



# **Stanovení fotokatalytické aktivity vzorků FN1, FN2, FN3 a P25 dle metodiky ISO 22197-4:2013**

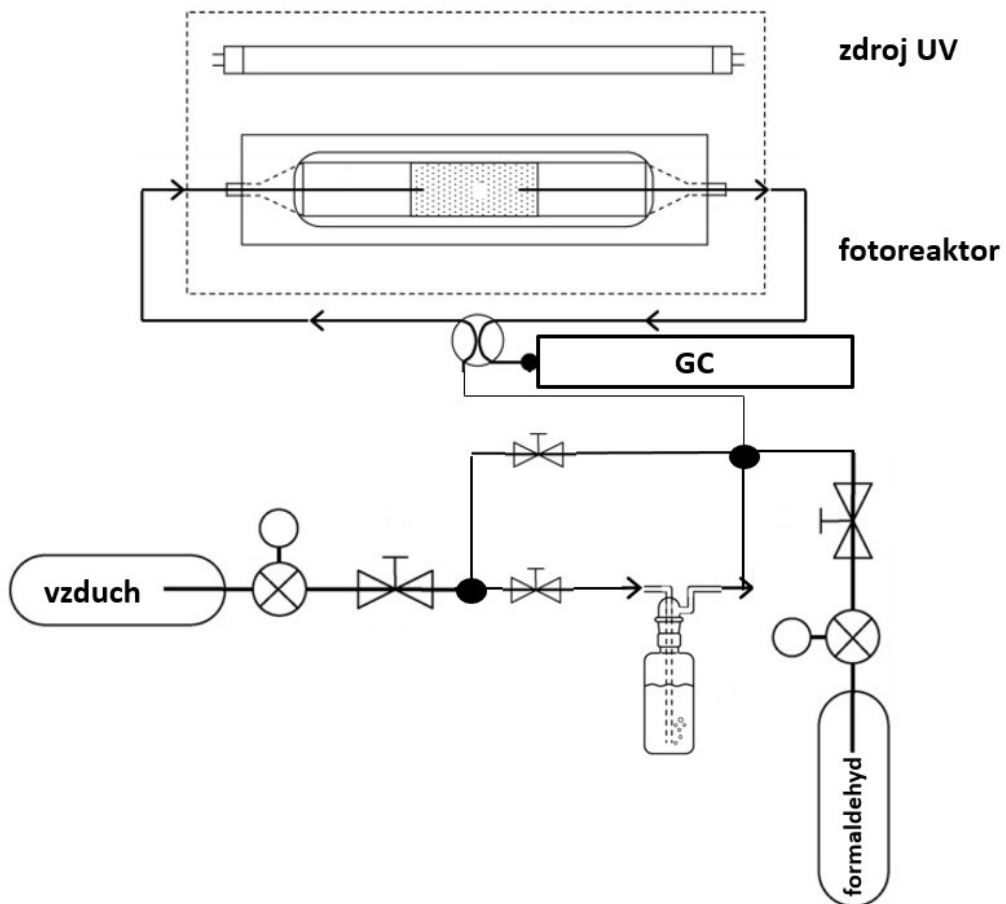
Ing. Michal Baudys, Ph.D.  
Prof. Dr. Ing. Josef Krýsa,  
28. 12. 2015

## Obsah

Pokusná aparatura .....	2
1 Pracovní postup.....	3
2 Výsledky.....	4
2.1 Vzorek FN1-3L (substrát sklo).....	4
2.2 Vzorek FN2-3L (substrát sklo).....	5
2.3 Vzorek FN3-3L (substrát sklo).....	6
2.4 Vzorek P25-3L (substrát sklo) .....	7
2.5 Vzorek FN1-3L (substrát sklo) – přeměřeno po oplachu vodou.....	8
Závěry .....	9

