Załącznik nr 2

dr inż. Marta Chludzińska
Politechnika Warszawska
Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska
Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa
ul. Nowowiejska 20
00-653 Warszawa

AUTOREFERAT

DOTYCZĄCY OSIĄGNIĘĆ W PRACY NAUKOWO - BADAWCZEJ

przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych wraz z opisem publikacji powiązanych tematycznie stanowiących osiągnięcie naukowe pod tytułem:

WPŁYW GEOMETRII PERFORACJI PŁYTY CZOŁOWEJ NAWIEWNIKA WENTYLACJI INDYWIDUALNEJ NA ODCZUCIA CIEPLNE CZŁOWIEKA.

Warszawa, 2019

SPIS TREŚCI:

1. DANE PERSONALNE 2

2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE– Z PODANIEM NAZWY, MIEJSCA I ROKU ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ. 2

3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH 3

4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14. MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. 2016 R. POZ. 882 ZE ZM. W DZ. U. Z 2016 R. POZ. 1311.). 3

4.1 TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO/ARTYSTYCZNEGO. 3
4.2 AUTOR/AUTORZY, TYTUŁ/TYTUŁY PUBLIKACJI, ROK WYDANIA, NAZWA WYDAWNICTWA, RECENZENCI WYDAWNICZY. 3
4.3 OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO WW. PRAC I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW WRAZ Z OMÓWIENIEM ICH EWENTUALNEGO WYKORZYSTANIA. 4
4.3.1 Wprowadzenie 4
4.3.2 Omówienie celu naukowego 6
4.3.3 Omówienie metod badawczych i wyników 6

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO - BADAWCZYCH. 12

5.1 OSIĄGNIĘCIA NAUKOWO – BADAWCZE PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA 12
5.2 OSIĄGNIĘCIA NAUKOWO – BADAWCZE PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA 13

6. BIBLIOGRAFIA 14

1 DANE PERSONALNE

Imię i nazwisko: Marta Chludzińska

e-mail: marta.chludzinska@pw.edu.pl

telefon: +48 510 300 400, +48 22 234 50 21

2 POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE– Z PODANIEM NAZWY, MIEJSCA I ROKU ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ.

Stopień doktora nauk technicznych

Zakres: .....Inżynieria Środowiska

Miejsce uzyskania: .....Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji, Zakład Wentylacji i Klimatyzacji (*obecnie Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa*)

Data uzyskania: .....06.07.2010 r.

Tytuł rozprawy doktorskiej: .....Komfort cieplny człowieka w warunkach wentylacji indywidualnej w pomieszczeniach biurowych.

Promotor: .....prof. dr hab. inż. Bogdan Mizieliński

Recenzenci: .....prof. dr hab. inż. Edward Szczechowiak

.....prof. dr hab. inż. Marian Rosiński

Tytuł zawodowy magistra inżyniera

Miejsce uzyskania: .....Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska (*obecnie Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska*)

Data uzyskania: .....02.06.2005 r.

Kierunek studiów: .....Inżynieria Środowiska

Zakres: .....Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo i Wentylacja

Promotor: .....prof. dr hab. inż. Bogdan Mizieliński

3 INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH.

od 2005 r. do chwili obecnej:	**Politechnika Warszawska**, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa (*dawniej Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji, Zakład Wentylacji i Klimatyzacji*),
od 2010 r.	adiunkt
2005 r. – 2010 r.	asystent
2012 r. – 2014 r.	**Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy**, Zakład Ergonomii, Pracownia Obciążeń Termicznych, stanowisko: starszego specjalisty

4 WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. 2016 R. POZ. 882 ZE ZM. W DZ. U. Z 2016 R. POZ. 1311.).

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego.

WPŁYW GEOMETRII PERFORACJI PŁYTY CZOŁOWEJ NAWIEWNIKA WENTYLACJI INDYWIDUALNEJ NA ODCZUCIA CIEPLNE CZŁOWIEKA.

4.2 Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy.

Na osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego składa się cykl 4 publikacji naukowych powiązanych ze sobą tematycznie opublikowanych w latach 2016 – 2019 w czasopismach naukowych znajdujących się na liście JCR, o łącznym współczynniku oddziaływania IF (w roku opublikowania) – 14,314 i wartości punktacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (w roku 2016) – 150.

A. Bogdan A., Koelblen B., Chludzińska M.: Influence of a breathing process on the perception of the thermal environment using personalized ventilation. Building and Environment Volume 96, 2016, pages 80 – 90.**40 pkt., IF: 4,053**.

B. Bogdan A., Chludzińska M., Koelblen B., Ogłodziński K., Młynarczyk M.: Sensitivity of personalized ventilation air terminal device geometry with regard to a human thermal sensation. Science and Technology for the Built Environment, volume 23, 2017, issue 7, pages 1105 – 1112,(*dawne HVAC&R Research*).**30 pkt., IF: 1,183**.

C. Chludzińska M., Bogdan A.: The role of the front pattern shape in modelling personalized airflow and its capacity to affect human thermal comfort. Building and Environment 126 (2017) 373-381.**40 pkt., IF: 4,539**.

D. Chludzińska M.: The effect of front pattern perforation shape on thermal sensations of occupants in personalized ventilation systems. Building and Environment 151 (2019) 140-147.**40 pkt., IF: 4,539.**

Pozycja	Liczba punktów MNiSW w roku 2016	Impact Factor wg roku opublikowania	Procent udziału w publikacji	Liczba punktów MNiSW z uwzględnieniem udziału	Impact Factor z uwzględnieniem udziału
A	40	4,053	20%	8	0,811
B	30	1,183	20%	6	0,237
C	40	4,539	80%	32	3,631
D	40	4,539	100%	40	4,539
łącznie	**150**	**14,314**	**średnio 55%/ publikację**	**86**	**9,218**

4.3 Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

4.3.1 Wprowadzenie

Jednym z elementów ogólno rozumianego komfortu są odczucia cieplne. Na uczucie komfortu cieplnego wpływają przede wszystkim termodynamiczne parametry środowiska oraz prędkość powietrza omywającego ciało człowieka.

