

Hodnocení kvality čističky vzduchu (odstranění VOC)

Zkušební metoda pro výkon polovodičových fotokatalytických produktů při čištění vzduchu

Testováno: 5/2023

Úvod

Tato zpráva prezentuje výsledky testování účinnosti odstraňování znečišťujících látek fotokatalytickou čističkou vzduchu dodávanou společností Nanoflow s.r.o. Testování probíhalo ve vzduchotěsné komoře o objemu 1 m³. Fotokatalytický povrch se skládá z takového materiálu [1], který má polovodičovou strukturu, díky níž je tento povrch schopen degradovat jiné látky oxidačními nebo redukčními procesy. Reakce je vyvolána pouze v případě, že je povrch ozářen elektromagnetickými vlnami o vlnové délce dostatečné energie (energie, která přesahuje tzv. pásmo gab v polovodiči) pro výrobu vysoce reaktivních částic. V případě fotokatalytického odstranění organických sloučenin (např. těkavých organických uhlovodíků, tj. VOC) dochází na povrchu ozářeného fotokatalyzátoru k oxidaci organických látek na konečné oxidy a vodu. Pro jednoduché uhlovodíky neobsahující heteroatomy (např. S, P, N) lze proces fotokatalytické mineralizace popsat následující rovnicí:



Standardní metodika pro testování fotokatalytických materiálů je uvedena na stránkách ISO [2]. Tato metoda vychází z normy EN 16846-1 [3]. Základní popis metody je následující [4]. Reaktor, box (1 m³) je vybaven ventilátorem pro vytvoření homogenní plynné fáze a do boxu je také vložen materiál nebo čistička vzduchu, jejíž fotokatalytická aktivita je testována. Do boxu se vstříkuje definovaná znečišťující látka nebo směs znečišťujících látek. Analytický systém, jako je plynový chromatograf, je připojen paralelně k reaktoru a používá se k nepřetržitému sledování koncentrace znečišťujících látek ve vzduchu v závislosti na čase. Tato metoda je součástí certifikačního programu pro hodnocení výkonu čističek vzduchu České společnosti pro aplikovanou fotokatalýzu (ČSAF), pro úspěšné absolvování této zkoušky je nutné do 24 hodin odstranit 90 procent znečišťujících látek, což je společnost, která sdružuje výrobce fotokatalytických materiálů [5]. Kromě schopnosti materiálů/zařízení rozkládat znečišťující látky prostřednictvím fotokatalytické nebo jiné funkčnosti je také důležité zkontrolovat, zda samotné zařízení/materiál neprodukuje toxické VOC, např. ničením substrátu, na kterém je fotokatalytická vrstva uložena. Tato nežádoucí, ale přesto neviditelná možnost je v této metodě také kontrolována.

Hodnocení kvality čističky vzduchu (odstranění VOC)

Zkušební metoda pro výkon čištění vzduchu polovodivých fotokatalytických produktů

Metoda

Nastavení vsádkového reaktoru (vzduchotěsná komora)

Účelový reaktor je vzduchotěsný box z nerezové oceli s odnímatelným víčkem, takže testované objekty mohou být umístěny dovnitř. K dispozici je ventilátor pro kontinuální míchání (120 m³/h) a řada přípojek pro analytické a elektrické výstupy. 90 procent všech znečišťujících látek musí být odstraněno do 24 hodin, aby bylo možné získat certifikát.

Komerční čistička vzduchu

Čistička vzduchu je vložena do reaktoru, lze ji ovládat na dálku. Nejprve se zkontrolují emise VOC, poté se zkontroluje absorpce VOC a nakonec se zapne UV světlo a studuje se primární funkce čištění vzduchu. 90 procent všech znečišťujících látek musí být odstraněno do 24 hodin, aby bylo možné získat certifikát.

Analytický systém 1 Plynová chromatografie – GC

Koncentrace VOC je měřena přístrojem GC Agilent s detektorem FID a adaptérem JetanizerTM pro detekci zvýšených kyslíkatých organických látek [6] (formaldehyd, acetaldehyd).

Analytický systém 2 - měření CO₂

Na koncentraci CO₂ navazuje WMA-5 [7] s IR detektorem.

