



POLITECHNIA ŁÓDZKA

WYDZIAŁ BUDOWNICTWA, ARCHITEKTURY I INŻYNIERII
ŚRODOWISKA

UMORA NR 4/1.1.1/2021

NR REJ. PŁ: J-162/K-62/506/2021-B

MOBILNY, ROZKŁADANY OBIEKT BUDOWLANY *MODEA-PACO*

USŁUGA BADAWCZA NR 3: POMIAR WYDZIELANIA VOC – ZAŁĄCZNIK NR 1.

ZAMAWIAJĄCY: MODEAGROUP SPÓŁKA Z O. O.
Z SIEDZIBĄ W RZESZOWIE, 33 – 310
RZESZÓW, AL. TADEUSZA REJTANA 20A,
POLSKA

WYKONAWCA: KATEDRA FIZYKI MATERIAŁÓW
BUDOWLANYCH I BUDOWNICTWA
ZRÓWNOWAŻONEGO
AL. POLITECHNIKI 6
90-924 ŁÓDŹ, POLSKA

**AUTOR
OPRACOWANIA:**

DR HAB. INŻ. ROBERT CICHOWICZ PROF. PŁ. *R. Cichowicz*
DR INŻ. MACIEJ DOBRZAŃSKI, *Dozoll*
DR INŻ. ADAM RUBNIKOWICZ. *Rubnikowicz*

DR HAB. INŻ. JACEK SZER, PROF. PŁ

**KIEROWNIK
PROJEKTU:
KIEROWNIK
KATEDRY:**

.....
PROF. DR HAB. INŻ. DARIUSZ GAWIN
.....
Dariusz Gawin

LISTOPAD 2022

8. WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Wnioski z pomiarów występowania LZO (VOC)

Wyniki pomiarów LZO za pomocą przenośnego chromatografu gazowego Ultra Fast GC 4300 wykazały obecność związków zaliczanych do LZO. Żaden wykonany pomiar zaproponowanej metody środowiskowej wykrywającej: 2-butanon, benzen, trichloroeten (TCE), toluen, etylobenzen, orto-ksylen, anilinę, nitrobenzen nie wykazał przekroczenia stanu alarmowego (Tabela 8.1).

Tabela 8.1. Wartości alarmowe pików w metodzie środowiskowej.

No.	Retention Indice	Indice Spread	Substance	Alarm Level (in Cts)
1	605	10	2-Butanone (MEK)	200 cts *
2	653	10	benzene	200 cts *
3	697	10	TCE	250 cts *
4	763	10	Toluene	300 cts *
5	808	12	PCE	400 cts *
6	857	12	Ethyl Benz	400 cts *
7	891	12	o-Xyl	400 cts *
8	974	14	Aniline	400 cts *
9	1085	14	Nitrobenze	400 cts *

Pomiary LZO powietrza zewnętrznego miały na celu określenie poziomu odniesienia ilości i rodzajów związków chemicznych obecnych w powietrzu przed przystąpieniem do właściwych badań wewnątrz budynku. Wykonano dwie serie pomiarowe: przed pomiarami oraz po pomiarach w budynku. W powietrzu zewnętrznym nie wykazano obecności żadnego z wykrywanych w zaproponowanej metodzie środowiskowej związku chemicznego. Największe ilości substancji, pomierzone w próbce powietrza zewnętrznego, pochodzą od: 2-etylo-5-metylopirazyny, dekanalu, aldehydu perilla, gamma-Dekalaktonu, alkoholu beta-kariofilenowy, izoeugenolu, kwasu laurynowego, kwasu octowego, 2-nonenalu, kwasu 4-hydroksycynamonowego, jasmonianu metylu. Są to związki chemiczne o charakterze substancji zapachowych w większości pochodzenia naturalnego. Pomierzone ilości substancji są nieznaczne w stosunku do wartości wykazanych wewnątrz budynku (Załącznik 1).

