

Wytyczne dostosowania środowiska pracy
w zakresie hałasu, mikroklimatu i oświetlenia
w placówkach medycznych

Andrzej Pawlak, Dariusz Pleban, Bożena Smagowska,
Andrzej Sobolewski

1. Hałas

1.1. Wprowadzenie

Hałas określany jest jako każdy niepożądany i nieprzyjemny dźwięk, który może być dokuczliwy, uciążliwy lub szkodliwy dla zdrowia lub może zwiększać ryzyko wypadku przy pracy. Dane statystyczne dotyczące najczęstszych przyczyn chorób zawodowych, publikowane przez Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi stanowią, że hałas wśród czynników szkodliwych zajmuje jedno z wiodących miejsc na liście przyczyn chorób zawodowych [1]. Ze względu na zakres częstotliwości, można go podzielić na: hałas o częstotliwościach słyszalnych (20 – 20000 Hz), hałas infradźwiękowy (2 – 20 Hz) i hałas ultradźwiękowy (10 kHz – 40 kHz), natomiast w zależności od zmienności poziomu ciśnienia akustycznego wyróżniamy hałas: ustalony, nieustalony i impulsowy.

Hałas jako czynnik szkodliwy i uciążliwy może powodować skutki słuchowe i skutki pozasłuchowe. Zależą one od wielu czynników takich jak: poziom dźwięku, rodzaj hałasu (hałas impulsowy powoduje większe uszkodzenia niż hałas ciągły), czas ekspozycji oraz indywidualne cechy człowieka (jego wrażliwość na hałas). Skutki ekspozycji na hałas mogą być odwracalne (czasowe przesunięcie progu słyszenia) lub nieodwracalne (trwałe przesunięcie progu słyszenia). Skutki negatywnego oddziaływania hałasu na system słuchowy występują podczas poziomów 80-90 dB, podczas gdy skutki pozasłuchowe ujawniają się przy poziomach [2].

W zakresie skutków pozasłuchowych hałas niekorzystnie wpływa na układ krążenia (nadciśnienie, choroba wieńcowa), układ nerwowy (zespoły nerwicowe), hormonalny oraz powoduje zaburzenia snu [2].

W przypadku oddziaływania hałasu infradźwiękowego dominującym skutkiem ekspozycji pracowników na stanowiskach pracy jest uciążliwość, której wynikiem są zaburzenia sprawności psychomotorycznej i wybranych funkcji fizjologicznych człowieka.

Natomiast hałas ultradźwiękowy, w następstwie zjawiska powstawania (na skutek zjawisk nieliniowych w uchu) słabnących subharmonicznych, jest przyczyną ubytków słuchu. Poza szkodliwym oddziaływaniem na słuch, stwierdzono też ujemny wpływ ultradźwięków na narząd przedsionkowy w uchu wewnętrznym, objawiający się bólami i zawrotami głowy, zaburzeniami równowagi, nudnościami, sennością w ciągu dnia, nadmiernym zmęczeniem itp. [2].

W celu zapobiegania skutkom narażenia na hałas i uszkodzeniu słuchu dla wielkości opisujących hałas, zostały ustalone, w zależności od rodzaju hałasu, wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń¹ (NDN) lub wartości dopuszczalne określone ze względu na uciążliwość hałasu. Wartości dopuszczalne ze względu na ochronę słuchu w środowisku pracy określa Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [3]. Zgodnie z tym Rozporządzeniem hałas jest charakteryzowany przez:

- poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy, $L_{EX,8h}$, lub poziom ekspozycji na hałas odniesiony do przeciętnego tygodniowego, określonego w kodeksie pracy [4], wymiaru czasu, $L_{EX,w}$ (wyjątkowo w przypadku hałasu oddziałującego na organizm człowieka w sposób nierównomierny w poszczególnych dniach w tygodniu),
- maksymalny poziom dźwięku A, L_{Amax} ,
- szczytowy poziom dźwięku C, L_{Cpeak} .

Wartości NDN hałasu zamieszczone poniżej w tabeli 1.1. odnoszą się do ogółu pracowników z wyłączeniem kobiet ciężarnych i osób młodocianych. W odniesieniu do kobiet ciężarnych i osób młodocianych mają zastosowanie niższe wartości dopuszczalne zamieszczone w tabeli 1.2 [5, 6].

