10. 2 010					
hod:	6:40		15:10		18:30	
Vonk. Teplota	3.5		16.8		14.5	
	c <sub>i</sub> v ppm		c <sub>i</sub> v ppm		c <sub>i</sub>	
m 1.16	908		879		848	
m 1.17	479		684		638	
m 1.23	800		1090		967	
m 3.1	947		883		870	
m 3.2	1828		1875		1781	
m 3.4	989		909		923	
m 3.5	773		794		736	
m 3.6	1277		1300		1163	
m 3.11	891		845		817	
m 3.17	1734		1549		1480	

Teda pred začiatkom vyučovania je v niektorých triedach vysoká koncentrácia CO<sub>2</sub>. Vetrací systém ju nie je schopný počas prerušovanej prevádzky znížiť. Teda jediným východiskom je intenzívne a riadené prívetrávanie oknami (napr. pod dozorom učiteľa), ak chceme dosiahnuť lepšiu kvalitu vnútorného vzduchu. Celkove však kvalita vzduchu nedosiahla nikdy kritické hodnoty koncentrácie CO<sub>2</sub>. Za takúto sa považuje hodnota 5 000 ppm.

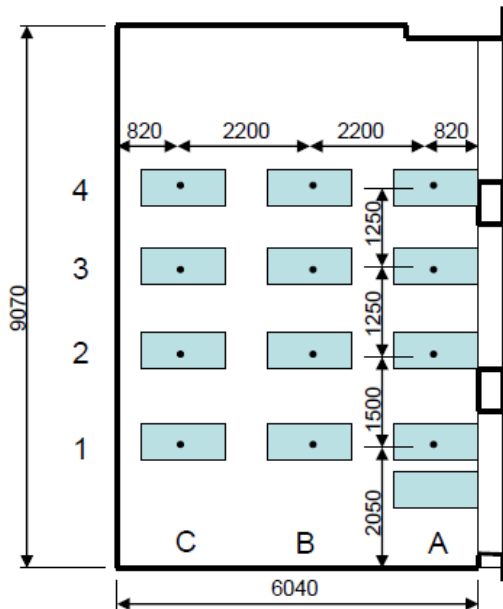
### Denné osvetlenie kmeňovej učebne v ZŠ v Lietavskej Lúčke

#### Meracie prístroje:

- luxmetre Hagner, typ EC1, rozsahu 0,1 – 200 000 luxov, presnosť ± 3 %,
- jasomer Hagner, typ S2, presnosť ± 5 %.
-



**Popis miesta merania - pôdorys učebne a sieť meraných bodov**



**Fotodokumentácia**



**Popis metódy merania resp. odvolanie na príslušný predpis**

merania sa vykonali v súlade s:

- STN 36 0014 Meranie denného osvetlenia,
- Štandardná metodika - meranie a hodnotenie osvetlenia. Bratislava : Ministerstvo zdravotníctva SR, 1997.

### Namerané hodnoty

Meraný bod	Meranie č. 1		Meranie č. 2		Priemerný činiteľ dennej osvetlenosti (%)
	Osvetlenosť		Osvetlenosť		
	interiérová (lx)	exteriérová (lx)	interiérová (lx)	exteriérová (lx)	
A1	244	3600	274	3630	7,2
A2	236	3300	271	3810	7,1
A3	310	3150	316	3730	9,1
A4	198	3330	252	3760	6,4
B1	70	3300	82	3670	2,2
B2	79	3240	87	3700	2,4
B3	85	2770	90	3610	2,4
B4	89	3350	98	3830	2,6
C1	49	3450	52	3270	1,5
C2	53	3840	58	3530	1,5
C3	54	4090	55	3830	1,4
C4	54	3780	53	3850	1,4