Výsledky

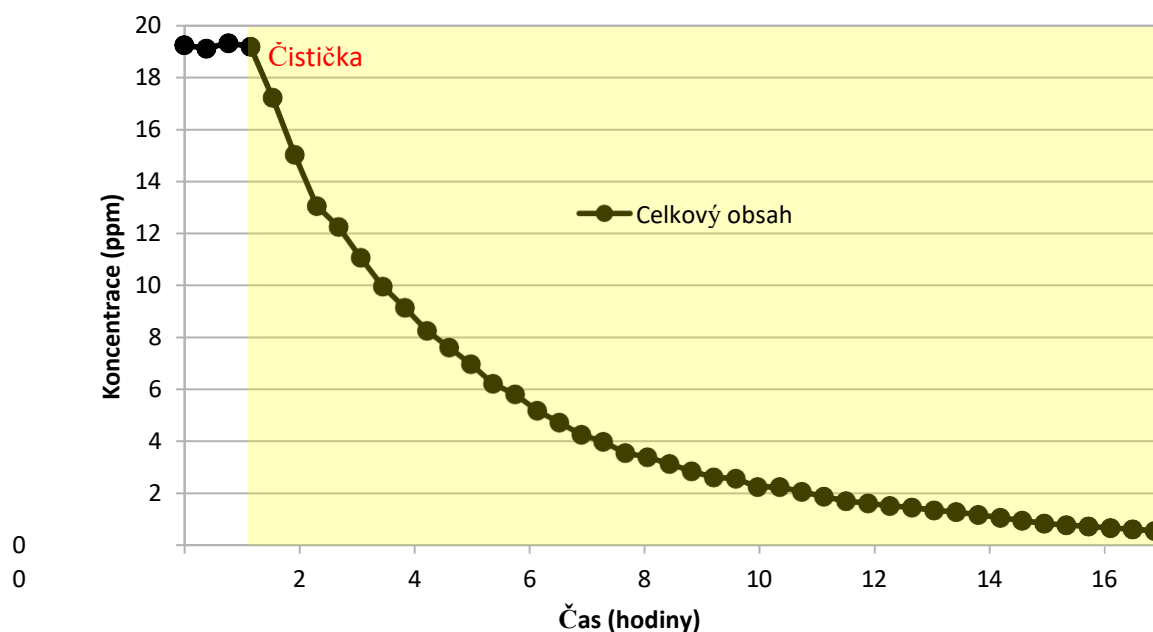
1. Při použití výše popsané metody nebyl nalezen žádný důkaz, že by přístroj emitoval nějaké toxické VOC.
2. Obrázek 1 znázorňuje počáteční stabilní koncentraci přiváděných plynů VOC – před zapnutím UV záření – přístroj tedy VOC neabsorbuje.
3. Po zapnutí UV záření dochází k rychlému poklesu koncentrace VOC v důsledku fotokatalytického procesu. **90procentního prahu odstranění bylo dosaženo během 9 hodin a pouze za 5 hodin, pokud je heptan vyloučen – to je dobře v rámci 24hodinového limitu.**

Hodnocení kvality čističky vzduchu (odstranění VOC)