Powszechnie stosowanym rodzajem wentylacji jest system mieszający, w którym zakłada się nawiewanie do pomieszczenia, powietrza z dużą indukcyjnością, zapewniając możliwie największe mieszanie się powietrza w pomieszczeniu z powietrzem nawiewanym. W ten sposób następuje rozcieńczenie zanieczyszczeń (m.in. dwutlenku węgla, biozanieczyszczeń wytwarzanych przez ludzi i zysków ciepła) oraz ich usunięcie za pomocą wentylacji wywiewnej. Dostrzeżono jednak pewne wady tego rozwiązania –indywidualne preferencje człowieka, jego metabolizm, aktywność fizyczna, izolacyjność odzieży sprawiają, że komfort cieplny odczuwają oni przy różnych wartościach parametrów powietrza w pomieszczeniu [1,2]. Z tej przyczyny odsetek niezadowolonych (PPD) przy systemach mieszających, centralnie przygotowujących powietrze nawiewane, nie będzie niższy

niż10 – 20% [3]. Dążąc do zagwarantowania komfortowych warunków każdemu z użytkowników, a nie jedynie większości stworzono koncepcję wentylacji indywidualnej (*ang. Personalized ventilation - PV)* [4]. System miał umożliwiać kształtowanie parametrów powietrza w lokalnych strefach pomieszczenia (np. wokół miejsca pracy) i być indywidualnie regulowany przez każdego użytkownika [5], tak aby możliwe było chłodzenie lub ogrzewanie.

Początkowo prowadzone badania związane były z zapewnieniem odpowiednich warunków pracy w środowisku gorącym [6–8] i zimnym [9–11]. Później analiza możliwości lokalnego kształtowania środowiska wewnętrznego przeniesiona została również do środowiska umiarkowanego [12–14]. Skupiono się na rozwiązaniach zapewniających każdemu użytkownikowi komfort cieplny [12,15–17], powietrze o wysokiej jakości [18–21] oraz na możliwości obniżenia zużycia energii niezbędnej do zapewnienia tych parametrów [22–24], a prowadzone analizy wskazały na duży potencjał nowego systemu.

Badania wykazały znaczący wpływ prędkości [25–29] i temperatury powietrza [26,28–30] na odczucia cieplne człowieka. Wykorzystano zwiększony ruch powietrza odbierany głównie jako chłodzenie [31]. Określone zostały preferowane prędkości i wartości temperatury, które zalecano stosować w wentylacji indywidualnej. Badania prowadzone przez Gong i in. [32] wskazały jako preferowaną prędkość powietrza w pomieszczeniach biurowych w temperaturze otoczenia 23,5 C wartości 0,3 – 0,45 m/s, a w temperaturze 26 C od 0,3 – 0,9 m/s. Candido i inni [33] przedstawili wyniki badań, gdzie do zapewnienia odpowiednich, akceptowalnych warunków konieczne było utrzymanie prędkości ok. 0,4 m/s w temperaturze otoczenia 24 – 27 C, a w wyższej temperaturze prędkość powinna dochodzić do 0,8 m/s. Tanabe i Kimura [26] wykazali, iż preferowana przez użytkowników prędkość powietrza wynosi około 0,33 m/s nawet jeśli nie służy ona dodatkowemu schłodzeniu ciała. Przy wyższej temperaturze otoczenia (30 – 32 C) preferowana prędkość powietrza powinna osiągać wartości od 1 m/s – 2 m/s w zależności od aktywności ludzi, wilgotności powietrza i temperatury powietrza [28,34,35]. Pojawiły się również propozycje komercyjne [36], które ostatecznie nie zyskały popularności.

Jednak badania dotyczące zależności prędkości i odczuć cieplnych w systemach wentylacji indywidualnej dotyczyły, albo znacząco różnych konstrukcji i lokalizacji nawiewników [5,18,37] albo jednego typu nawiewnika ze zmiennym strumieniem powietrza, co wpływało na jego prędkość [30,32]. Nie analizowano natomiast jednego typu nawiewnika przy niewielkich zmianach w konstrukcji. W warunkach rzeczywistych często strumień powietrza wentylacyjnego wynika z minimum higienicznego [38,39] i jego zmiany z uwagi na odczucia cieplne, zwłaszcza ograniczenia, nie są wskazane lub możliwe. Wykorzystanie z kolei powietrza recyrkulacyjnego może wiązać się z unoszeniem zanieczyszczeń i podrażnieniem spojówek [40], co w dalszej konsekwencji wiąże się z koniecznością dodatkowej filtracji powietrza.

Spowodowało to podjęcie przez habilitantkę badań pozwalających na określenie zdolności oddziaływania strumienia wentylacji indywidualnej na odczucia cieplne

człowieka przy różnicowaniu jedynie geometrii perforacji płyty czołowej nawiewnika. Badane były zarówno wpływ kształtów otworów (koło, prostokąt, krzyż, gwiazda) jak i stopień powierzchni czynnej przy stałym strumieniu powietrza.

4.3.2 Omówienie celu naukowego

Celem osiągnięcia naukowego zatytułowanego ***Wpływ geometrii perforacji płyty czołowej nawiewnika wentylacji indywidualnej na odczucia cieplne człowieka*** było pogłębienie wiedzy z zakresu wentylacji indywidualnej i możliwości jej wykorzystania do zapewnienia optymalnych odczuć cieplnych każdemu użytkownikowi. W przedstawianych badaniach skupiono się na określeniu zdolności oddziaływania strumienia wentylacji indywidualnej na odczucia cieplne człowieka w zależności od geometrii perforacji płyty czołowej nawiewnika.

Szczegółowymi celami było:

1. przygotowanie metodyki badawczej pozwalającej na analizę wpływu wentylacji indywidualnej na odczucia cieplne,
2. opracowanie nowej konstrukcji nawiewnika wentylacji indywidualnej w tym kształtu perforacji płyty czołowej,
3. identyfikacja różnic w charakterystyce strumieni powietrza w zależności od kształtu perforacji płyty czołowej nawiewnika,
4. sporządzenie projektu i wykonanie stanowiska badawczego wyposażonego w system wentylacji indywidualnej umożliwiającego przeprowadzenie badań związanych z kształtem perforacji płyty czołowej,
5. wykazanie wpływu kształtu perforacji płyty czołowej na charakterystykę strumienia powietrza i tym samym na odczucia cieplne człowieka.

4.3.3 Omówienie metod badawczych i wyników

Większość badań związanych z nawiewnikami stosowanymi w wentylacji indywidualnej dotyczyła znacząco różnych konstrukcji i ich lokalizacji [5,18,37]. Nawiewniki instalowano na blatach biurek, w ich krawędziach a nawet w miejscu mikrofonu słuchawek telefonicznych. Nie opracowano dotychczas szerszej analizy wpływu geometrii perforacji płyty czołowej nawiewnika na odczucia cieplne człowieka, co było podstawą do podjęcia prezentowanych badań.