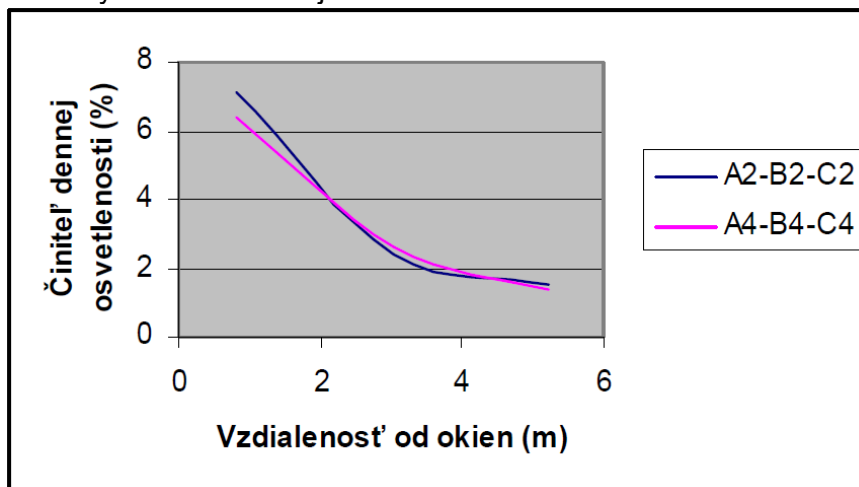
V meranej sieti bodov sa namerali tieto charakteristické hodnoty denného osvetlenia:

- minimálna osvetlenosť 1,4 %
- maximálna osvetlenosť 9,1 %
- priemerná osvetlenosť 3,76 %
- pomer min.: max. osvetlenosti 0,21
- pomer min.: priem. osvetlenosti 0,32

Porovnanie výsledných nameraných hodnôt s predpísanými:

- podľa tab.1 STN 73 0580-1, ktorá triedi zrakové činnosti a pre ne predpisuje minimálne hodnoty
- činiteľov denného osvetlenia, sú učebne zaradené do IV. triedy zrakovej činnosti,
- pre jednostranné bočné denné osvetlenie sa v IV. triede zrakovej činnosti požaduje minimálna hodnota činiteľa dennej osvetlenosti na porovnávacej rovine 1,5 %.