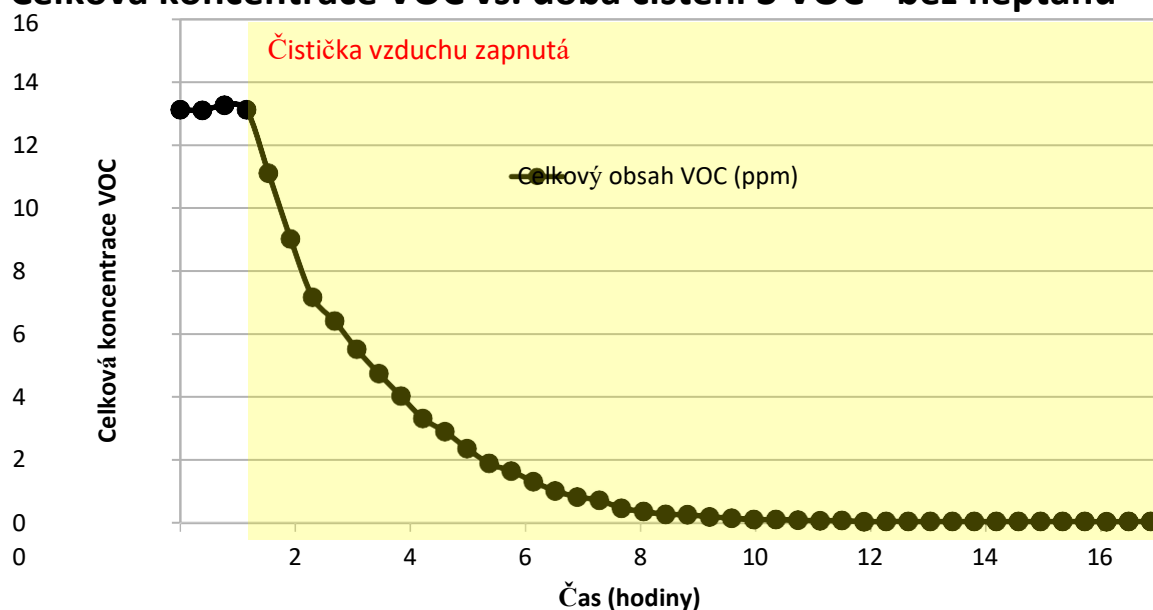
Zkušební metoda pro výkon čištění vzduchu polovodivých fotokatalytických produktů

- 4 Analýza CO₂ potvrdila, že veškerý VOC byl mineralizován na oxid uhličitý a nebyly zjištěny žádné přetrvávající vedlejší produkty.
- 5 Pro srovnání a validaci metody je uveden test s fotokatalyzátorem P25 (nejvíce studovaný fotokatalytický materiál) na skleněném substrátu, osvětleném UVA lampami. Jedná se o interní benchmark používaný pro kalibraci. Podrobnosti o tomto testu jsou uvedeny v odkazu [4].

Koncentrace VOC vs. doba čištění 4 VOC



Celková koncentrace VOC vs. doba čištění 3 VOC - bez heptanu

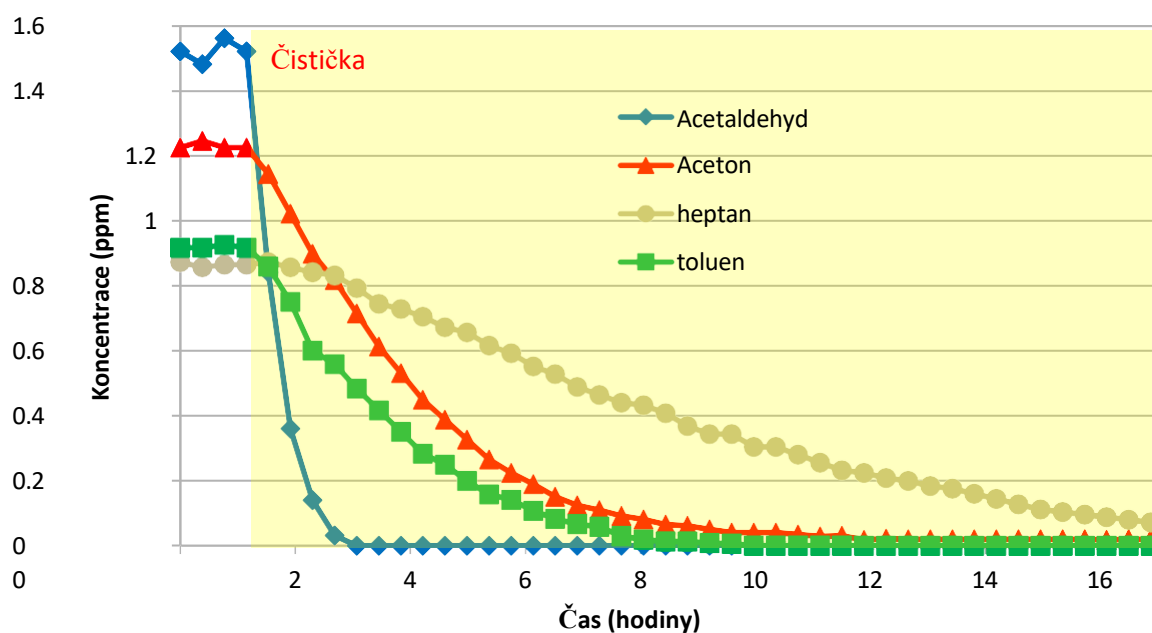


Hodnocení kvality čističky vzduchu (odstranění VOC)