Realizacja przedstawionych celów przeprowadzona została w kilku etapach. Początkowo po studiach literaturowych wytypowano kształty perforacji poddane pomiarom. Zastosowano osiem wariantów perforacji różniących się kształtem otworów i stopniem perforacji. Następnie zweryfikowano ich wpływ na charakterystykę nawiewanego strumienia powietrza. W czasie badań stałe pozostawały parametry takie jak strumień objętości, temperatura powietrza nawiewanego czy temperatura powietrza w otoczeniu. Zaobserwowano zmienną charakterystykę nawiewanych strumieni w zależności od

stosowanego wariantu perforacji. Aby wykazać różnice w odziaływaniu strumieni na odczucia cieplne oraz wytypować warianty do dalszych badań przeprowadzono testy z wykorzystaniem żeńskiego manekina termicznego. Całość badań przedstawiono w publikacji (**C**). Etap ten zrealizowano w komorze klimatycznej, w której umieszczono stanowisko badawcze – biurko wyposażone w wentylację indywidualną ze zmiennym panelem frontowym nawiewnika. Pomiary z użyciem manekina termicznego dowiodły zależności pomiędzy odczuciami cieplnymi oraz strumieniem powietrza nawiewanego i tym samym kształtem perforacji płyty czołowej nawiewnika. Jednak dostarczanie powietrza w najbliższe otoczenie człowieka wymaga stosowania niskiej prędkości powietrza, tak aby uniknąć dyskomfortu wynikającego z uczucia przeciągu czy podrażnienia oczu. Proces oddychania może powodować zaburzenia strumienia wentylacji indywidualnej, co w dalszej konsekwencji może wpływać na jego oddziaływanie na człowieka. Hipoteza ta została potwierdzona w kolejnej fazie badań przedstawionych w publikacji (**A**). Aby zidentyfikować wszystkie czynniki mogące przyczyniać się do zmiany charakterystyki strumienia dostarczanego przez wentylację indywidualną w kolejnym etapie rozważany został również wpływ żaluzji stosowanych niekiedy w nawiewnikach (**B**). Ostatnią fazą badań były testy wybranych, sześciu wariantów perforacji płyty czołowej z udziałem ochotników (**D**). Umożliwiły one wskazanie najkorzystniejszego kształtu perforacji, pozwalającego na uzyskanie największego efektu chłodzącego i jednocześnie pozytywnie odbieranego przez człowieka.

Pierwsze dwa etapy badań przedstawione w publikacji (**C**) obejmowały wstępną analizę kształtu perforacji płyty czołowej nawiewnika. Eksperyment obejmował zarówno warunki letnie, gdzie celem było uzyskanie efektu chłodzenia, jak i warunki zimowe, gdzie wentylacja indywidualna miała za zadanie ogrzewać użytkownika. Całość pomiarów prowadzono w komorze klimatycznej. W każdej serii pomiarowej utrzymywano stałe, wartości temperatury powietrza nawiewanego i otaczającego. W seriach letnich temperatura powietrza nawiewanego wynosiła 24°C, a otoczenia 28°C, a w seriach zimowych temperatura powietrza nawiewanego wynosiła 22°C, a w otoczeniu 18°C. Wilgotność względna powietrza w komorze klimatycznej była stała i równa 45±5%.Założono również stały strumień objętości powietrza dostarczany przez wentylację indywidualną wynoszący 20 l/s.

Wcześniejsze badania [41] wykazały wpływ nawiewu powietrza na odczucia cieplne jedynie przy kierowaniu go na górne części ciała (głowę, klatkę piersiową). Nie potwierdzono natomiast takiej zależności przy nawiewaniu powietrza na kostki. Wskazanie chłodzenia głowy pojawiło się również w pracach [12,18,42,43]. Co związane jest z silnym wpływem lokalnych odczuć cieplnych na głowie na odczucia ogólne [44–46]. Na tej podstawie skonstruowano stanowisko badawcze składające się z biurka z wbudowanym systemem wentylacji indywidualnej, gdzie nawiewnik umieszczony został centralnie na wprost, na wysokości szyi i brody użytkownika. Nawiewnik wyposażono w perforowany

panel frontowy, nie posiadał dodatkowego uzbrojenie takich jak żaluzje czy kierownice powietrza. Składał się z płyty czołowej o wymiarach 320x125 mm. Wyposażono go w skrzynkę rozprężną o głębokości 200 mm z podłączeniem dolnym o średnicy 80 mm. Weryfikacji poddano osiem różnych płyt czołowych nawiewnika o zmiennym kształcie oraz wielkości otworów perforacji.

Wyniki **pierwszego etapu badań** potwierdziły wpływ kształtu perforacji płyty czołowej na charakterystykę wypływającego strumienia. Kształt perforacji wpływał zarówno na profil prędkość, jak i temperatury strumienia. W przeprowadzonych badaniach najniższą prędkość uzyskano przy stopniu perforacji 30%, a najwyższą przy zastosowaniu stopnia perforacji 10% oraz 63%. Było to spowodowane nierównomiernym wypływem powietrza z nawiewnika. Wykazano również zależność nachylenia funkcji spadku prędkości oraz $S/Ao^{0,5}$ (*charakterystyczny parametr kształtu [47], gdzie: S – rozstaw otworów perforacji, Ao – pole powierzchni pojedynczego otworu perforacji*). Im wyższa wartość $S/Ao^{0,5}$ tym większe okazało się nachylenie funkcji spadku prędkości. Zmiana temperatury strumieni powietrza okazała się zbliżona zarówno pod względem wartości jak i tempa jej zmiany. We wszystkich analizowanych wariantach strumienie powietrza w odległości 50 cm (odległość, w której znajdował się w drugim etapie badań manekin termiczny) charakteryzowały się stałą wartością turbulencji na poziomie około 25-35%.

Drugi etap badań analizujący wpływ zbadanych uprzednio strumieni powietrza na odczucia cieplne przeprowadzono z zastosowaniem 16-segmentowego, żeńskiego manekina termicznego znajdującego się w pozycji siedzącej na krześle przy biurku stanowiska badawczego. W warunkach letnich zastosowano dwa różne zestawy odzieżowe typowe dla kobiet (0,46 clo) i mężczyzn (0,6 clo). W warunkach zimowych wykorzystano jeden zestaw odzieży o izolacyjności 1,57 clo [47].