## Pokusná aparatura

Nátěry byly testovány dle normy ISO 22197-4:2013 založené na fotokatalytické degradaci formaldehydu v proudu vzduchu o vstupní koncentraci 1 ppm. Schéma aparatury je znázorněno na Obr. 1. Proud vzduchu je veden přes hmotnostní průtokoměr (AALBROG s rozsahem 0-5dm<sup>3</sup>/min) a rozdělen na dva proudy, z nichž jeden je veden přes promývací baňku s vodou. Jehlovými ventily se ovládá průtok mokrého resp. suchého vzduchu s cílem dosažení relativní vlhkosti plynu 50%. Proud formaldehydu je veden přes hmotnostní průtokoměr (AALBORG s rozsahem 0-200 ml/min) a je spojen s výsledným proudem zvlhčeného vzduchu pro dosažení počáteční koncentrace formaldehydu 1 ppm. Celkový průtok plynu činí 3 dm<sup>3</sup>/min (STP). Proud plynu je veden přes dvojcestný ventil umožňující vyvedení plynu mimo fotoreaktor (tzv. by pass). Z fotoreaktoru je část plynu přisávána čerpadlem do plynového chromatografu (Agilent 7890B) na analýzu a část plynu je odváděna v odpadním proudu do digestoře.



Obr. 1: Schéma experimentální aparatury

## 1 Pracovní postup

Na hmotnostních průtokoměrech jsou nastaveny požadované průtoky pro dosažení vstupní koncentrace formaldehydu 1 ppm při celkovém průtoku plynu 3dm<sup>3</sup>/min (STP). Jehlovými ventily je nastaven takový průtok suchého resp. vlhkého vzduchu pro dosažení vlhkosti 50%. Před vlastním experimentem byly vzorky předaktivovány UV záření po dobu 20 hodin (2x zářivka Eiko, emisní maximum 351 nm, intenzita UV A záření 2,5 mW/cm<sup>2</sup>).

Před vlastním fotokatalytickým experimentem byla změnou vzdálenosti od zdroje nastavena požadovaná intenzita UV záření 1 mW/cm<sup>2</sup> (zdroj záření: 2x zářivka Eiko, emisní maximum 351 nm). V první fázi byl plyn veden mimo reaktor (na tzv. by pass) do získání ustálené počáteční koncentrace formaldehydu 1 ppm. Reaktor byl zakryt hliníkovou fólií z důvodu zamezení průniku UV záření a ventilem byl přívod plynu zaveden do reaktoru. Z důvodu možné adsorpce polutantu dochází k snížení výstupní koncentrace modelového polutantu, experiment je v tomto uspořádání veden 30 minut pro dosažení výstupní koncentrace 1 ppm. Pokud je po 30 minutách výstupní koncentrace formaldehydu nižší než 90% hodnoty počáteční koncentrace, je v adsorpčním experimentu pokračováno do té doby, než je dosaženo 90%-ní hodnoty vstupní koncentrace formaldehydu (1 ppm).

Po fázi adsorpce je započat vlastní fotokatalytický experiment odkrytím fotoreaktoru hliníkovou fólií. V tomto uspořádání probíhá experiment po dobu 3 hodin, přičemž fotokatalytická aktivita je kvantifikována množstvím zdegradovaného formaldehydu během poslední hodiny testu. Po skončení fotokatalytického experimentu je vypnut zdroj UV záření a je sledován nárůst koncentrace formaldehydu na počáteční hodnotu.

Množství zdegradovaného formaldehydu v mikromolech v poslední hodině testu ( $n_F$ ) je vypočteno dle vztahu 2, kde:

$R_F$	představuje konverzi formaldehydu (vypočtená dle vztahu 3) (%)
$\varphi_{F0}$	počáteční koncentrace formaldehydu (ppm)
$\varphi_F$	koncentrace formaldehydu na výstupu z reaktoru (ppm)
$f$	celkový průtok plynu v dm <sup>3</sup> /min při standardních podmínkách (dm <sup>3</sup> /min)

$$n_F = R_F \frac{\varphi_{F0} f \cdot 1,016 \cdot 60}{100 \cdot 22,4} \quad (\text{vztah 2})$$

$$R_F = 100 \cdot \frac{\varphi_{F0} - \varphi}{\varphi_{F0}} \quad (\text{vztah 3})$$

pro případ konverze formaldehydu ( $R_F$ ) <5%, množství zdegradovaného formaldehydu se vypočte dle vztahu 4.