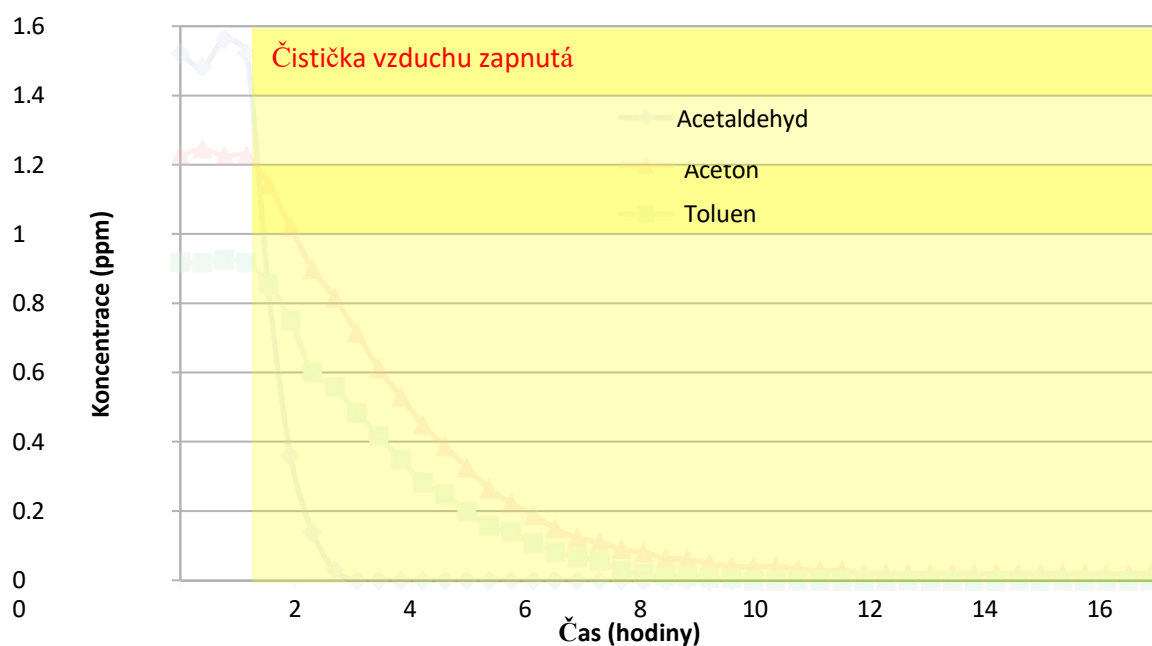
Zkušební metoda pro výkon čištění vzduchu polovodivých fotokatalytických produktů

Obrázek 1. Graf celkové koncentrace VOC (součet všech těkavých organických látek) v závislosti na době zapnutí čističky vzduchu (žlutá oblast). Koncentrace se snížila o 90 procent v případě a) 9 hodin, pokud jsou zahrnuty 4 VOC (acetaldehyd, aceton, heptan a toluen) a b) méně než 5 hodin, pokud jsou zahrnuty pouze tři nejtoxičtější VOC – acetaldehyd, aceton a toluen. Tedy v rámci limitu 24 hodin.