W tym przypadku poziom odczuć cieplnych opisany został z zastosowaniem temperatury ekwiwalentnej (t_{eq}), którą można zdefiniować jako temperaturę teoretycznego środowiska zamkniętego, w którym średnia temperatura promieniowania jest równa temperaturze powietrza w tej przestrzeni, które pozostaje w bezruchu i w którym wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem i otoczeniem na drodze konwekcji i promieniowania jest taka sama jak w przypadku warunków rzeczywistych. Zastosowano metodę obliczania t_{eq} przedstawiono w pracach [48,49].

Pomiary wykazały istnienie zależności pomiędzy kształtem perforacji opisanym wskaźnikiem $S/Ao^{0,5}$ a wartością t_{eq} opisującą odczucia cieplne. Korzystniejsze wyniki uzyskano w przypadku otworów okrągłych w porównaniu do innych kształtów (prostokąt, gwiazda, krzyż). Niezależnie od wariantu pomiarowego (warunki letnie lub zimowe, izolacyjność odzieży) najniższe wartość t_{eq} uzyskiwano przy najwyższych wartościach $S/Ao^{0,5}$(1,52-3,38), co wiązało się również z mniejszym spadkiem prędkości strumienia. Różnice między poszczególnymi płytami dochodziły do 25 – 30% w warunkach letnich

i 60 – 75% w warunkach zimowych. Przy małym stopniu perforacji (P=10%) prędkość strumienia powietrza docierającego do manekina termicznego była wyższa w porównaniu do pozostałych wariantów, co przełożyło się na uzyskane wartości t_{eq}. W przypadku płyt o P= 30 – 50% zauważono, że niższe t_{eq} uzyskuje się przy okrągłych otworach. Jednocześnie badania w warunkach zimowych potwierdziły znacząco większy wpływ prędkości powietrza na odczucia cieplne w porównaniu do temperatury nawiewanego powietrza, co przedstawiono również w [31]. Korzystniejsze efekty zimą uzyskano wśród płyt o najniższej prędkości strumienia.

W zrealizowanych badaniach najefektywniejsze okazały się płyty o otworach okrągłych średnicy 15 mm. Stopień perforacji, choć bardzo istotny przy niskich wartościach (P=10%), nie miał już tak dużego znaczenia przy wartościach wyższych 30 – 50%, gdzie większą rolę odgrywała średnica otworu perforacji. Stosowanie innych kształtów otworów nie dawało tak dobrych wyników, ponadto nietypowy kształt może stanowić utrudnienie w szerszej produkcji, co eliminuje je z grupy zalecanych rozwiązań.

Trzeci etap badań pozwolił określić wpływ procesu oddychania na działanie wentylacji indywidualnej. Poddano również ocenia działanie strumieni zmienionych ustawieniem żaluzji na odczucia cieplne.

Stanowisko badawcze, jak w poprzednich etapach, składało się z biurka z systemem wentylacji indywidualnej, z nawiewnikiem umieszczonym na wprost użytkownika, na wysokości jego brody i szyi. Jako symulatora człowieka użyto 34 – segmentowego, męskiego manekina termicznego wyposażonego w sztuczne płuca. Całość pomiarów prowadzona była w komorze klimatycznej. Zastosowano nawiewnik o wymiarach 400x200 mm ze skrzynką rozprężną z podłączeniem dolnym o średnicy króćca 100 mm. Uzbrojony został w poziome żaluzje w części środkowej oraz pionowe z lewej i prawej strony o zmiennym ustawieniu. Testowano cztery różne ustawienia żaluzji nawiewnika (rozszerzające i zwężające strumień) w dwóch trybach – chłodzenia (24°C temperatura otoczenia oraz 20 i 22°C temperatura nawiewu) i ogrzewania (20°C temperatura otoczenia oraz 22 i 24°C temperatura nawiewu). Strumień objętości w każdym wariancie był stały i wynosił 10 l/s. Izolacyjność odzieży, w którą ubrany był siedzący przy stanowisku badawczym manekin termiczny wraz z krzesłem wynosiła 1,46 clo.

Analiza wyników wykazała wpływ procesu oddychania na wartość temperatury ekwiwalentnej (t_{eq}) na poszczególnych segmentach. Niezależnie od zastosowanego wariantu proces oddychania powodował obniżenie jej wartości, co oznaczało odbiór środowiska jako chłodniejszego. Zaobserwowano również, że proces oddychania miał znacząco większy wpływ na wartość t_{eq} w porównaniu do temperatury powietrza nawiewanego przez system wentylacji indywidualnej.

Etap ten pokazał znaczenie procesu oddychania w badaniach związanych z wentylacją indywidualna oraz różnice w otrzymywanych wynikach przy różnym ustawieniu żaluzji nawiewnika. Wskazało to kierunek dalszych badań dotyczących żaluzji nawiewnika z udziałem ochotników. Szczegółowe wyniki przedstawione zostały w publikacji (**A**).

Czwarty etap był kontynuacją badań związanych z konstrukcją nawiewnika (**B**). Testom poddano trzy układy żaluzji – poziome, pionowe oraz mieszane (poziome w części środkowe oraz pionowe po bokach, *jak w etapie 3.*). Żaluzje zostały zainstalowane w nawiewniku opracowanym w poprzedniej fazie badań. Pomiary prowadzone były z udziałem 20 ochotników – mężczyzn w wieku średnio 24 lat. Każdy z nich proszony był o przybycie w określonym zestawie odzieżowym o izolacyjności ok. 0,72 clo. Utrzymywano stałą temperaturę otoczenia na poziomie 24°C oraz stałe parametry pracy wentylacji indywidualnej: temperaturę powietrza nawiewanego 20°C oraz strumień objętości 10 l/s. Każdy wariant pomiarowy trwał 3 h. Ochotnicy proszeni byli o wypełnianie kwestionariuszy w chwili rozpoczęcia każdego badania, po godzinie, dwóch godzinach oraz po trzech godzinach pracy wentylacji indywidualnej. Przeprowadzone ankiety dotyczyły odczuć cielnych, samopoczucia oraz efektywności wykonywanej pracy biurowej.

Analiza wyników wykazała różnice występujące w odczuciach użytkowników w zależności od zastosowanego nawiewnika. Istotne statystycznie różnice wystąpiły w przypadku nawiewnika z pionowymi żaluzjami, w drugiej i trzeciej godzinie eksperymentu. Również w tym czasie zaobserwowano obniżenie odczuć cieplnych na górnych częściach ciała ochotników takich jak głowa, kark, klatka piersiowa. Najkorzystniejszy z uwagi na odczucia cieplne okazał się nawiewnik o żaluzjach poziomych.