Pomiary metodą środowiskową wewnątrz budynku bez wentylacji pomieszczeń wykazały obecność aniliny i nitrobenzenu, który jest stosowany do produkcji aniliny. Związki te pochodzą prawdopodobnie z powłok okładzin zastosowanych w budynku. Maksymalne wartości aniliny pomierzone wewnątrz budynku bez wentylacji (zamknięte okna i drzwi) wynoszą 389 CTS (Załącznik 2). Najwyższe wartości pików na chromatogramach próbek powietrza w pomieszczeniach bez wentylacji pochodzą od następujących związków chemicznych: orto-krezol, benzotiazol, isoeugenol, eter dietylowy. Związki te to głównie substancje zapachowe i rozpuszczalniki. Pochodzą prawdopodobnie z produktów stosowanych przy wykańczaniu wnętrz i ze źródeł naturalnych. Pomiary przy zastosowanych okładzinach w pomieszczeniach bez wentylacji również nie wykazują przekroczenia wartości stanu alarmowego dla

aniliny. Ilości aniliny w próbkach powietrza pobieranych bezpośrednio przy powierzchni okładzin są podobne i wynoszą maksymalnie 389 CTS aniliny dla płyty Fibo koloru białego w łazience. Największe piki podczas pomiarów przy powierzchni okładzin bez wentylacji pochodzą od następujących związków chemicznych: eter dietylowy, orto-krezol, benzotiazol, gama-Dekalakton, dodekanal, izoeugenol. Związki te to głównie substancje zapachowe i rozpuszczalniki i pochodzą z produktów stosowanych przy wykańczaniu wnętrz i ze źródeł naturalnych.

Ilość i rodzaj wykrytych związków chemicznych w analizowanych próbkach powietrza zmienia się w zależności od sposobu wentylacji pomieszczeń. Pomiarы wykonane w budynku z symulowaną wentylacją wymuszoną poprzez uchylone okna i drzwi potwierdziły obecność aniliny w próbkach powietrza, jednak ilość tej substancji była dużo mniejsza. Najwyższa pomierzona ilość aniliny w próbce powietrza wynosiła 244 CTS, czyli około 40% mniej niż w pomieszczeniach niewentylowanych. Stwierdzono również obecność kwasu octowego w ilości około 300 CTS w każdym pomieszczeniu. Związek ten mógł pochodzić z uszczelniaczy silikonowych użytych podczas prac wykończeniowych budynku. Największe piki na chromatogramach uzyskane z próbek powietrza w pomieszczeniach wentylowanych pochodzą od eteru dietylowego, czyli związku zapachowego i rozpuszczalnika. Pomiarы przy powierzchniach okładzin w budynku wentylowanym (uchylone okna i drzwi) wykazały mniejszą ilość aniliny niż w przypadku tych samych pomiarów bez wentylacji. Wyjątkiem są tu płyty okładzinowe Fibo koloru białego i czarnego zastosowane w łazience, które wykazują przy powierzchni ilość aniliny na poziomie odpowiednio 373 i 388 CTS (Załącznik 3). Pozostałe związki chemiczne wykryte podczas pomiarów przy powierzchniach okładzin to: kwas octowy, eter benzylometylowy, 2-nonenal, benzotiazol, 2-aminoacetofenon, beta-damascenon, gamma-Dekalakton, dodekanal, jasmonian metylu, izoeugenol, fitol jednak ich ilości są dużo mniejsze niż w przypadku budynku bez wentylacji.

