



# Katedra energetickej techniky



**PROGRAM  
CEZHRANIČNEJ  
SPOLUPRÁCE**  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



**EURÓPSKA ÚNIA  
EURÓPSKY FOND  
REGIONÁLNEHO ROZVOJA**  
SPOLOČNE BEZ HRANÍC



## Výsledky merania emisných faktorov pri spaľovaní hnedého uhlia a komunálnych odpadov

18.-19.06.2015 Horní Bečva

Ing. Martin Vantúch, PhD.

V rámci projektu :

Vplyv spaľovania komunálneho odpadu v malých zdrojoch tepla na životné prostredie v obciach - ITMS 22420220037



# Katedra energetickej techniky

## Merané emisné veličiny a látky

<b><math>t_k</math></b>	[°C]	- komínová teplota
<b><math>P_k</math></b>	[Pa]	- komínový ťah
<b><math>O_2</math></b>	[%]	- koncentrácia $O_2$ v spalinách
<b><math>CO_2</math></b>	[%]	- koncentrácia $CO_2$ v spalinách
<b>CO</b>	[ppm]	- koncentrácia CO v spalinách
<b><math>NO_x</math></b>	[ppm]	- koncentrácia $NO_x$ v spalinách
<b><math>P_{kot}</math></b>	[kW]	- výkon teplovodného kotla Viadrus
<b>PCDD/F</b>	[ng/kg]	- hmotnosť polychlórovaných dibenzo-p-dioxínov/furanov na 1 kg paliva
<b>PCB</b>	[ng/kg]	- hmotnosť polychlórovaných bifenylov na 1 kg paliva
<b>PAU</b>	[mg/kg]	- hmotnosť polyaromatických uhľovodíkov na 1 kg paliva

Z každých variant nákladky paliva resp. zmesi paliva za vypočítali priemery emisných faktorov a výkonu a bol vykonaný samostatný odber spalín pre stanovenie dioxínov, furánov, bifenylov a polyaromatických uhľovodíkov.

# Katedra energetickej techniky

## Merané emisné veličiny a látky

Tepelný výkon kotla sa určuje podľa nasledujúcej kalorimetrickej rovnice

$$Q = \dot{m}_V \cdot c_V \cdot (t_V - t_R) \quad (\text{W}),$$

kde  $c_V$  je merné špecifické tepelná kapacita teplotného média [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ], pričom pre hmotnostný tok teplotného média platí nasledujúci vzťah

$$\dot{m}_V = \dot{V} \cdot \rho \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}),$$

Pre prepočet CO obsiahnutého v spalinách centrálného zdroja tepla na referenčný  $\text{O}_2$  sa použil nasledovný vzťah

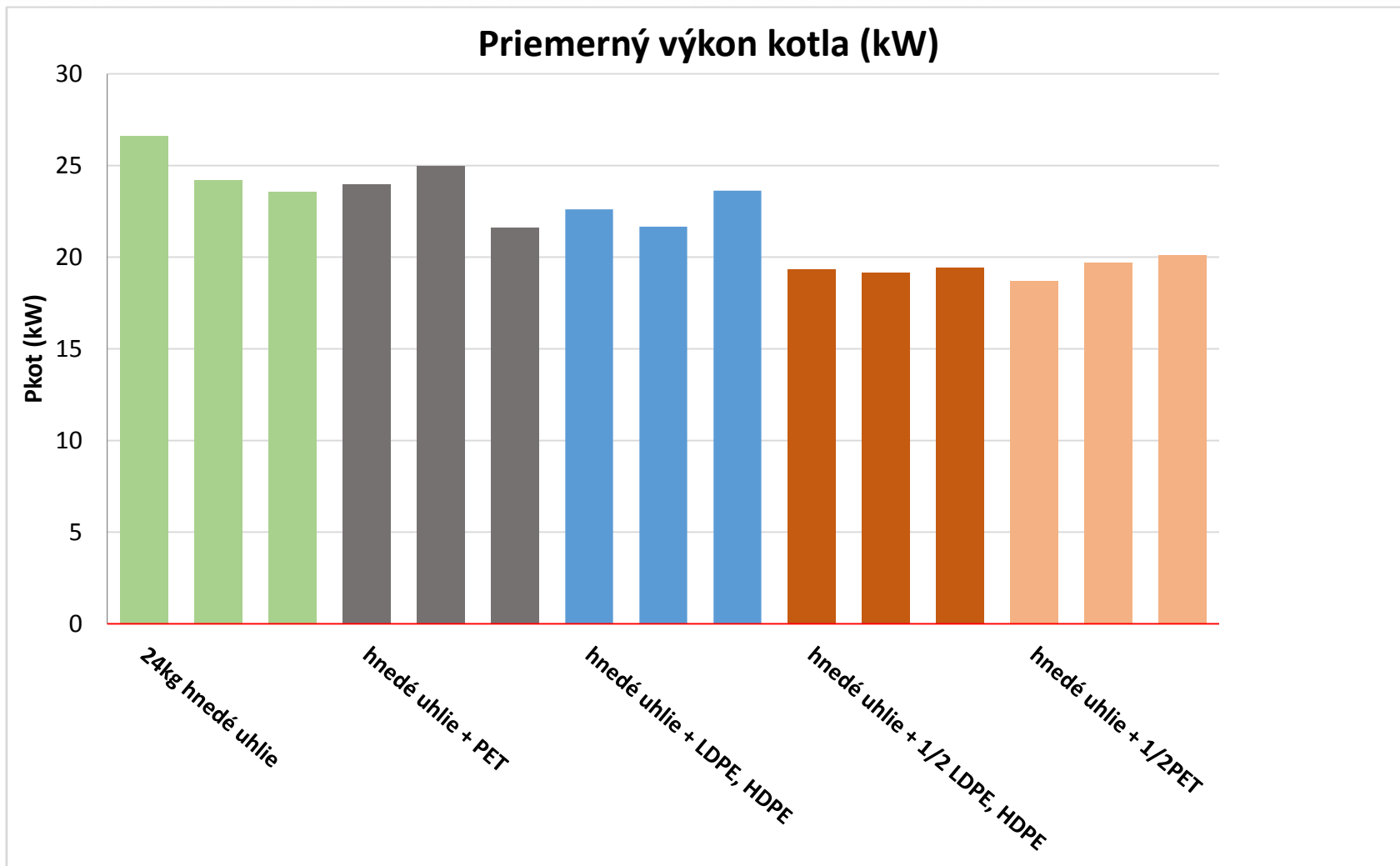
$$CO (\text{O}_{2,\text{ref}}) = CO_{\text{merané}} \cdot d_{\text{CO}} \cdot \frac{(21 - \text{O}_{2,\text{ref}})}{(21 - \text{O}_{2,\text{merané}})} \quad (\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}),$$