Po przeprowadzonych badaniach wstępnych dotyczących odczuć cieplnych z zastosowaniem manekina termicznego oraz badań związanych z kształtowaniem się strumienia i interakcją strumieni wentylacji indywidualnej z procesem oddychania zrealizowano końcowe badania dotyczące kształtu perforacji płyty czołowej nawiewnika z udziałem ochotników. Jak wskazują wcześniejsze publikacje [24] w środowisku niejednorodnym udział człowieka w testach pozwala na uzyskanie miarodajnych wyników.

Opublikowane w (**C**) pomiary **piątego etapu** miały potwierdzić zależność kształtu perforacji płyty czołowej nawiewnika wentylacji indywidualnej na odczucia cieplne człowieka. Na podstawie badań pierwszego i drugiego etapu opracowano kształty perforacji poddawane analizie w tej fazie. Opracowano sześć różnych kształtów perforacji płyty czołowej. Każda z nich miała okrągłe otwory różniące się średnicą oraz rozstawem co wpływało na stopień perforacji. W eksperymencie obejmującym warunki letnie udział wzięło 25 ochotników (mężczyzn, w wieku ok. 22 lat). Jego celem było wykazanie różnic

w odczuciach cieplnych człowieka podczas stosowania przygotowanych płyt czołowych. Pozostałe parametry pracy układu tj. temperatura powietrza w pomieszczeniu (28°C), temperatura powietrza nawiewanego (24°C) oraz strumień objętości dostarczany przez nawiewnik (20 l/s) pozostawały niezmienne. Po wyznaczenie charakterystyki każdego z sześciu testowanych paneli przeprowadzone zostały ankietowe badania z udziałem ludzi. Ankiety zawierały pytania dotyczące odczuć cieplnych i samopoczucia.

Zastosowano, podobnie jak w poprzednich badaniach, nawiewnik o wymiarach 325x125 mm wyposażony w skrzynkę rozprężną głębokości 200 mm z podłączeniem dolnym o średnicy 80 mm. Nawiewnik zainstalowany został w środkowej części biurka, na wprost użytkownika. Do płyty czołowej wybrano perforacje o okrągłych otworach o średnicach 5 i 15 mm, posiadające różne stopnie perforacji 10, 30 i 50%.

Wyniki potwierdziły zmiany w charakterystyce strumienia w zależności od kształtu perforacji płyty czołowej. W przypadku perforacji o średnicy otworu 15 mm wypływ powietrza miał charakter bardziej skupiony. Wyraźnie widoczny był stosunkowo wąski rdzeń o wyższej prędkości. Efekt ten zmniejszał się wraz ze wzrostem stopnia perforacji. Strumienie wypływające z perforacji o średnicy otworu 5 mm cechowały się bardziej równomiernym wypływem z powierzchni nawiewnika. Strumienie były szersze w porównaniu do paneli z otworem o średnicy 15 mm.

Wyniki badań ankietowych wykazały wpływ strumienia, a tym samym geometrii perforacji nawiewnika na odczucia cieplne ochotników. We wszystkich przypadkach zaobserwowano obniżenie odczuć cieplnych człowieka podczas działania wentylacji indywidualnej. Największe różnice odnotowano na głowie i klatce piersiowej. Największy efekt chłodzenia uzyskano przy perforacjach o średnicy otworu 5mm i stopniu perforacji 30 oraz 50%, które zapewniły najszersze strumienie. Strumienia te, pomimo nieco niższych prędkości powietrza, miały większy obszar oddziaływania, co w przypadku badań z udziałem ludzi okazało się ważniejsze. Wskazuje to na zasadność stosowania w wentylacji indywidualnej nawiewników zapewniających możliwie szerokie strumienie. Ponadto badania te potwierdziły możliwość stosowania prędkości strumienia 0,5 – 0,7 m/s w strefie przebywania ludzi bez istotnego zwiększenia podrażnienia oczu.

Przedstawione szerzej w publikacjach (**A, B, C, D**) badania obejmowały zagadnienia związane z opracowaniem najkorzystniejszych rozwiązań dotyczących geometrii płyty czołowej nawiewników stosowanych w systemach wentylacji indywidualnej. Obok wskazania rozwiązań pozwalających zoptymalizować odczucia cieplne użytkowników bez zmiany parametrów pracy całego układu, co stanowiło główny cel prowadzonym badań, wykazano pozytywny wpływ wentylacji indywidualnej na odczucia cieplne człowieka. Jednakże różnorodność stosowanych rozwiązań w tym konstrukcji nawiewników wskazuje na potrzebę prowadzenia dalszych analiz związanych z tym systemem, tak aby możliwe było wykorzystanie go w praktyce.

5 OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO - BADAWCZYCH.

5.1 Osiągnięcia naukowo – badawcze przed uzyskaniem stopnia doktora

Początek pracy naukowo – badawczej rozpoczął się na ostatnim roku studiów, kiedy otrzymałam stypendium asystenta – stażysty w Zakładzie Wentylacji i Klimatyzacji, Instytucie Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej (*obecnie Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska*). Po tym okresie zatrudniona zostałam na stanowisku asystenta i dołączyłam do projektu badawczego pt.: „System „kondygnacyjny" oddymiania budynków wielokondygnacyjnych". Projekt zakończył się monografią wydaną w 2006r. W kolejnych latach kontynuowałam badania związane z wentylacją oddymiającą. W ramach projektu pt.: „Usuwanie skutków ataków terrorystycznych za pomocą systemów wentylacji oddymiającej" prowadzone były analizy dotyczące gazowych substancji chemicznych możliwych do wykorzystania podczas ataków terrorystycznych w budynkach oraz możliwości i tempa ich usuwania przez systemy wentylacji oddymiającej. W tym czasie powstały również trzy ekspertyzy dotyczące funkcjonowania wentylacji oddymiającej w obiektach mieszkalnych i komercyjnych tj. terminal portu lotniczego im. F. Chopina w Warszawie oraz stadionu Legii w Warszawie.

W roku 2008 otrzymałam stypendium w ramach programu Roger Perry Memorial Fund (Wielka Brytania).