¹Wartość średnia narażenia, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy określonego w Kodeksie Pracy, przez jego okres aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia, oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń.

Tabela 1.1. Dopuszczalne wartości hałasu na stanowiskach pracy dla ogółu zatrudnionych wg [3]

Wielkości charakteryzujące hałas	Dopuszczalna wartość hałasu
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy ($L_{EX,8h}$) lub tygodnia pracy ($L_{EX,w}$) [dB]	85
Maksymalny poziom dźwięku A , L_{Amax} [dB]	115
Szczytowo-poziom dźwięku C L_{Cpeak} [dB]	135

Tabela 1.2. Dopuszczalne wartości hałasu na stanowiskach pracy dla kobiet ciężarnych i osób młodocianych wg [5,6]

Wielkości charakteryzujące hałas	Dopuszczalna wartość hałasu	
	kobiety ciężarne	młodociani
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy ($L_{EX,8h}$) lub tygodnia pracy ($L_{EX,w}$) [dB]	65	80
Maksymalny poziom dźwięku A , L_{Amax} [dB]	110	110
Szczytowo-poziom dźwięku C L_{Cpeak} [dB]	130	130

Nieobligatoryjne wartości dopuszczalne ze względu na możliwość realizacji przez pracowników podstawowych zadań na wybranych typach stanowisk określa Polska Norma PN-N-01307: 1994 [7] i zostały one podane w tabeli 1.3.

Tabela 1.3. Wartości dopuszczalne ze względu na możliwość realizacji przez pracowników podstawowych zadań wg [7]

Lokalizacja stanowiska pracy	Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A, [dB]
Kabiny bezpośredniego sterowania bez łączności telefonicznej, laboratoria ze źródłami hałasu, pomieszczenia z maszynami i urządzeniami liczącymi, maszynami do pisania, dalekopisami itp.	75
Kabiny dyspozytorskie, obserwacyjne i zdalnego sterowania z łącznością telefoniczną używaną w procesie sterowania, pomieszczenia do wykonywania prac precyzyjnych itp.	65
Pomieszczenia: administracyjne, biur projektowych, do opracowywania danych itp.	55

Według wspomnianego Rozporządzenia [3] w sprawie najwyższych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, hałas ultradźwiękowy na stanowiskach pracy jest charakteryzowany przez:

- równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych od 10 do 40 kHz odniesione do 8-godzinnego dobowego lub do przeciętnego tygodniowego, określonego w kodeksie pracy [4],

wymiaru czasu pracy (wyjątkowo w przypadku oddziaływania hałasu ultradźwiękowego na organizm człowieka w sposób nierównomierny w poszczególnych dniach w tygodniu),

- maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych od 10 do 40 kHz.

Określone wyżej poziomy nie mogą przekraczać wartości najwyższego dopuszczalnego natężenia (NDN) hałasu ultradźwiękowego podanych w poniższej tabeli 1.4.

Tabela 1.4. Wartości dopuszczalne hałasu ultradźwiękowego dla ogółu pracowników wg rozporządzenia [3]

Częstotliwość środkowa pasma tercjowego, kHz	Równoważny poziom ciśnienia akustycznego odniesiony do 8-godzinnego dobowego lub do przeciętnego tygodniowego, określonego w kodeksie pracy, wymiaru czasu pracy, dB	Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego, dB
10; 12,5; 16	80	100
20	90	110
25	105	125
31,5; 40	110	130

Natomiast na stanowiskach pracy młodocianych i kobiet w ciąży obowiązują mniejsze wartości, określone odpowiednio w rozporządzeniu Rady Ministrów w sprawie prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudnienia przy niektórych z tych prac [6] i w rozporządzeniu Rady Ministrów w sprawie wykazu prac uciążliwych, niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet w ciąży i kobiet karmiących dziecko piersią [5]. Wartości te podano w tabelach 1.5. i 1.6.