Potom pre 10% podiel  $\text{O}_2$

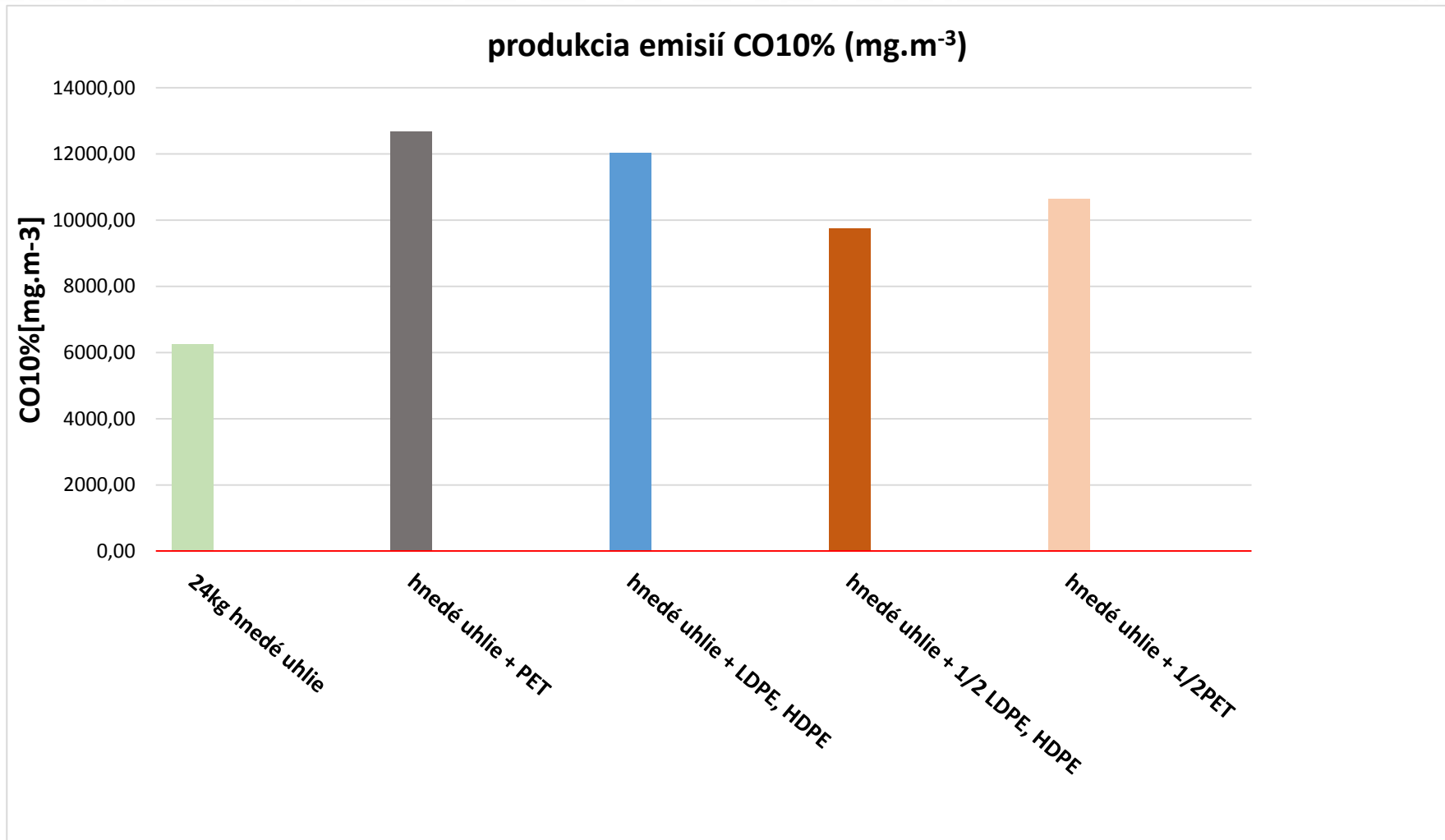
$$CO (10\% \text{O}_2) = CO_{\text{merané}} \cdot d_{\text{CO}} \cdot \frac{(21 - 10)}{(21 - \text{O}_{2,\text{merané}})} \quad (\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}),$$

kde konštanta  $d_{\text{CO}}$  je hustota plynu CO pri porovnávacích podmienkach a nadobúda hodnotu  $1,25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Ostatné emisie sa prepočítavajú obdobne, akurát sa použije príslušná konštanta ( $\text{NO}_x = 2,05$ ,  $\text{SO}_2 = 2,93$ ). Pre Slovensko platí 10% - centrálné zdroje tepla a 13% - lokálne zdroje tepla referenčného podielu  $\text{O}_{2,\text{ref}}$  v spalinách.