Niezależnie od prac związanych z wentylacją oddymiającą rozpoczęłam badania związane z wentylacją indywidualną oraz rozpoczęłam współpracę z Centralnym Instytutem Ochrony Pracy – Państwowym Instytutem Badawczym. W latach 2008-2010 pod kierownictwem A. Bogdan realizowałam projekt pt.: „Komfort termiczny i efektywność pracy w pomieszczeniach biurowych przy zastosowaniu systemu wentylacji indywidualnej". Pomiary miały na celu określenie optymalnych konfiguracji i parametrów pracy systemu wentylacji indywidualnej z uwagi na komfort cieplny użytkowników. Badania te prowadzone były z udziałem 25 ochotników testujących stworzony system. Wyniki badań otrzymane w ramach powyższego projektu zawarte zostały w mojej pracy doktorskiej obronionej z wyróżnieniem w 2010 r.

Równolegle do prowadzonych, w ramach projektów, prac badawczych powstawały 23 artykuły opublikowanie w czasopismach krajowych oraz opracowanie zwarte pt.: Wentylacja i Klimatyzacja. Materiały pomocnicze do projektowania, po raz pierwszy wydane w 2009 roku, których byłam współautorem lub autorem.

Wyniki prowadzonych w tym czasie badań przedstawione zostały w 13 referatach wygłoszonych podczas konferencji krajowych i zagranicznych. W tym czasie byłam autorem lub współautorem 21 publikacji w krajowych czasopismach technicznych z czego z czego 20 z nich znajdowało się na liście B.

5.2 Osiągnięcia naukowo – badawcze po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora kontynuowałam prace związane z wentylacją indywidualną. Uzyskałam finansowanie projektu badawczego pt.: „Wpływ turbulencji powietrza na odczucia cieplne człowieka w warunkach wentylacji indywidualnej", którego byłam kierownikiem i wykonawcą. Badania miały na celu zbadanie wpływu stopnia perforacji płyty wyrównawczej stanowiącej element konstrukcyjny nawiewnika na odczucia cieplne człowieka przy określonej różnicy temperatury pomiędzy powietrzem nawiewanym i otaczającym oraz ustalenie optymalnej konfiguracji powyższych parametrów. Analiza została przeprowadzona poprzez zbadanie charakterystyki strumienia powietrza, dostarczanego przez nawiewnik wentylacji indywidualnej, w zależności od perforacji jego płyty czołowej oraz różnicy temperatury pomiędzy powietrzem w otoczeniu a powietrzem nawiewanym. Ustalenie korelacji pomiędzy tymi parametrami oraz ich wpływu na charakter strumienia stanowiło podstawę do wskazania właściwej konstrukcji nawiewnika pod względem możliwości zapewnienia komfortu cieplnego oraz wysokiej jakości powietrza. Badania zapoczątkowały pracę nad cyklem publikacji powiązanych tematycznie będących podstawą składanego wniosku – wykorzystane zostały w publikacji (**C**). Były też podstawą publikacji [50] zamieszczonych w wykazie bibliografii.

W latach 2011-2016 kontynuowałam współpracę z Centralnym Instytutem Ochrony pracy – Państwowym Instytutem Badawczym realizując jako wykonawca dwa projekty badawcze pt.: „Opracowanie modułu wentylacji indywidualnej do zastosowania w pomieszczeniach biurowych" oraz „Innowacyjne urządzenie do lokalnego chłodzenia personelu sal operacyjnych z uwzględnieniem specyfiki wybranych zabiegów". W ramach pierwszego projektu opracowano moduł wentylacji indywidualnej składający się z nawiewnika oraz elementu grzewczo – chłodzącego. W porównaniu do wcześniejszych konstrukcji rozwiązanie opracowane w CIOP-IB cechowały zalety takie jak: możliwość regulacji kierunku strumienia za pomocą żaluzji zintegrowanych z nawiewnikiem, perforowana płyta czołowa o kombinowanych otworach zapewniająca równomierny wypływ z całej powierzchni nawiewnika, co pozwalało na indywidualne dostosowanie strumienia nawiewanego powietrza do preferencji użytkownika, możliwość zmiany wysokości oraz kierunku ustawienia nawiewnika oraz możliwość indywidualnej regulacji temperatury (w zakresie ±5°C od temperatury powietrza dostarczanego do PV) i prędkości (od 0,1 do 1m/s) nawiewanego powietrza lokalnie na stanowisku przez każdego użytkownika. Wyniki tych badań wykorzystane zostały w cyklu publikacji będące podstawą składanego wniosku (poz. **A**, **B**), a część z nich opublikowano w pozycjach [51–53] zamieszczonej poniżej w bibliografii.

Celem drugiego projektu było opracowanie urządzenia do lokalnego chłodzenia personelu sal operacyjnych – głownie chirurgów – podczas pracy. Uczestnicząc w pierwszych fazach projektu prowadziłam badania w sześciu z ośmiu warszawskich szpitali w 27 z 51 przebadanych salach operacyjnych. Wyniki tych badań zamieszczono w publikacjach [54,55].

Ostatni etap badań związanych cyklem publikacji będących podstawą składanego wniosku zrealizowano w ramach projektu badawczego pt.: „Wpływ charakterystycznych

parametrów kształtu nawiewnika na odczucia cieplne człowieka w systemach wentylacji indywidualnej", zrealizowanego w 2016 roku. Wyniki tego projektu stanowiły podstawę publikacji **D**.

Oprócz badań związanych z wentylacją indywidualną uczestniczyłam w projekcie GEKON pt.: "Opracowanie technologii wytwarzania kompaktowych ogrzewaczy ciepłej wody użytkowej z pompą ciepła", którego liderem konsorcjum była firma Euros Energy Sp. z o.o. Ponadto w ramach prac statutowych prowadziłam wspólnie z kolegami z Zakładu pomiary związane z możliwością wizualizacji nieizotermicznych strumieni powietrza za pomocą techniki BOS (Background Oriented Schlieren). Prowadzone były testy strumieni dostarczanych przez dysze nawiewne oraz urządzenia klimatyzacyjne. Udało się uzyskać rozdzielczość pozwalającą na wizualizację z dobrą dokładnością strumieni o różnicy temperatury 5 K w stosunku do powietrza w otoczeniu. Wyniki tych pomiarów zostały zaprezentowane w publikacjach [56].

Jednocześnie wspólnie z kolegami z Zakładu opracowaliśmy ekspertyzy techniczne dotyczące obiektów takich jak budynki Pomorskiego Parku Naukowo Technologicznego w Gdyni, hotelu IBIS w Warszawie oraz Poznańskiego Parku Technologiczno-Przemysłowego w Poznaniu.

W drodze konkursu przyznano mi dwuletnie stypendium dla doktorów Politechniki Warszawskiej. W roku 2011 otrzymałam nagrodę indywidualną (za pracę doktorską), a w roku 2017 nagrodę zespołową (za cykl publikacji) II stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej.