Wyniki pomiarów uzupełniających za pomocą zintegrowanej mobilnej platformy pomiarowo-rejestracyjnej do badania zanieczyszczeń powietrza "Sowa" potwierdzają wnioski pomiarów metodą środowiskową za pomocą przenośnego chromatografu gazowego Ultra Fast GC 4300. Najwyższą zawartość LZO obserwujemy podczas pomiarów wewnątrz budynku bez wentylacji (zamknięte okna i drzwi). Pomiarы w pomieszczeniach z uchylonymi okna i drzwi wykazują zawartość LZO nawet ponad 24 razy mniejszą niż w tych samych pomieszczenia niewentylowanych (np. pokój P1). Wyjątkiem jest tutaj pomieszczenie łazienki, które wykazuje podobną zawartość LZO zarówno w pomiarach bez wentylacji, jak i podczas uchylecia okien. Podobną tendencję można zauważyć na wynikach pomiarów chromatograficznych, które wykazały podobnie duże ilości aniliny w pomieszczeniu łazienki, a w szczególności podczas pomiarów przy powierzchni okładzin Fibo koloru białego. Wpływ braku wentylacji w pomieszczeniu na jakość powietrza można zauważyć również na podstawie analizy stężeń odorów, które było od 2 do 4 razy większe w sytuacji kiedy pomieszczenia są całkowicie pozbawione wentylacji.

Ponadto z przedstawionymi wnioskami korelują wyniki pomiarów węglowodorów aromatycznych (WA). Stwierdzono, że w serii pomiarów w pomieszczeniach pozbawionych wentylacji zawartość WA w powietrzu wewnętrznym jest średnio o 27 % wyższa niż w czasie pomiarów w pomieszczeniach wentylowanych. Wyjątkiem było pomieszczenie łazienki, w którym wariant z tzw. symulowaną „wentylacją” wpłynął na zmniejszenie stężenie WA jedynie o 4 %. Może to świadczyć o emisji WA z elementów budowlanych znajdujących się w pomieszczeniu łazienki.

Przeprowadzone pomiary LZO (VOC) w powietrzu wewnętrznym w badanym budynku mobilnym związanym z projektem: Mobilny, rozkładany obiekt budowlany *MODEA-PACO*, Usługa badawcza nr 3: pomiar wydzielania VOC, wykazały występowanie LZO (VOC) we wszystkich pomieszczeniach, a w szczególności w pomieszczeniu łazienki. Wykazano, że zawartość LZO (VOC) w powietrzu wewnętrznym wzrasta w miarę zbliżania się punktów pomiarowych do pomieszczenia łazienki. Może to świadczyć o tym, że potencjalnym źródłem emisji LZO (VOC) jest pomieszczenie łazienki. Zawartość LZO (VOC) w tym pomieszczeniu może wynikać z zastosowanych okładzin wykończeniowych ścian mających na celu minimalizowanie przenikania wilgoci do konstrukcji ścian.

Wykazano, że „przewietrzanie” pomieszczeń (uchylenie okien i drzwi) znacznie zmniejsza zawartość LZO (VOC) w powietrzu wewnętrznym w badanym budynku.

Zastosowanie wentylacji mechanicznej w budynku prawdopodobnie zmieni zawartość LZO (VOC) względem pomiarów wykonanych podczas „przewietrzania budynku”. Przy czym nie wiadomo jakie ilości powietrza wentylacyjnego podlegały wymianie podczas przewietrzania, a jakie są/będą przewidziane podczas pracy wentylacji mechanicznej.

Należy podkreślić, że LZO (VOC) to grupa lotnych związków organicznych, których liczba cały czas się zwiększa. Nie jest więc możliwe stwierdzenie, że w powietrzu wewnętrznym w obiekcie nie występuje w ogóle zawartość LZO (VOC). Zwłaszcza jeżeli w kolejnych obiektach budowlanych zostaną zastosowane zamienne lub zupełnie inne elementy wykończenia przegród budowlanych. Jednakże można stwierdzić, że w analizowanym obiekcie w trakcie założonych serii pomiarów zawartość VOC, w oparciu o substancje wskaźnikowe użyte w metodach pomiarowych nie przekraczała stanów alarmowych.

Na wyniki pomiarów mogła mieć wpływ sąsiadująca z badanym obiektem hala produkcyjna opakowań tekturowych firmy F.H.P.U. "TEK-PAK", w której przez cały czas pomiarów trwała produkcja.