# Katedra energetickej techniky

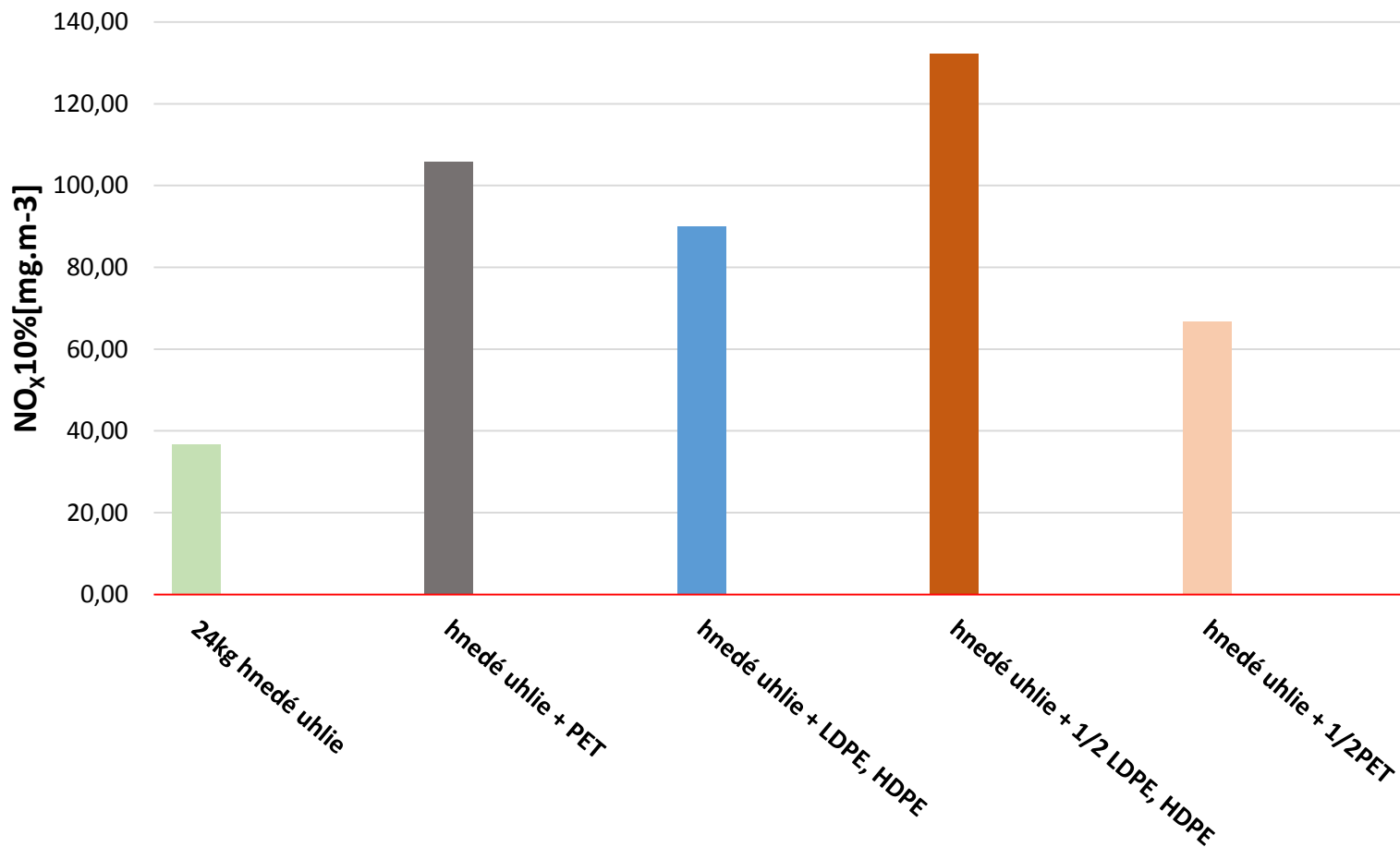


# Katedra energetickej techniky

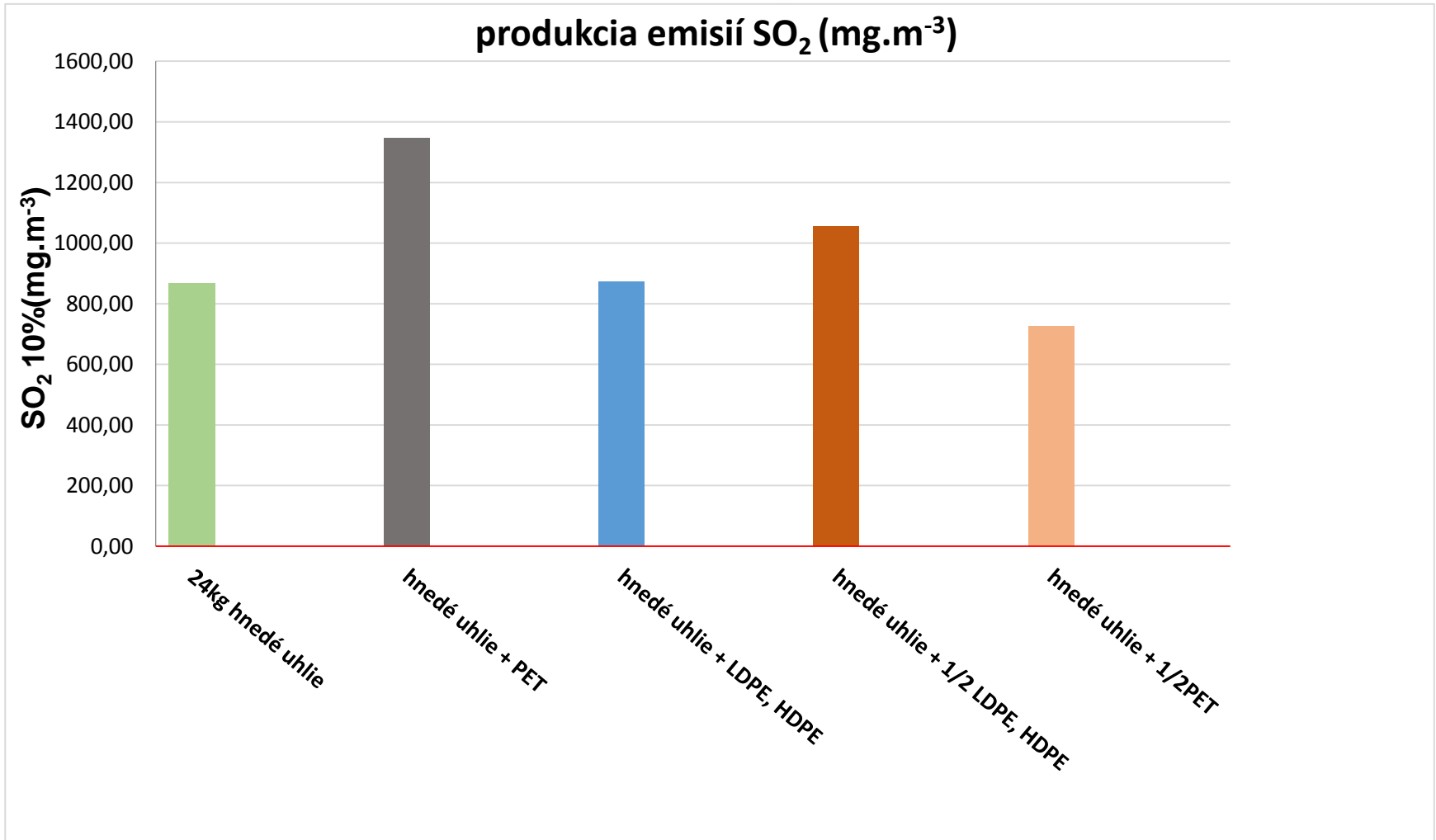


# Katedra energetickej techniky

produkcia emisií NO<sub>x</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)



# Katedra energetickej techniky





# Katedra energetickej techniky

## Stanovenie PCDD/F, PCB a PAU

### **Dioxíny a furány PCDD/F**

Existuje 75 možných kongenérovcv PCDD a 135 kongenérovcv PCDF, pričom vo väčšine prípadov vznikajú furány súčasne s dioxínmi a v životnom prostredí sa vyskytujú spoločne.

Medzi najtoxickejšie látky patrí 2,3,7,8-tetrachlórdibenzo-p-dioxín (2,3,7,8-TCDD) a 2,3,7,8-tetrachlórdibenzofurán (2,3,7,8-TCDF).

### **Polychlórované bifenyly PCB**

PCB tvoria skupinu 209 izomérov, pričom počet atómov je 1 - 10. Ide o veľkú skupinu látok odvodených od bifenylov.

PCB sú environmentálne stabilné chemické zlúčeniny. Sú zmesou 209 individuálnych chlórovaných zložiek (známe ako kongenéry).

Vysoké koncentrácie PCB spôsobujú poškodenie kože ako napr. akné alebo vyrážky. Testy na pracovníkoch potvrdili vznik poškodení prejavujúcich sa symptómami ako zmeny krvi a moču, ktoré predpovedajú poškodenie pečene.