Koncentrace VOC vs. doba čištění - 4 VOC



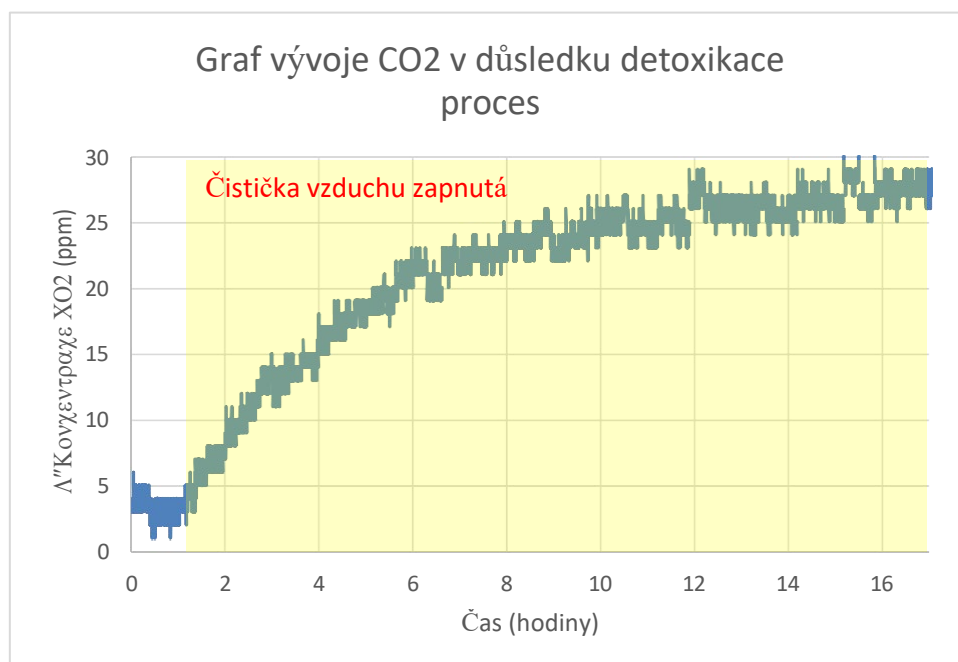
Koncentrace VOC vs. doba čištění - 3 VOC



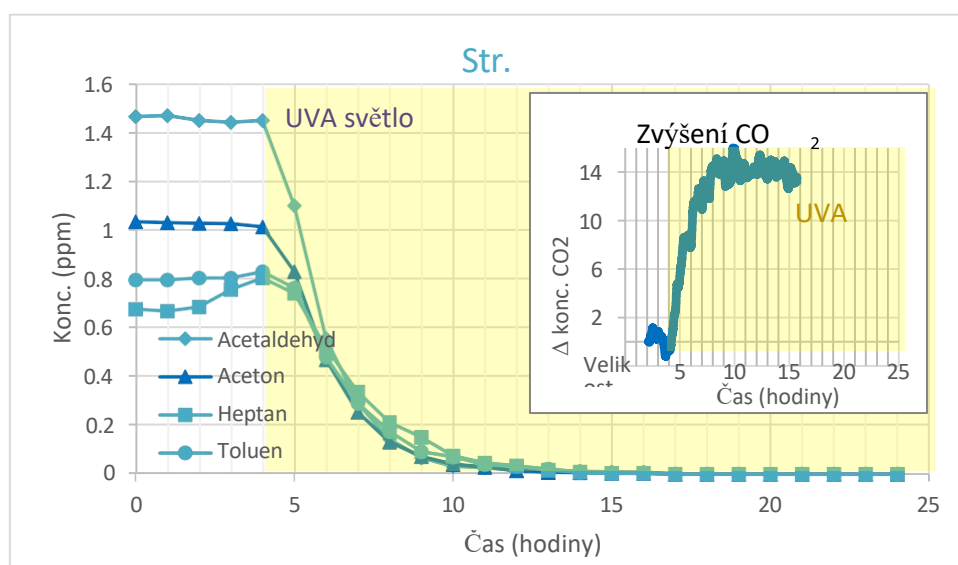
Hodnocení kvality čističky vzduchu (odstranění VOC)

Zkušební metoda pro výkon čištění vzduchu polovodivých fotokatalytických produktů

Obrázek 2. Graf koncentrace jednotlivých VOC (těkavých organických látek) v závislosti na době zapnutí čističky vzduchu (žlutá oblast).