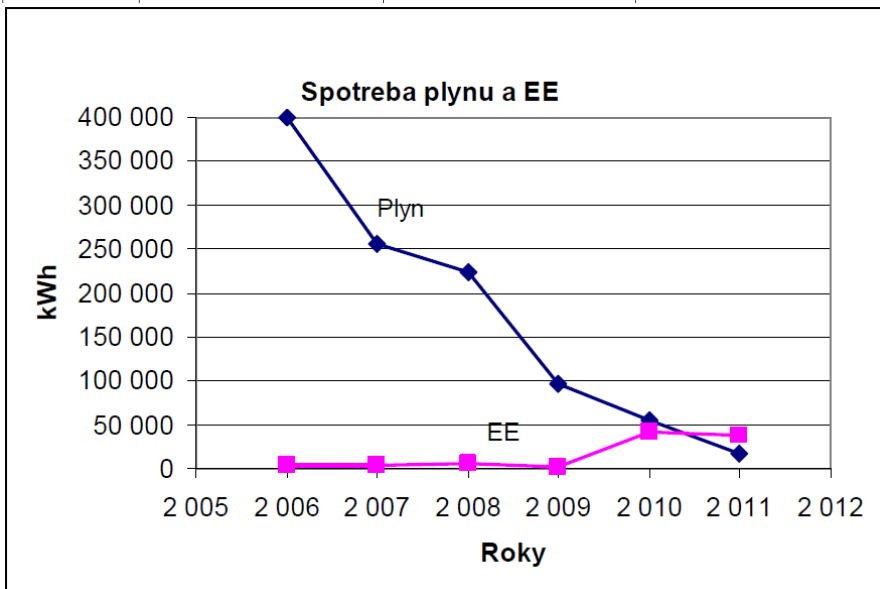
Priebehy činiteľov dennej osvetlenosti



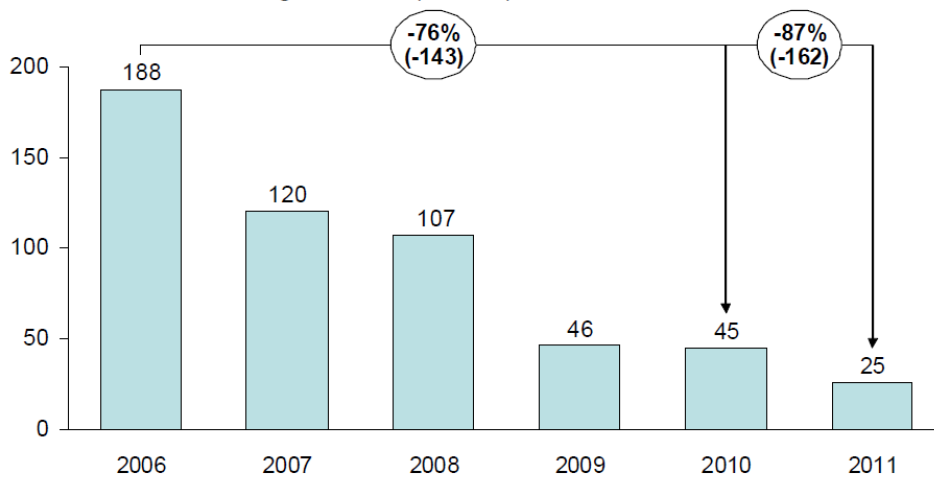
### Energetická bilancia budovy – energetické ukazovatele

Celková spotreba energie na vykurovanie zahŕňa spotrebu plynu a elektrickej energie. Podlahová plocha budovy ZŠ sa uvažuje podľa projektového hodnotenia  $A_b = 2\,154\text{ m}^2$ .

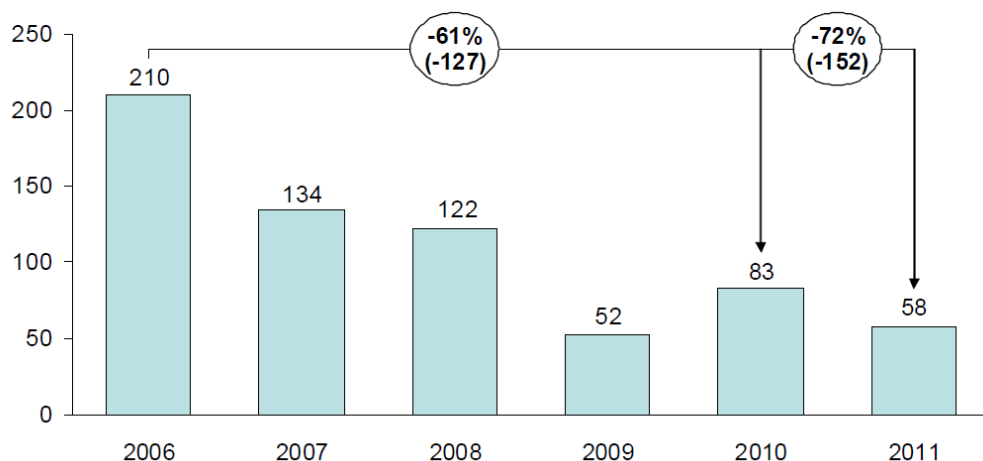
Rok	Celková spotreba energie v kWh/rok	Celková spotreba energie v kWh/(m <sup>2</sup> .rok)
2 006	404 112	187,6
2 007	258 677	120,1
2 008	229 819	106,7
2 009	99 434	46,2
2 010	96 515	44,8
2 011	54 505	25,3



Dodaná energia v kWh/(m<sup>2</sup>.rok) vzhľadom k roku 2006



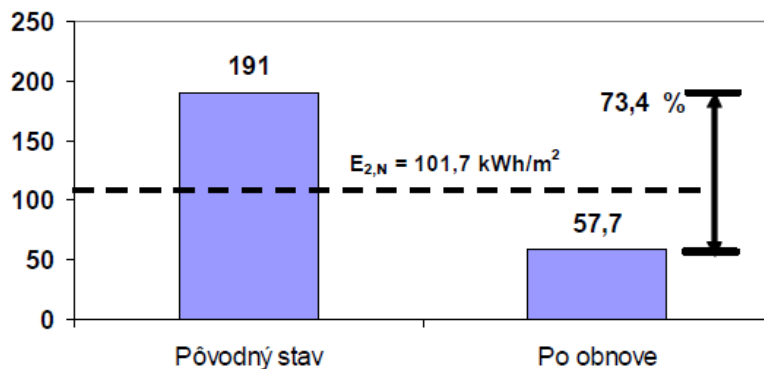
### Primárna energia v kWh/(m<sup>2</sup>.rok) vzhľadom k roku 2006