### **Polyaromatické uhľovodíky PAU**

PAU sú organické zlúčeniny zložené z 3 a viacerých aromatických kruhov, ktoré obsahujú len uhlík a vodík. Vznikajú pri tepelnom rozklade a nedokonalom spaľovaní koksu, čierneho uhlia, asfaltu a nafty.

Najvýznamnejšími polyaromatickými zlúčeninami sú: naftalén, acenaftýlen, antracén a benzo(a)pyrén.



# Katedra energetickej techniky

## Stanovenie PCDD/F, PCB a PAU

### Emisné limity pre PCDD/F a PCB

V zmysle vyhlášky MŽP SR č. 706/2002 z.z. o zdrojoch znečisťovania ovzdušia, o emisných limitoch, o technických požiadavkách a všeobecných podmienkach prevádzkovania, o zozname znečisťujúcich látok, o kategorizácii zdrojov znečisťovania ovzdušia a o požiadavkách zabezpečenia rozptylu emisií znečisťujúcich látok, je pre dioxíny a furány stanovený celkový emisný limit **0,1 ngTEQ/m<sup>3</sup>**.

### Limity obsahu PCB v tuhých látkach a pôdach

V zmysle zákona č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov je stanovené limitná hodnota pre PCB na hodnotu **0,05 mg/kg** suchej hmoty.

### Emisné limity pre PAU

Predpis č. 410/2012 Z. z. Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší.

Emisný limit všeobecne platí pre súčet emisií **benzo(a)pyrénu a dibenzo(a,h)antracénu** pri jestvujúcich zariadeniach **0,1 g/h**.