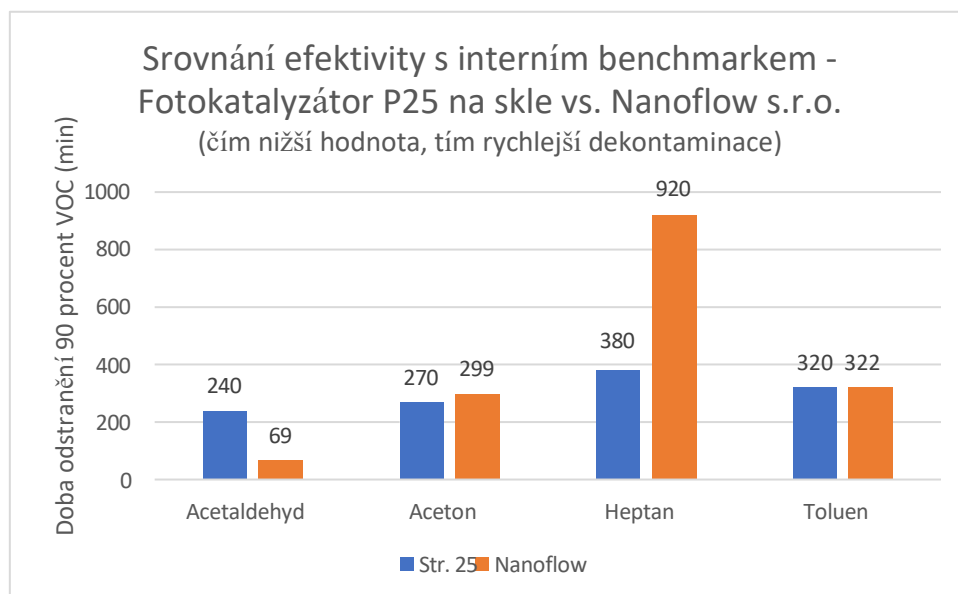
Obrázek 3. Graf koncentrace CO₂ v závislosti na době, po kterou je čistička vzduchu zapnutá (žlutá barva). Naměřené zvýšení koncentrace o 20 ppm velmi dobře koresponduje s očekávanou hodnotou.



Obrázek 4. Porovnání dat při použití P25 jako fotokatalyzátoru (podrobnosti v [4])– Jinak byly použity přesně stejné testovací podmínky.

Hodnocení kvality čističky vzduchu (odstranění VOC)

Zkušební metoda pro výkon čištění vzduchu polovodivých fotokatalytických produktů



Obrázek 5. Srovnání interního standardního srovnávacího experimentu s použitím P25 jako fotokatalyzátoru (P25 je nejčastěji studovaný fotokatalytický materiál, podrobnosti v [4]) a čističky vzduchu Nanoflow.

Závěr

Testovaná čistička vzduchu Nanoflow prokázala rychlé odstranění různých těkavých organických látek (VOC). Kromě toho byla nejtoxičtější sloučenina - acetaldehyd odstraněna (jako součást směsi 4 sloučenin) za pouhých 69 minut. 90 procent součtu VOC bylo odstraněno za 9 hodin, pokud je vyloučen nepolární a nejméně důležitý heptan, pak je doba odstranění 90 procent kratší než 5 hodin, což je v rámci 24hodinového limitu. Simultánní záznam koncentrace CO₂ uvnitř reaktorové komory potvrzuje, že všechny VOC byly mineralizovány, tj. bylo dosaženo úplné detoxikace prostředí a nevznikaly žádné stabilní vedlejší produkty!

Hodnocení kvality čističky vzduchu (odstranění VOC)

Zkušební metoda pro výkon čištění vzduchu polovodivých fotokatalytických produktů

Odkazy

- [1] MILLS A., LE HUNTE S., Přehled polovodičové fotokatalýzy, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, svazek 108, vydání 1 1997, strany 1-35.
- [2] <https://standards.iteh.ai/catalog/tc/iso/d671cc80-e2c3-498b-bd11-647192a1e408/iso-tc-206-wg-9>
- [3] COSTARRAMONE N, CANTAU C, DESAUZIERS V, PÉCHAYRAN C, PIGOT T, LACOMBE S. Fotokatalytické čističky vzduchu pro vnitřní vzduch: evropské standardní a pilotní experimenty. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2017 květen; 24(14):12538-12546.44
- [4] <https://chemagazin.cz/archiv-casopisu/chemagazin-1-2023>
- [5] <https://www.fotokatalyza.cz/certifikace/certifikace-csaf/>.
- [6] <https://www.activatedresearch.com/jetanizer-methanizer-astm-d6158-astm-d2505-uop603-18/>.
- [7] <https://ppsystems.com/wma-5/>.