### Projektované vlastnosti stavebných konštrukcií a budovy

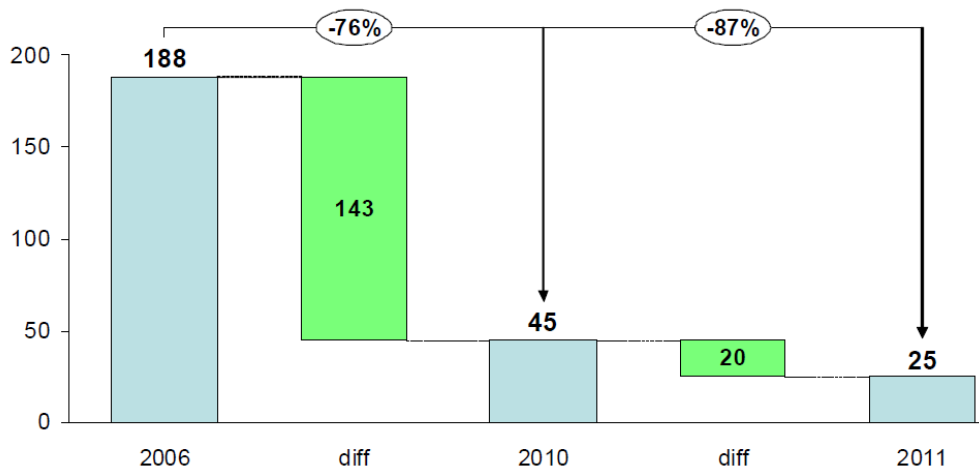
Stavebná konštrukcia	$U$ vo $W/(m^2.K)$ Vypočítaná hodnota	$U_N$ vo $W/(m^2.K)$ Maximálna hodnota	Posúdenie podľa STN 73 0540-2: 2002
Obvodová stena hr. 270 mm	0,19	0,46	Vyhovuje
Obvodová stena hr. 375 mm	0,17	0,46	Vyhovuje
Strecha školy	0,095	0,30	Vyhovuje
Strecha šatní	0,093	0,30	Vyhovuje
Podlaha na teréne	0,33	$R = 1,0$ až $1,5$	Vyhovuje
Okná plastové s dvojsklom	1,60	2,0	Vyhovuje
Zasklenie dvojnásobné	$g = 0,63$	-	Nehodnotí sa

### Potreba tepla na vykurovanie v kWh/m<sup>2</sup>



### Úspory pri dodanej energii vzhľadom k roku 2006

Dodaná energia v kWh/(m<sup>2</sup>.rok) vzhľadom k roku 2006



### Všeobecné odporúčania na navrhovanie obnovy škôl

**Steny:** z hľadiska požadovaných tepelnotechnických vlastností sa odporúča obnova s KZS (kontaktným zatepľovacím systémom). Pri pôvodnej konštrukcii s tepelným odporom od tepelného ekvivalentu  $R = 0,55 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  až po hodnoty  $R = 1,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (zodpovedajúce ČSN 73 0540 po roku 1983) odporúčané hrúbky účinných tepelných izolácií pre KZS sú na dosiahnutie ultranízkoenergetickej budovy alebo budovy s takmer nulovou spotrebou energie podľa požiadaviek STN 73 0540-2: 2012 od 140 mm do 200 mm. Tepelný odpor účinného tepelného izolantu v KZS od 3,5 do 5,0 m<sup>2</sup>.K/W.

**Strecha:** Na dosahovanie tepelných odporov cca 9,9 m<sup>2</sup>.K/W pre ultranízkoenergetické budovy a budovy s takmer nulovou spotrebou energie (STN 73 0540-2: 2012) je výhodná pultová strecha s tepelnou izoláciou položenou na stropnej konštrukcii. Pri iných riešeniach treba uvažovať hrúbku tepelnej izolácie cca 400 mm.