# Katedra energetickej techniky

## Stanovenie PCDD/F, PCB a PAU

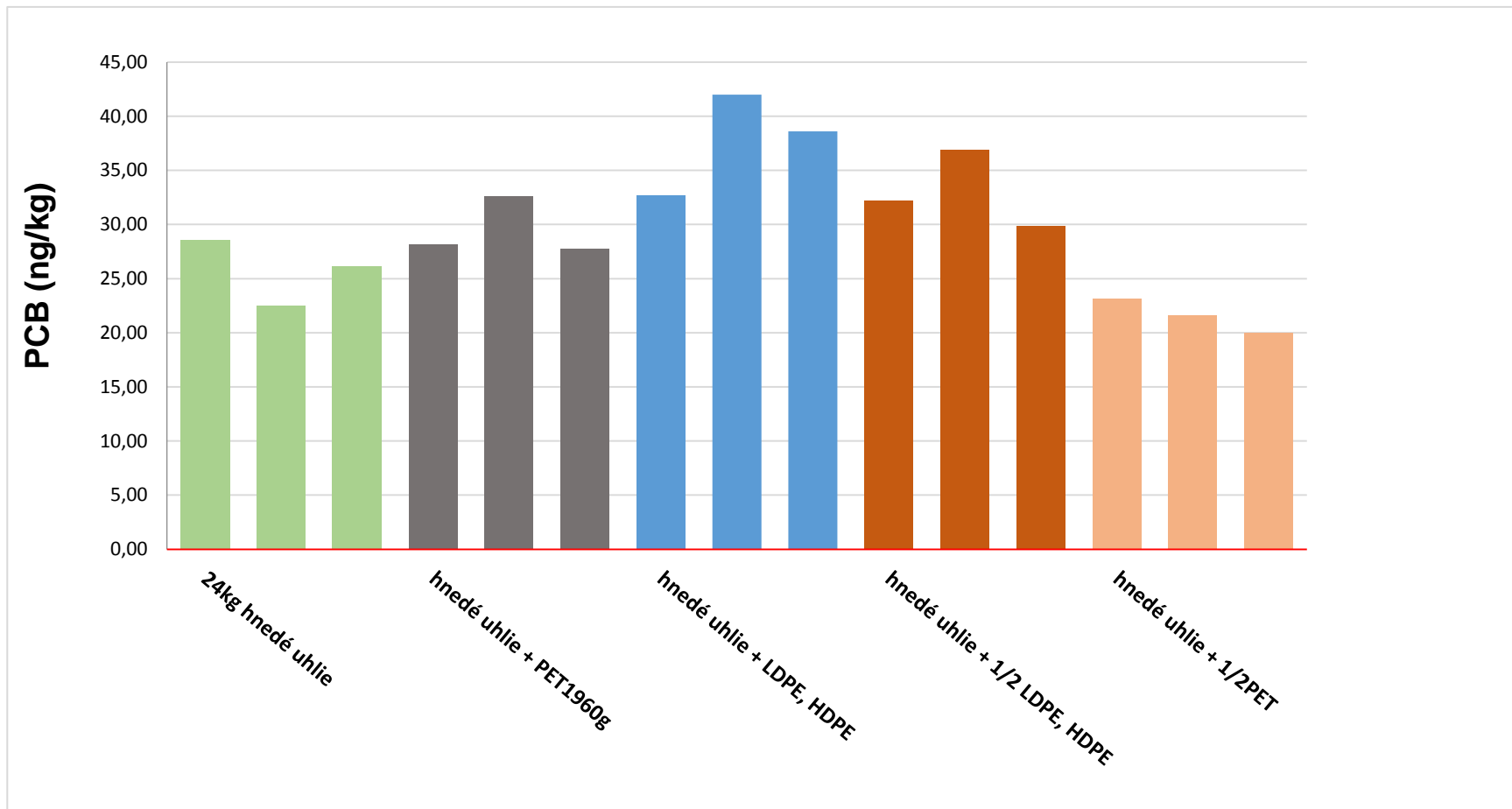
### Pod hranicou detekcie

merané emisie dioxínov a furánov		hnedé uhlie			hnedé uhlie + PET fľaše			hnedé uhlie + LDPE, HDPE tašky			hnedé uhlie + 1/2 LDPE, HDPE tašky			hnedé uhlie + 1/2PET fľaše		
Suma PCDD/F TEQ (Low)	ng/kg	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma PCDD/F TEQ (Hi)	ng/kg	2,15	2,21	2,27	0,62	0,65	0,64	0,59	0,93	1,55	1,12	2,75	1,19	1,12	0,98	1,20
Suma PCDD/F (mid)	ng/kg	1,08	1,10	1,14	0,40	0,32	0,32	0,29	0,53	0,78	0,56	1,34	0,60	0,56	0,49	0,60
<b>merané emisie PCB</b>																
Suma PCB	ng/kg	28,60	22,53	26,17	28,14	32,60	27,76	32,70	42,00	38,60	32,20	36,90	29,85	23,19	21,60	20,00
priemer PCB	ng/kg	25,77			29,50			37,77			32,98			21,60		

- Hodnota TEQ je daná súčtom hodnôt koncentrácií jednotlivých PCDD/F vynásobených hodnotou I-TEF ( medzinárodný faktor toxicity).
- PCDD/F – výsledky pod hranicou detekcie.