Tabela 1.5. Wartości dopuszczalne hałasu ultradźwiękowego na stanowiskach pracy młodocianych wg rozporządzenia wg [6]

Częstotliwość środkowa pasma tercjowego, kHz	Równoważny poziom ciśnienia akustycznego odniesiony do 8-godzinnego dobowego lub do przeciętnego tygodniowego, określonego w kodeksie pracy, wymiaru czasu pracy, dB	Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego, dB
10; 12,5; 16	75	100
20	85	110
25	100	125
31,5; 40	105	130

Tabela 1.6. Wartości dopuszczalne hałasu ultradźwiękowego na stanowiskach pracy kobiet w ciąży wg rozporządzenia wg [5]

Częstotliwość środkowa pasma tercjowego, kHz	Równoważny poziom ciśnienia akustycznego odniesiony do 8-godzinnego dobowego lub do przeciętnego tygodniowego, określonego w kodeksie pracy, wymiaru czasu pracy, dB	Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego, dB
10; 12,5; 16	75	95
20	85	105
25	100	120
31,5; 40	105	125

Hałas infradźwiękowy na stanowiskach pracy jest charakteryzowany przez:

- równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwością G odniesiony do 8-godzinnego dobowego lub do przeciętnego tygodniowego, określonego w Kodeksie pracy, wymiaru czasu pracy (wyjątkowo w przypadku oddziaływania hałasu infradźwiękowego na organizm człowieka w sposób nierównomierny w poszczególnych dniach w tygodniu),
- równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwością G w czasie pobytu pracownika na stanowisku pracy.

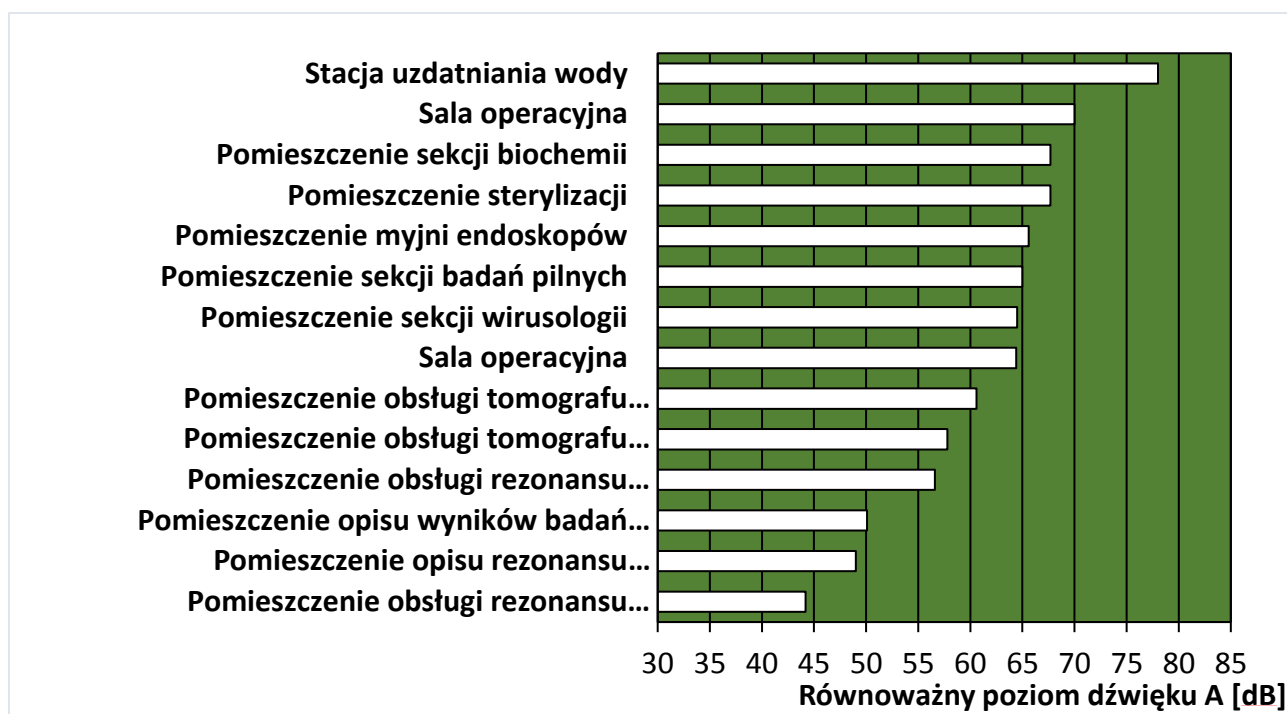
Wartości stanowiące kryterium uciążliwości hałasu infradźwiękowego są podane w tabeli 1.7.