**Okná:** na obnovu základných škôl je výhodné a možné použitie nízkoemisných dvojskiel. Nerobia prekážky v dosahovaní vyhovujúceho činiteľa dennej osvetlenosti. Trojsklá by mohli byť z tohto hľadiska problémom. V poslednom období však výrobcovia ponúkajú trojsklá so zvýšenou priepustnosťou slnečného žiarenia a činiteľom svetelnej priepustnosti na úrovni dvojskla. V čase projektovania a realizácie obnovy ZŠ takáto možnosť nebola. Teda existuje možnosť aplikácie

trojskiel typu Lux. Dôsledkom je tu ešte malý potenciál úspor v potrebe tepla na vykurovanie vplyvom trojskiel so zlepšenou priepustnosťou slnečného žiarenia a svetla.

**Vonkajšie tienenie okien:** zohralo veľmi pozitívnu úlohu. Podľa dotazníkového prieskumu si ju pochvaľovali užívatelia. Najmä v prechodnom a letnom období sa osvedčilo ich používanie.



**Vykurovací systém:** zvolená koncepcia zásobovania teplom bola technicky vyspelá, ale možno na širšie aplikácie obnovy ZŠ v SR netypická. Teda odporúča sa v prípade aplikácie obnoviteľných zdrojov energií pri aplikácii tepelného čerpadla aj aplikácia fotovoltiky. Navrhnutý systém zásobovania teplom pomocou solárnych kolektorov bol viacmenej určený na vyhrievanie zemných vrtov, a nenašiel uplatnenie pre plávajúce piesky v mieste lokality budovy ZŠ.

**Vetrací systém:** ak sa aplikuje mal by mať dohrev vzduchu. V tomto prípade projektant uvažoval, že dohrev nie je potrebný. Skúsenosti ukázali a dotazníkový prieskum to potvrdil, že vetranie aj keď z vysokoučinným spätným získavaním tepla môže spôsobovať pocity tepelnej nepohody. Určitým problémom je aj vyhýbanie sa používaniu vetracieho systému z dôvodov tarifnej cenovej politiky trhového dodávateľa elektriky. Je preto nevýhodné spúšťať vetrací systém v čase vysokej tarify. Prerušovaná prevádzka vetracieho systému síce šetrí energiu, ale môže byť príčinou tepelnej nepohody v zimnom období.

**Solárne kolektory:** navrhli sa v projekte, ale ukázala sa ich problematická využiteľnosť v objekte školy. V podstate sa použili iba na vyhrievanie zemných vrtov pre tepelné čerpadlá. Ich efektívnosť je problematická. Dnes sa ukazuje, že najvýhodnejšia aplikácia solárnych panelov by bola fotovoltická aplikácia. Táto v čase projektovania ešte nebola dostupná. Dnes by bola najvhodnejšou aplikáciou najmä v kombinácii s tepelnými čerpadlami.





**Meranie a regulácia:** zariadenia regulácie majú podstatný vplyv na dosahovanie predokladaných navrhovaných stavov vnútorného prostredia pri prevádzke školského zariadenia. Regulácia má podstatný vplyv na úspory energií vplyvom útlmových režimov pri prevádzke školského zariadenia.

**Obsluha a prevádzka:** Prevádzka kotolne si vyžiadala osobitné nároky na obsluhu zariadení. Zložitý systém technických zariadení si vyžiadala veľmi kvalifikovanú obsluhu. Prakticky činnosť zabezpečuje elektrotechnický ing. na dohodu o vykonaní práce. Jeho príspevok do doladenia prevádzky a regulácie bol veľmi podstatný. Prejavil sa výraznou zmenou spotreby energie zo 45 na 25 kWh/m<sup>2</sup> (2010 – 2011). Nastavenie činnosti a regulácie, každodenná starostlivosť sú významným faktorom udržania potenciálu technických zariadení budovy na projektovanej úrovni.

**Náklady na obnovu 1 m<sup>2</sup> podlahovej plochy: 881,60 EUR.**