# Katedra energetickej techniky

## Stanovenie PCDD/F, PCB a PAU

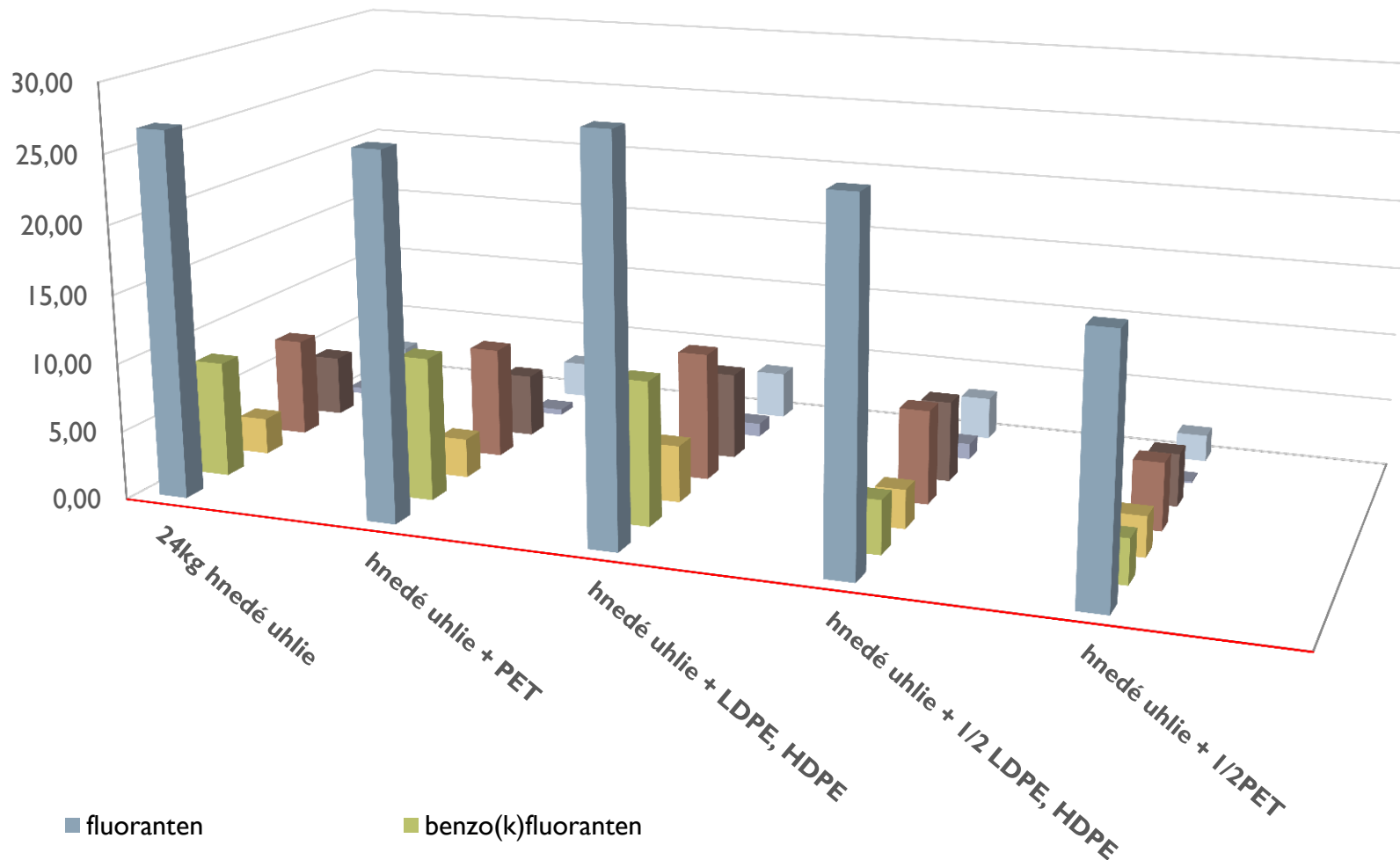


# Katedra energetickej techniky

## Stanovenie PAU

merané emisie polyaromatických uhlíkov PAU		hnedé uhlie			hnedé uhlie + PET fľaše			hnedé uhlie + LDPE, HDPE tašky			hnedé uhlie + 1/2 LDPE, HDPE tašky			hnedé uhlie + 1/2PET fľaše		
<b>Fluorantén</b>	mg/kg	27,21	24,71	28,00	28,14	26,82	24,20	22,29	38,43	25,74	31,42	20,43	25,92	22,40	15,20	18,40
benzo(b)fluorantén	mg/kg	6,52	7,99	10,96	9,79	10,87	10,68	9,75	15,19	6,43	4,40	2,75	4,56	3,36	2,40	4,00
benzo(k)fluorantén	mg/kg	2,86	2,25	2,92	2,87	2,90	2,85	2,51	3,93	6,07	3,06	2,04	3,46	3,44	1,92	3,44
<b>benzo(a)pyrén</b>	mg/kg	6,37	6,90	8,52	7,95	8,70	7,83	7,66	11,62	9,01	7,38	5,50	7,86	5,84	3,76	5,28
indeno(1,2,3-cd)pyrén	mg/kg	4,80	3,92	4,75	5,02	4,71	4,20	4,32	6,70	8,18	6,44	5,18	6,28	4,64	2,08	4,96
dibenzo(a,h)antracén	mg/kg	0,57	0,33	0,43	0,41	0,39	0,49	0,29	0,71	2,02	1,41	1,02	1,10	0,07	<0,06	0,18
benzo(g,h,i)perylén	mg/kg	2,22	2,33	2,56	2,94	2,75	2,28	2,65	4,11	3,68	3,54	2,59	3,30	2,48	1,04	2,40

výkon kotla (kW)



- fluoranten
- benzo(k)fluoranten
- benzo(a)pyren
- indeno(1,2,3-cd)pyren
- benzo(g,h,i)perylene
- dibenzo(a,h)antracenen