Tabela 1.7. Równoważne poziomy ciśnienia akustycznego skorygowane charakterystyką częstotliwością G – kryterium uciążliwości wg PN-Z-01338:2010 [8]

Ocena wielkości	Wartość, dB
Równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwością G odniesiony do 8-godzinnego dobowego lub do przeciętnego tygodniowego, określonego w Kodeksie pracy, wymiaru czasu pracy, $L_{Geq, 8h}$ lub $L_{Geq, w}$, dla ogółu pracowników, dB	102
równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwością G w czasie pobytu pracownika na stanowisku do wykonywania prac koncepcyjnych, $L_{Geq, Te}$, dB	86

1.2. Charakterystyka wyników pomiarów hałasu na wybranych stanowiskach pracy w salach operacyjnych, gabinetach zabiegowych oraz laboratoriach diagnostyki

Na rysunku 1.1. przedstawiono wybrane wyniki równoważnego poziomu dźwięku A na stanowiskach pracy w wybranych pomieszczeniach placówek medycznych.



Rysunek 1.1. Wyniki równoważnego poziomu dźwięku A na stanowiskach pracy w wybranych pomieszczeniach szpitala.

Na podstawie pomiarów hałasu przeprowadzonych na wybranych stanowiskach pracy stwierdza się, że:

- w badanych pomieszczeniach na wszystkich stanowiskach pracy nie są przekroczone wartości dopuszczalne (NDN) wielkości charakteryzujących hałas: poziomu ekspozycji na hałas (85 dB), maksymalnego poziom ciśnienia akustycznego A (115 dB) i szczytowego poziomu ciśnienia akustycznego C (135 dB),
- wyniki badań potwierdziły uciążliwość oddziaływania tego czynnika w zakresie częstotliwości słyszalnych na wybranych stanowiskach pracy: obsługi aparatów rezonansu magnetycznego, obsługi aparatów diagnostyki ultrasonograficznej, jednostek stomatologicznych,
- przekroczenia wartości dopuszczalnych (NDN) hałasu ultradźwiękowego występują podczas stosowania pistoletów sprężonego powietrza i myjek ultradźwiękowych. Przekroczenia wartości dopuszczalnych równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego na tych stanowiskach pracy występowały w czterech pasmach normalizowanego zakresu częstotliwości o częstotliwościach środkowych: 10Hz, 12,5 Hz, 16 Hz i 20 Hz,

- na wszystkich badanych stanowiskach pracy w zakresie hałasu infradźwiękowego nie jest przekroczona wartość poziomu dźwięku G (86dB) określająca kryterium uciążliwości.

1.3. Charakterystyka wyników badań ankietowych

W wyniku przeprowadzonych badań ankietowych stwierdzono, że hałas jest największym źródłem uciążliwości dla pielęgniarek, mniej uciążliwy dla diagnostów i lekarzy. W zakresie głównych źródeł hałasu powodujących największą uciążliwość podczas wykonywanej pracy badani wskazali ruch wewnątrz budynku - 51,5% wskazań. W dalszej kolejności wskazano: rozmowy (w tym rozmowy telefoniczne) - 47,5%, dzwoniące telefony - 42,9% oraz ruch na zewnątrz budynku (drogowy, kolejowy, lotniczy) - 40,9% wskazań. Kolejne czynniki takie jak: instalacje techniczne budynku (np. klimatyzacja, windy), narzędzia, przyrządy oraz aparaty i sprzęt medyczny wskazało odpowiednio 32,9% oraz 29,2% badanych.

Według danych ankietowanych to pielęgniarki najwyżej oceniają uciążliwość hałasu w miejscu pracy. Średnia ocena w skali 0 do 10 w przypadku pielęgniarek wyniosła 3,47, wśród diagnostów 2,37 natomiast wśród lekarzy 2,37. Ponad połowa badanych – 54,2% pracuje cały czas w warunkach pracy które określa jako uciążliwe ze względu na występujący hałas. Zdecydowana większość badanych pracowników placówek medycznych – 72,8% nie musi używać podniesionego głosu podczas pracy. Więcej niż co czwarta badana osoba – 27,2% używa podniesionego głosu w trakcie wykonywania swojej pracy (47,5% pielęgniarek, 23,3% diagnostów oraz 11,9% lekarzy).