Rezultatem omówionej powyżej działalności naukowej, po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, było 5 publikacji w czasopismach z listy JCR oraz z listy A, 10 publikacji w czasopismach krajowych (z czego 7 z listy B), 4 rozdziały w monografiach naukowych oraz 9 artykułów konferencyjnych. Powyższe liczby nie zawierają 4 publikacji zgłoszonych jako osiągnięcie naukowe.

Marta Chludzińska

6 BIBLIOGRAFIA

[1] A. Yasuoka, H. Kubo, K. Tsuzuki, N. Isoda, Interindividual differences in thermal comfort and the responses to skin cooling in young women, J. Therm. Biol. 37 (2012) 65–71. doi:10.1016/J.JTHERBIO.2011.10.012.

[2] H. Zhang, C. Huizenga, E. Arens, T. Yu, Considering individual physiological differences in a human thermal model, J. Therm. Biol. 26 (2001) 401–408. doi:10.1016/S0306-4565(01)00051-1.

[3] PN-EN ISO 7730:2006 -Ergonomia środowiska termicznego -- Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów miejscowego komfortu termicznego, (2014) 58.

[4] P.O. Fanger, Kakovosten zrak v pisarnah povečuje produktivnost, Stroj. Vestnik/Journal Mech. Eng. 46 (2000) 408–412.

[5] A.K. Melikov, Personalized ventilation, 14 (2004) 157–167. doi:10.1111/j.1600-0668.2004.00284.x.

[6] J. Webster, E. Holland, G. Sleivert, R. Laing, B. Niven, A light-weight cooling vest enhances performance of athletes in the heat, Ergonomics. 48 (2005) 821–837. doi:10.1080/00140130500122276.

[7] M. Zhao, C. Gao, F. Wang, K. Kuklane, I. Holmér, J. Li, A study on local cooling of garments with ventilation fans and openings placed at different torso sites, Int. J. Ind. Ergon. 43 (2013) 232–237. doi:10.1016/j.ergon.2013.01.001.

[8] W. Bendkowska, M. Kłonowska, K. Kopias, A. Bogdan, Thermal manikin evaluation of PCM cooling vests, Fibres Text. East. Eur. 78 (2010) 70–74.

[9] R.S. Burch, S.D., Pearson J.T., Experimental study of passenger thermal comfort in an automobile under severe winter conditions, ASHRAE Trans. 97 (1991) 239–246.

[10] J.E. BROOKS, K.C. PARSONS, An ergonomics investigation into human thermal comfort using an automobile seat heated with encapsulated carbonized fabric (ECF), Ergonomics. 42 (1999) 661–673. doi:10.1080/001401399185379.

[11] M.F. HAISMAN, Physiological aspects of electrically heated garments, Ergonomics. 31 (1988) 1049–1063. doi:10.1080/00140138808966744.

[12] A.K. Melikov, G.L. Knudsen, Human Response to an Individually Controlled Microenvironment, HVAC&R Res. 13 (2007) 645–660. doi:10.1080/10789669.2007.10390977.

[13] S. Watanabe, A.K. Melikov, G.L. Knudsen, Design of an individually controlled system for an optimal thermal microenvironment, Build. Environ. 45 (2010) 549–558. doi:10.1016/j.buildenv.2009.07.009.

[14] H. Zhang, E. Arens, D. Kim, E. Buchberger, F. Bauman, C. Huizenga, Comfort, perceived air quality, and work performance in a low-power task–ambient conditioning system, Build. Environ. 45 (2010) 29–39. doi:10.1016/j.buildenv.2009.02.016.

[15] J. Niu, N. Gao, M. Phoebe, Z. Huigang, Experimental study on a chair-based personalized ventilation system, Build. Environ. 42 (2007) 913–925. doi:10.1016/j.buildenv.2005.10.011.

[16] Z. Bolashikov, L. Nikolaev, A.K. Melikov, J. Kaczmarczyk, P.O. Fanger, New air terminal devices with high efficiency for personalized ventilation application, in: 7th Int. Conf. Heal. Build., NUS Press Pte Ltd, Singapore, 2003: pp. 850–855.

[17] S. Zhu, D. Dalgo, J. Srebric, S. Kato, Cooling efficiency of a spot-type personalized air-conditioner, Build. Environ. 121 (2017) 35–48. doi:10.1016/j.buildenv.2017.05.007.

[18] J. Kaczmarczyk, A. Melikov, Z. Bolashikov, L. Nikolaev, P.O. Fanger, Human Response to Five Designs of Personalized Ventilation, HVAC&R Res. 12 (2006) 367–384. doi:10.1080/10789669.2006.10391184.

[19] R. Cermak, A.K. Melikov, Transmission of exhaled air between occupants in rooms with personalized and underfloor ventilation, in: Roomvent, 2004.

[20] J. Kaczmarczyk, A. Melikov, P.O. Fanger, Human response to personalized ventilation and mixing ventilation, Indoor Air. 14 (2004) 17–29. doi:10.1111/j.1600-

0668.2004.00300.x.

[21] H. Maula, V. Hongisto, V. Naatula, A. Haapakangas, H. Koskela, The effect of low ventilation rate with elevated bioeffluent concentration on work performance, perceived indoor air quality, and health symptoms, Indoor Air. (2017). doi:10.1111/ina.12387.

[22] M. Chludzińska, A. Bogdan, Wentylacja indywidualna – kaprys użytkowników czy uzasadniona ekonomicznie oszczędność, in polish, Ciepłownictwo Ogrzew. Went. 2 (2008) 32.

[23] S. Schiavon, A.K. Melikov, Energy saving and improved comfort by increased air movement, Energy Build. 40 (2008) 1954–1960. doi:10.1016/j.enbuild.2008.05.001.

[24] J. Kaczmarczyk, Analiza wpływu systemów lokalnego kształtowania środowiska wewnętrznego na komfort użytkowników i zużycie energii przez budynek, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2014.

[25] Y. Zhang, R. Zhao, Effect of local exposure on human responses, Build. Environ. 42 (2007) 2737–2745. doi:10.1016/j.buildenv.2006.07.014.

[26] S. Tanabe, K. Kimura, Effects of air temperature, humidity, and air movement on thermal comfort under hot and humid conditions, ASHRAE Trans. 100 (1994) 953–969.

[27] A. Kabanshi, H. Wigö, R. Ljung, P. Sörqvist, Human perception of room temperature and intermittent air jet cooling in a classroom, 26 (2017) 528–537. doi:10.1177/1420326X16628931.