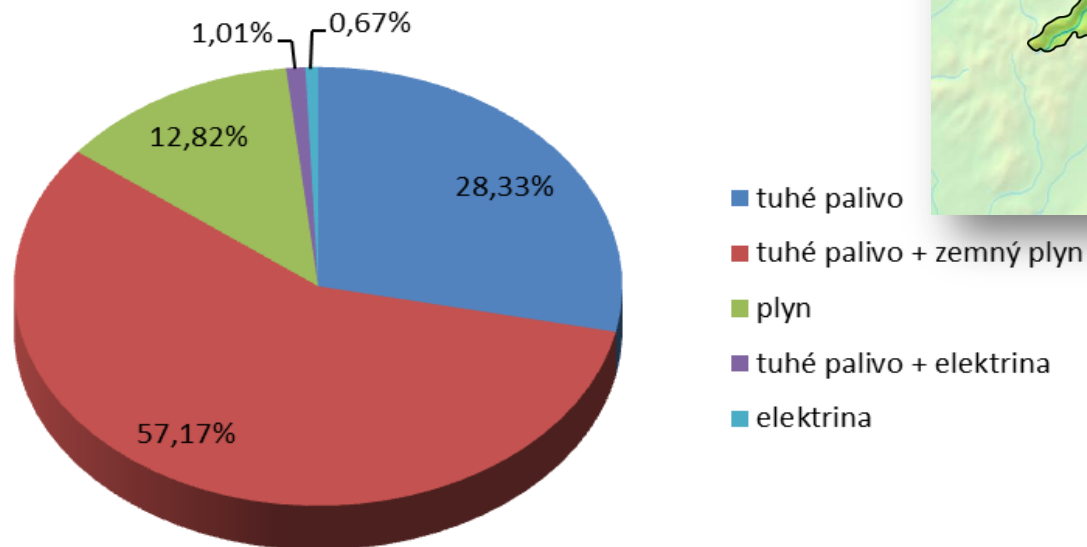
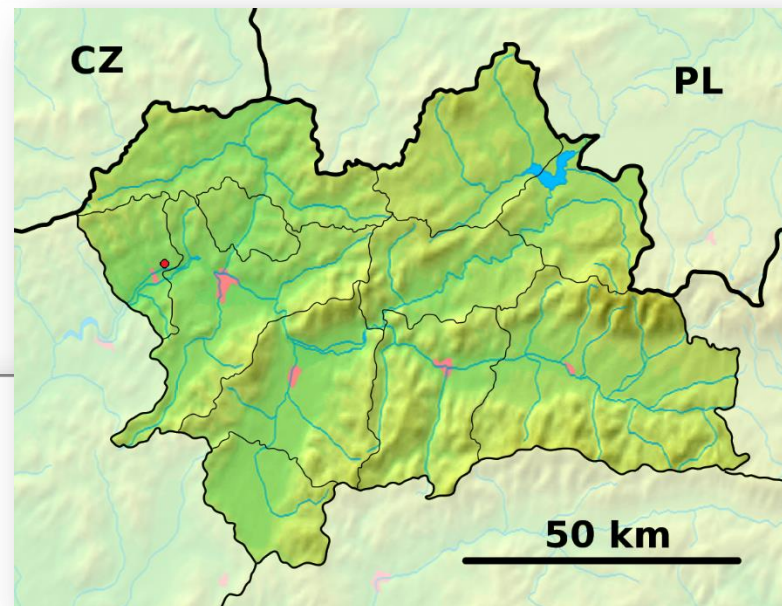
# Katedra energetickej techniky

Obec: **Kotešová**

Počet obyvateľov/domov: 1960/601

Rozloha obce: 2033ha

Poloha obce: severné Slovensko, okres Bytča





# Katedra energetickej techniky

## Modelový dom

Pre modelový dom platí, že jeho stavebné konštrukcie spĺňajú požiadavky tepelno-technickej normy STN 73 0540. V tomto rodinnom dome je použitá teplovodná dvojrúrková vykurovacia sústava s núteným obehom, článkovými vykurovacími telesami s teplotným spádom 80/60°C.

Zdrojom tepla je teplovodný kotol umiestnený na podlahe s uvažovanou účinnosťou spaľovania zemného plynu 0,83 – 0,89 alebo kotol na tuhé palivo s účinnosťou 0,7.

Vypočítaná potreba tepla pre modelový dom

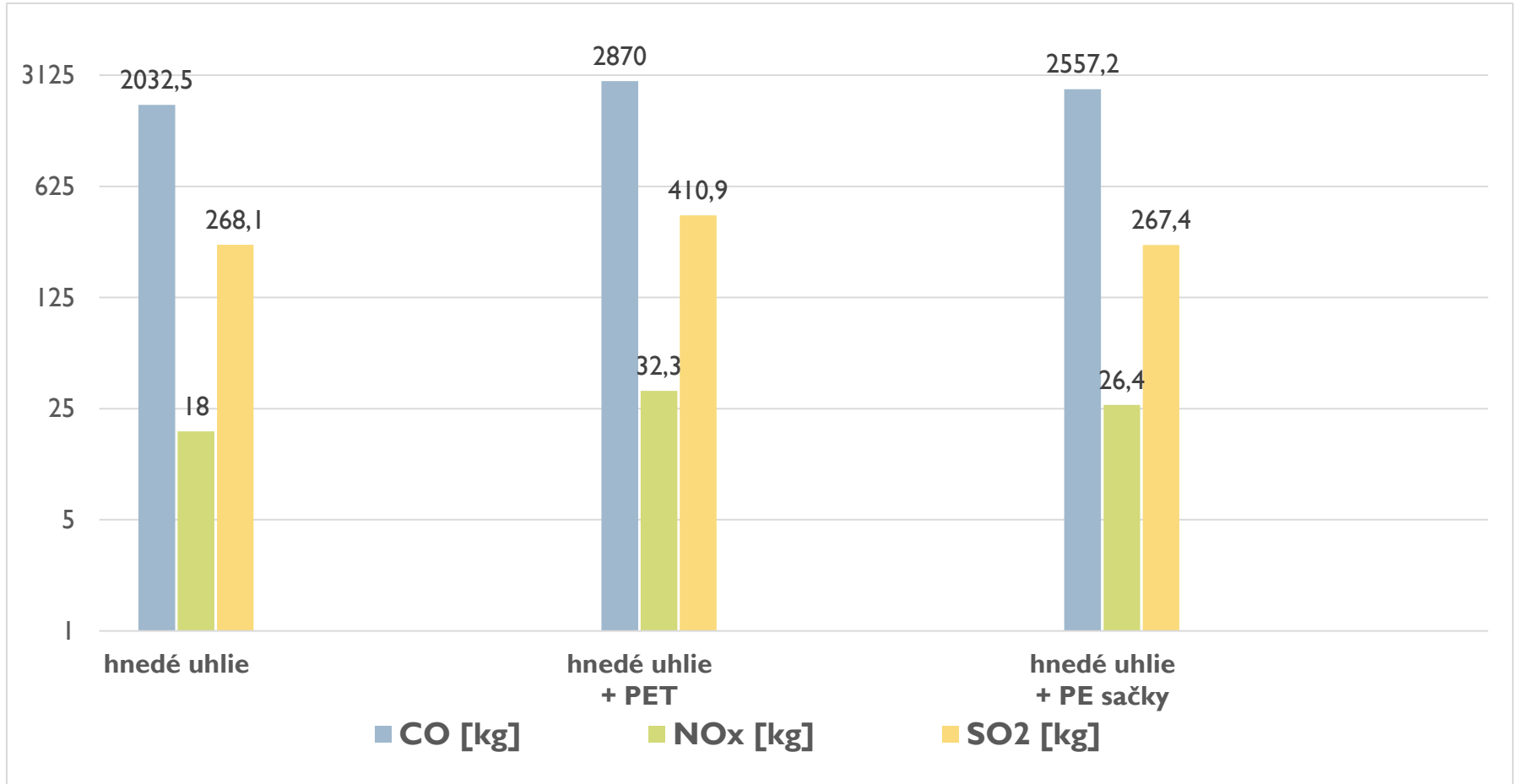
- Zateplený dom 120 – 101 GJ/rok
- Nezateplený dom 120m<sup>2</sup> – 59GJ/rok