1.4. Wytyczne dotyczące dostosowania warunków pracy w zakresie hałasu na stanowiskach pracy w salach operacyjnych, gabinetach zabiegowych oraz laboratoriach diagnostyki do charakteru wykonywanych prac w tych pomieszczeniach

1.4.1. Wytyczne techniczne

Warunki akustyczne występujące w pomieszczeniach szpitalnych, zależne m.in. od stanu jakości tych pomieszczeń oraz znajdującego się wyposażenia, wpływają na

jakość akustyczną pomieszczeń, a tym samym na klimat akustyczny środowiska pracy. W celu określenia jakości akustycznej pomieszczeń niezbędna jest analiza pomieszczeń (kształt), wyposażenia znajdującego się wewnątrz i na zewnątrz pomieszczeń/budynku oraz określenie parametrów akustycznych charakteryzujących pomieszczenie (czas pogłosu). Z badań przeprowadzonych w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy-Państwowym Instytucie Badawczym dotyczących warunków akustycznych pomieszczeń wynika, że właściwości akustyczne ścian, stropu i podłogi mają istotny wpływ na poziom hałasu pogłosowego na stanowiskach pracy. Na podstawie wyników tych badań wynika, że hałas pogłosowy w pomieszczeniach bez adaptacji akustycznych wzrasta o ok. 4 - 8 dB w porównaniu do pomieszczeń z adaptacją akustyczną [9].

Hałas w placówkach medycznych generowany jest przez liczne źródła o zróżnicowanych charakterystykach. Ponadto gładkie i odbijające dźwięk powierzchnie ścian, podłóg i sufitów z jednej strony są korzystne ze względów higienicznych (łatwość utrzymania czystości, odkażanie), jednak powodują one liczne, zwielokrotnione odbicia fal akustycznych oraz przyczyniają się do dużego czasu pogłosu [10]. Prawidłowość odbioru informacji i poleceń jest jednym z warunków decydujących o skuteczności działania zespołu operacyjnego wykonującego skomplikowane procedury medyczne. Na poziom zrozumiałości mowy wpływa wiele czynników, np. parametry sygnału mowy, poziom hałasu tła, czas pogłosu w pomieszczeniu oraz kształt pomieszczenia. Krótszy czas pogłosu daje możliwość pełniejszego odbioru dźwięków i poprawia zrozumiałości mowy. Podstawowe znaczenie w środowisku szpitalnym w odniesieniu zarówno do personelu jak i do pacjentów, mają dwa czynniki: poziom hałasu tła akustycznego oraz czas pogłosu w pomieszczeniach. W celu poprawy klimatu akustycznego pomieszczeń, w których znajdują się stanowiska pracy i zaleca się, aby pogłos był tak mały, jak to tylko jest możliwe. Zaleca się dążenie do uzyskania czasu pogłosu od 0,5 s do 1 s w przedziale częstotliwości od 250 Hz do 4 kHz. Maksymalny zalecany czas pogłosu w miejscu pracy zależy od objętości pomieszczenia. W celu zmniejszenia czasu pogłosu zaleca się w pierwszej kolejności umieszczenie ustrojów dźwiękochłonnych na suficie. W dużych pomieszczeniach pracy mogą być konieczne bardziej złożone rozwiązania (np. tapety dźwiękochłonne ścienne i podłogowe, panele z materiałów o dużym współczynniku pochłaniania).

Negatywne działanie hałasu na stanowiskach pracy może być ograniczone przez podejmowanie odpowiednich działań profilaktycznych, w zakresie redukcji hałasu wywołanego przez źródła znajdujące się na zewnątrz budynków. W tym celu należy:

- ograniczyć hałas emitowany od instalacji wentylacyjnej znajdującej się na zewnątrz budynku poprzez zastosowanie pasywnych i aktywnych metod redukcji hałasu,
- w przypadku hałasu zewnętrznego przenikającego do wewnątrz pomieszczenia należy zwiększyć izolacyjność akustyczną okien, ścian i stropów,
- w przypadku hałasu zewnętrznego znajdującego się wewnątrz budynku, wywołanego przez urządzenia chłodnicze, pompy i instalacje wodne należy zastosować odpowiednio dobraną wibroizolację.