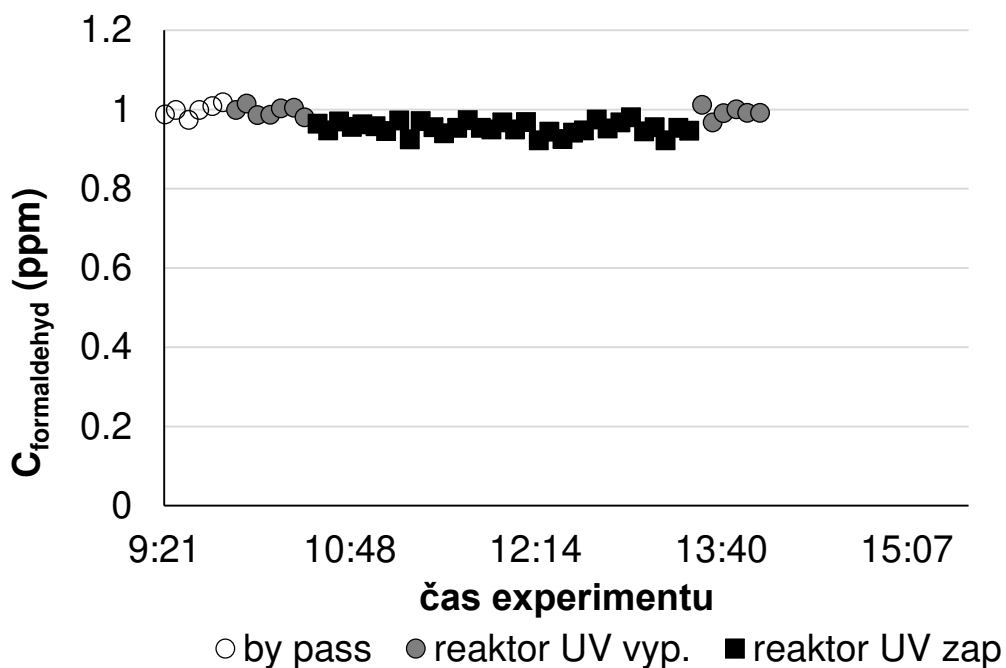
$$n_F = 0,136 \varphi_{F0} f \quad (\text{vztah 4})$$

## 2 Výsledky

### 2.1 Vzorek FN1-3L (substrát sklo)

datum testu:	9.2.2016
teplota laboratoře (°C)	24,5
relativní vlhkost lab.(%)	20,9
Počátek experimentu	9:17
Přepnutí na reaktor	9:54
UV zap.	10:27
UV vyp.	13:31

Tab. 3.1.1: Podmínky testu



Obr. 3.1.2: Průběh fotokatalytického experimentu – vzorek FN1-3L

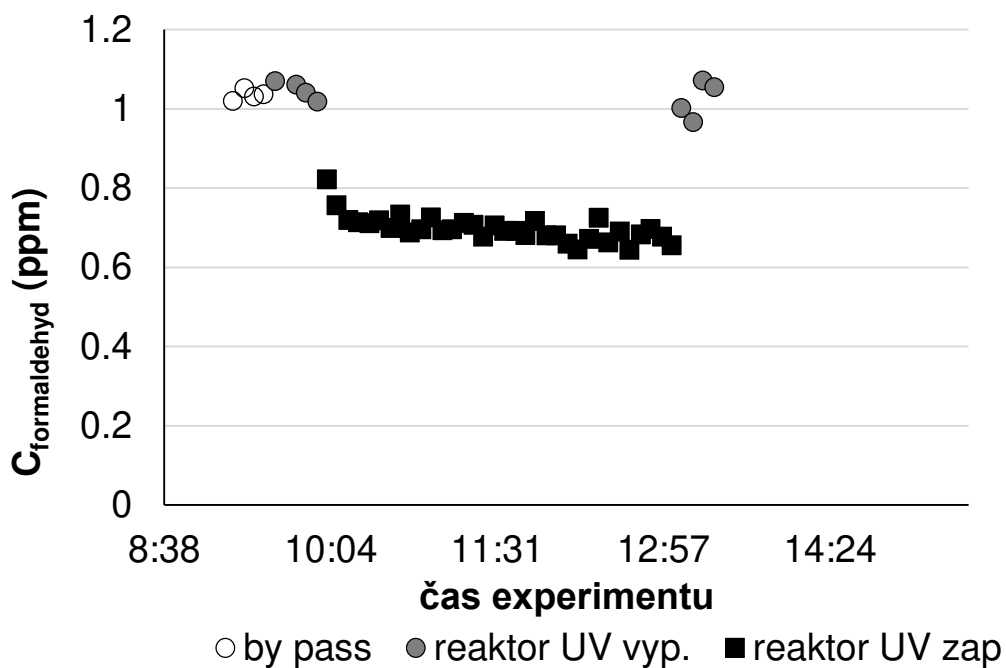
$R_F$	4,6 %
$n_F$	0,4 mikromol

Tab. 3.1.3: Konverze ( $R_F$ ) a množství odbouraného formaldehydu ( $n_F$ ) – vzorek FN1-3L