**Uvažovaná potreba tepla 89GJ/rok**



# Katedra energetickej techniky

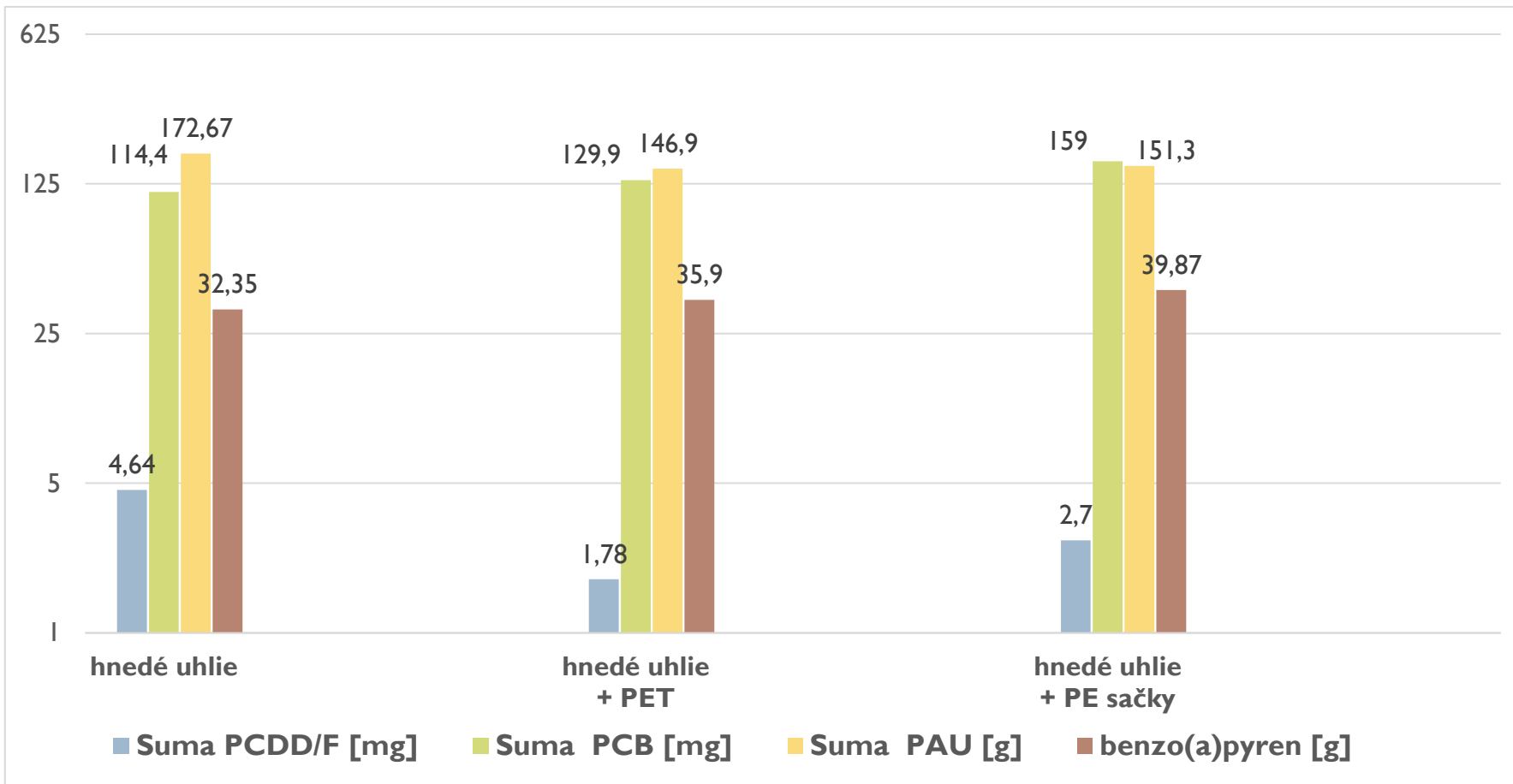
## Produkcia plynných emisií pre modelový dom za rok





# Katedra energetickej techniky

## Produkcia PCDD/F, PCB a PAU za rok





# Katedra energetickej techniky

## Záver

- Spaľovanie hnedého uhlia s vybranými zložkami KO výrazne zvyšuje produkciu emisií
- Pri stanovení PCDD/F neboli zoznamované zvýšené hodnoty ani výrazné rozdiely medzi meranými palivami. Malý nárast PCB pri spaľovaní HDPE, LDPE tašiek.
- Namerané vyššie hodnoty PAU (fluorathén, benzo(a)pyren, benzo(k)fluoranten)
- Voľba a nastavenie zdroja tepla na TP v RD – dôležitý faktor ovplyvňujúci kvalitu spaľovania



# Katedra energetickej techniky

Ďakujem za pozornosť



**PROGRAM  
CEZHRANIČNEJ  
SPOLUPRÁČE**  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



**EURÓPSKA ÚNIA  
EURÓPSKY FOND  
REGIONÁLNEHO ROZVOJA**  
SPOLOČNE BEZ HRANÍC