[28] L. Huang, Q. Ouyang, Y. Zhu, L. Jiang, A study about the demand for air movement in warm environment, Build. Environ. 61 (2013) 27–33. doi:10.1016/j.buildenv.2012.12.002.

[29] C. Cândido, R. de Dear, R. Lamberts, Combined thermal acceptability and air movement assessments in a hot humid climate, Build. Environ. 46 (2011) 379–385. doi:10.1016/j.buildenv.2010.07.032.

[30] J. Toftum, A. Melikov, A. Tynel, M. Bruzda, P.O. Fanger, Human Response to Air Movement—Evaluation of ASHRAE's Draft Criteria (RP-843), HVAC&R Res. 9 (2003) 187–202. doi:10.1080/10789669.2003.10391064.

[31] P.O. Fanger, A.K. Melikov, H. Hanzawa, J. Ring, Air turbulence and sensation of draught, Energy Build. 12 (1988) 21–39. doi:10.1016/0378-7788(88)90053-9.

[32] N. Gong, K.W. Tham, A.K. Melikov, D.P. Wyon, S.C. Sekhar, K.W. Cheong, The acceptable air velocity range for local air movement in the tropics, HVAC R Res. 12 (2006) 1065–1076. doi:10.1080/10789669.2006.10391451.

[33] C. Cândido, R.J. de Dear, R. Lamberts, L. Bittencourt, Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone, Build. Environ. 45 (2010) 222–229. doi:10.1016/j.buildenv.2009.06.005.

[34] E. Arens, T. Xu, K. Miura, Z. Hui, M. Fountain, F. Bauman, A study of occupant cooling by personally controlled air movement, 27 (1998) 45–59.

[35] H. Kubo, N. Isoda, H. Enomoto-Koshimizu, Cooling effects of preferred air velocity in muggy conditions, 32 (1997) 211–218.

[36] Personalized ventilation - a healthy investment, n.d. www.exhausto.com.

[37] F. Bauman, H. Zhang, E.A. Arens, C. Benton, Localized comfort control with a desktop task conditioning system: laboratory and field measurements, ASHRAE Trans. 99 Part 2 (1993).

[38] PN-EN 15251:2012 - Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę, (2012) 48.

[39] PN-83/B-03430 Az3:2000 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej Wymagania, (n.d.).

[40] P. Wolkoff, Ocular discomfort by environmental and personal risk factors altering the precorneal tear film, Toxicol. Lett. 199 (2010) 203–212. doi:10.1016/j.toxlet.2010.09.001.

[41] M. Chludzińska, A. Bogdan, The effect of temperature and direction of airflow from the personalised ventilation on occupants' thermal sensations in office areas, Build. Environ. 85 (2015) 277–286. doi:10.1016/j.buildenv.2014.11.023.

[42] S. Watanabe, T. Shimomura, H. Miyazaki, Thermal evaluation of a chair with fans as an individually controlled system, Build. Environ. 44 (2009) 1392–1398. doi:10.1016/j.buildenv.2008.05.016.

[43] E.Z.E. Conceição, M.M.J.R. Lúcio, T.M.C. Lourenço, A.I.P.V. Brito, Evaluation of thermal comfort in slightly warm ventilated spaces in nonuniform environments, HVAC R Res. 12 (2006) 451–475. doi:10.1080/10789669.2006.10391189.

[44] E. Arens, H. Zhang, C. Huizenga, Partial- and whole-body thermal sensation and comfort - Part II: Non-uniform environmental conditions, in: 2006: pp. 53–59. doi:10.1016/j.jtherbio.2005.11.027.

[45] Q. Jin, L. Duanmu, H. Zhang, X. Li, H. Xu, Thermal sensations of the whole body and head under local cooling and heating conditions during step-changes between workstation and ambient environment, Build. Environ. 46 (2011) 2342–2350. doi:10.1016/j.buildenv.2011.05.017.

[46] S.A. Nunneley, D.C. Reader, R.J. Maldonado, Head-temperature effects on physiology, comfort, and performance during hyperthermia., Aviat. Space. Environ. Med. 53 (1982) 623–8.

[47] A. Bogdan, Cieplne oddziaływanie organizmu człowieka na zmiany mikroklimatu w pomieszczeniu, in polish, Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, 2011.

[48] S. Tanabe, E.A. Arens, F. Bauman, H. Zhang, T. Madsen, Evaluating thermal environments by using a thermal manikin with controlled skin surface temperature, ASHRAE Trans. 100 Part 1 (1994).

[49] P. V Nielsen, T.S. Jacobsen, R. Hansen, E.; Mathiesen, C. Topp, Measurement of thermal comfort and local discomfort by a thermal manikin, ASHRAE Trans. 108 (2002).

[50] A. Bogdan, A. Łuczak, M. Chludziñska, M. Zwoliñska, The effect of personalized ventilation on work productivity, Int. J. Vent. 11 (2012) 91–102.

[51] M. Chludzińska, A. Bogdan, Turbulence Intensity Performance of a Personalized Ventilation Air Terminal Device at Different Perforation Shape, in: CLIMA 2013,

11th REHVA World Congr. 8th Int. Conf. IAQVEC, Praha, 2013: p. ID:630.

[52] B. Koelblen, A. Bogdan, M. Chludzińska, Wpływ oddychania i odzieży na kształtowanie się strumieni konwekcyjnych nad człowiekiem, in: XII Konf. "Problemy Jakości Powietrza Wewnętrznego w Polsce," Warszawa, 2013.

[53] K. Ogłodzinski, M. Chludzińska, A. Bogdan, Wpływ zastosowania deflektora w skrzynce rozprężnej na charakterystykę strumienia powietrza dostarczanego przez nawiewnik perforowany, Ciepłownictwo Ogrzew. Went. 10 (2014) 394–396.

[54] P. Uścinowicz, M. Chludzińska, A. Bogdan, Thermal environment conditions in Polish operating rooms, Build. Environ. 94 (2015) 296–304. doi:https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.08.003.

[55] P. Uścinowicz, M. Chludzińska, A. Bogdan, Komfort cieplny w szpitalnych salach operacyjnych w świetle dokumentów prawnych i normatywnych, Ciepłownictwo Ogrzew. Went. 9 (2014) 352–358.

[56] J. Hendiger, P. Zietek, M. Chludzinska, Application of the Background Oriented Schlieren (BOS) method for visualization of thermal plumes, in: Environ. Eng. IV - Proc. Conf. Environ. Eng. IV, Lublin, 2013.

Marta Chludzińska