## 2.2 Vzorek FN2-3L (substrát sklo)

datum testu:	8.2.2016
teplota laboratoře (°C)	24
relativní vlhkost lab.(%)	34,5
Počátek experimentu	9:14
Přepnutí na reaktor	9:35
UV zap.	10:03
UV vyp.	13:03

Tab. 3.2.1: Podmínky testu



Obr. 3.2.2: Průběh fotokatalytického experimentu – vzorek FN2-3L

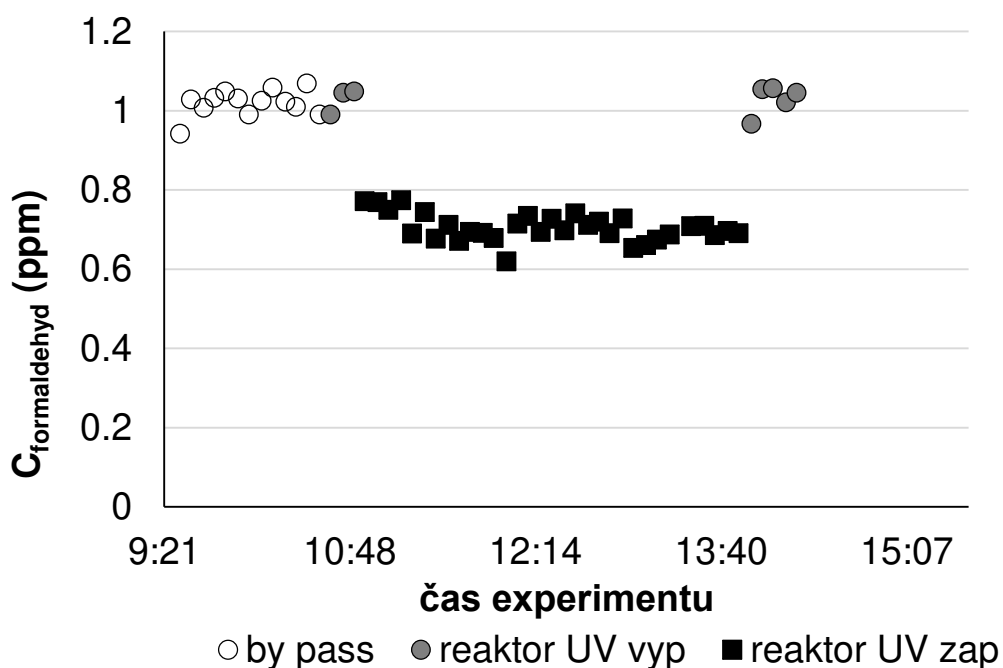
$R_F$	35,7 %
$n_F$	3 mikromol

Tab. 3.2.3: Konverze ( $R_F$ ) a množství odbouraného formaldehydu ( $n_F$ ) – vzorek FN2-3L

## 2.3 Vzorek FN3-3L (substrát sklo)

datum testu:	16.2.2016
teplota laboratoře (°C)	24,7
relativní vlhkost lab.(%)	28,9
Počátek experimentu	9:28
Přepnutí na reaktor	10:28
UV zap.	10:55
UV vyp.	13:54

Tab. 3.3.1: Podmínky testu



Obr. 3.3.2: Průběh fotokatalytického experimentu – vzorek FN3-3L

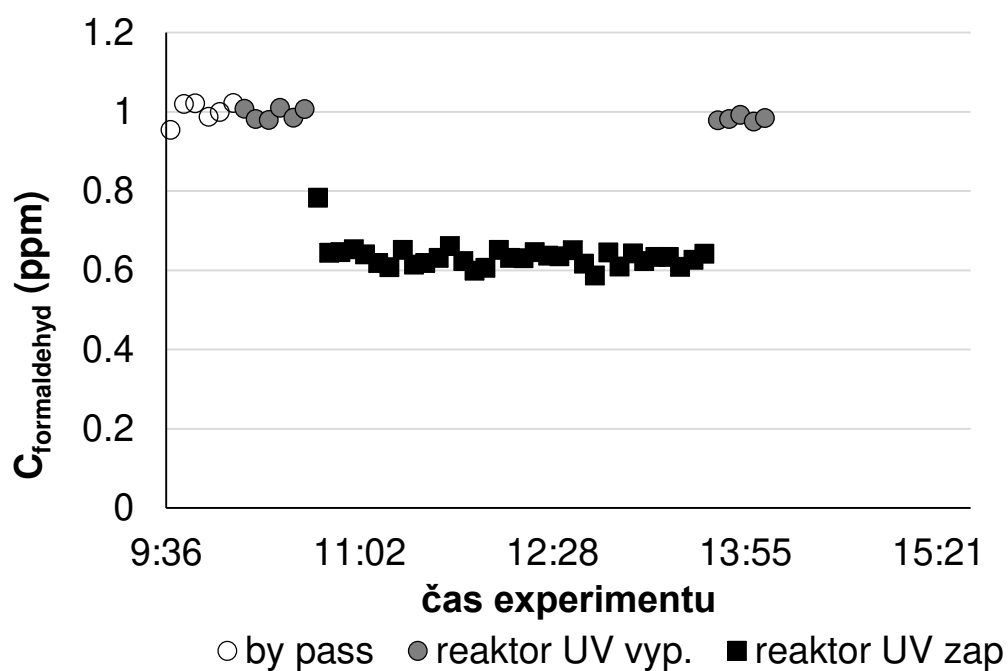
$R_F$	33,2 %
$n_F$	2,8 mikromol

Tab. 3.3.3: Konverze ( $R_F$ ) a množství odbouraného formaldehydu ( $n_F$ ) – vzorek FN3-3L

## 2.4 Vzorek P25-3L (substrát sklo)

datum testu:	23.2.2016
teplota laboratoře (°C)	23,4
relativní vlhkost lab.(%)	33,2
Počátek experimentu	9.27
Přepnutí na reaktor	10.11
UV zap.	10.43
UV vyp.	13.43

Tab. 3.4.1: Podmínky testu



Obr. 3.4.2: Průběh fotokatalytického experimentu – vzorek P25-3L

$R_F$	36,9 %
$n_F$	3 mikromol

Tab. 3.4.3: Konverze ( $R_F$ ) a množství odbouraného formaldehydu ( $n_F$ ) – vzorek P25-3L

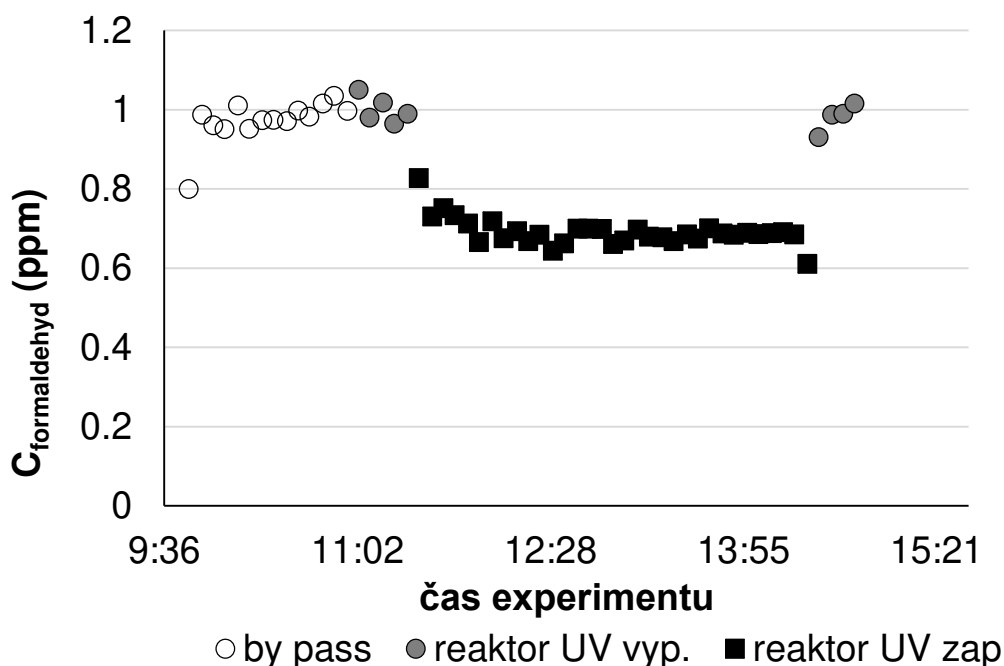


## 2.5 Vzorek FN1-3L (substrát sklo) – přeměřeno po oplachu vodou

Tentýž vzorek FN1-3L jehož fotokatalytická aktivita byla stanovena v oddíle 2.1 byl opláchnut 50 ml destilované vody, poté byl dle normy ISO 22197-4:2013 předaktivován UV zářením. Následně byla opětovně stanovena jeho fotokatalytická aktivita.

datum testu:	18.4.2016
teplota laboratoře (°C)	24,5
relativní vlhkost lab.(%)	30
Počátek experimentu	9:47
Přepnutí na reaktor	10:59
UV zap.	11:29
UV vyp.	14:29

Tab. 3.5.1: Podmínky testu



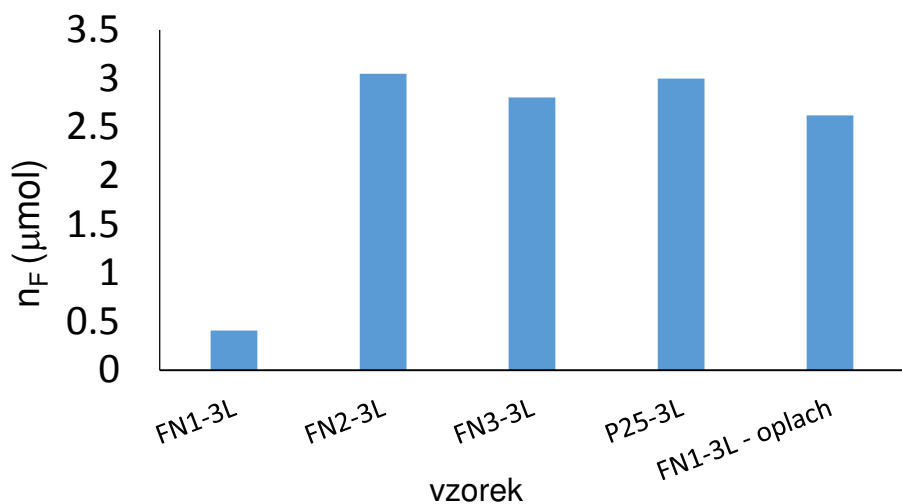
Obr. 3.5.2: Průběh fotokatalytického experimentu – vzorek FN1-3L- oplach vodou

$R_F$	32,1 %
$n_F$	2,6 mikromol

Tab. 3.5.3: Konverze ( $R_F$ ) a množství odbouraného formaldehydu ( $n_F$ ) – vzorek FN1-3L- oplach vodou

## Závěry

V grafu na Obr. 4: je znázorněno porovnání fotokatalytické aktivity jednotlivých vzorků hodnoceno množstvím odbouraného formaldehydu ( $n_F$ ). Z výsledků plyne, že vrstvy tvořené FN2 a FN3 vykazují srovnatelnou fotokatalytickou aktivitu s vrstvami tvořeným referenčním fotokatalyzátorem P25. Naproti tomu v případě vrstvy tvořené FN1 byla konverze formaldehydu nižší než 5% - tento vzorek vykazoval nejnižší fotokatalytickou aktivitu. Zmíněný vzorek byl po oplachu vodou (50 ml) přeměřen a vykazuje srovnatelnou fotokatalytickou aktivitu jako referenční vzorek tvořen materiálem P25. Pro vzorek FN2-3L lze vyčíslit rychlost odbourávání formaldehydu jako 300 mikromol na  $m^2$  ozařované plochy za hodinu.



-L

Obr. 4: Porovnání fotokatalytické aktivity jednotlivých vzorků hodnoceny látkovým množstvím odbouraného formaldehydu ( $n_F$ )