W celu dostosowania warunków pracy do charakteru wykonywanych prac w pomieszczeniach jednostek medycznych należy:

- określić właściwy układ pomieszczeń zapewniający separację pomieszczeń chronionych przed hałasem od jego źródeł i od pomieszczeń ze źródłami hałasu,
- dokonać doboru urządzeń i instalacji ze szczególnym uwzględnieniem niskiej emisji hałasu i drgań,
- wyposażyć pomieszczenia w elementy dźwiękochłonne w celu uzyskania w nich odpowiednich wartości czasu pogłosu (sufity i panele ściennie),
- zastosować dźwiękochłonne parawany lub kotary,
- zapewnić właściwą izolacyjność akustyczną okien i ścian,
- zapewnić właściwą izolacyjność akustyczną i szczelność drzwi do pomieszczeń wyposażyć korytarze w elementy dźwiękochłonne (sufit i panele ściennie).

W odniesieniu do istniejących obiektów medycznych w zakresie poprawy warunków pracy należy podjąć działania w zależności od rodzaju pomieszczeń, ich przeznaczenia oraz charakteru wykonywanych prac.

Sal operacyjne i gabinety zabiegowe powinny być oddzielone od pozostałych obszarów szpitala korytarzami lub dodatkowymi pomieszczeniami. W korytarzach i dodatkowych pomieszczeniach należy zastosować adaptacje akustyczne (sufit pochłaniający dźwięk oraz ściennie panele pochłaniające dźwięk). W salach

operacyjnych i gabinetach zabiegowych należy zainstalować sufity pochłaniające dźwięk o odpowiednich właściwościach higienicznych by uzyskać czas pogłosu poniżej 0,8 s. W tym celu wg [11] na całej powierzchni sufitu powinny być zainstalowane materiały dźwiękochłonne (w formie sufitu podwieszanego lub paneli montowanych bezpośrednio do sufitu) o współczynniku pochłaniania dźwięku nie mniejszym niż 0,8. Możliwe jest pokrycie sufitu na powierzchni co najmniej 90%, lecz w tym przypadku współczynnik pochłaniania dźwięku materiału powinien być nie mniejszy niż 0,9. Na ścianach pomieszczeń należy umieścić panele akustyczne pochłaniające dźwięk. W pracach należy stosować urządzenia medyczne oraz instalacje techniczne o niskim poziomie hałasu. Drzwi tych pomieszczeń powinny posiadać wysoką izolacyjność akustyczną.

Pokoje pielęgniarek powinny być wyposażone w panele akustycznych pochłaniające dźwięk. Na suficie należy zamontować materiał pochłaniający dźwięk. W pomieszczeniach należy zainstalować drzwi o odpowiedniej izolacyjności akustycznej i szczelności. Niezbędne instalacje techniczne w pomieszczeniu powinny charakteryzować się niskim poziomem hałasu. Ściany powinny zapewnić wysoką izolacyjność akustyczną. W korytarzach na suficie należy zainstalować materiały pochłaniające dźwięk, natomiast ściany wyłożyć panelami pochłaniającymi dźwięk.

Laboratoria diagnostyki medycznej powinny mieć zastosowaną odpowiednią adaptację akustyczną. Na suficie należy zainstalować materiały pochłaniające dźwięk o odpowiednich właściwościach higienicznych. Na ścianach w pobliżu urządzeń emitujących hałas powinny być zainstalowane panele akustyczne pochłaniające dźwięk. Urządzenia emitujące hałas należy oddzielić od stanowisk pracy przegrodami dźwiękochłonnymi. W pobliżu urządzeń emitujących hałas ultradźwiękowy powinny być zastosowane obudowy, osłony lub ekrany akustyczne. Ekrany akustyczne powinny być umieszczone jak najbliżej źródła hałasu oraz od jego strony pokryte materiałem dźwiękochłonnym.

Oddziały intensywnej opieki medycznej powinny być wyposażone w aparaturę medyczną charakteryzującą się niskim poziomem hałasu. Chłonność akustyczna takich pomieszczeń powinna być nie mniejsza niż wartość iloczynu 0,4 i pola

powierzchni rzutu pomieszczenia. W celu spełnienia tego wymagania wg [11] na całej powierzchni sufitu powinny być zainstalowane materiały dźwiękochłonne (w formie sufitu podwieszanego lub paneli montowanych bezpośrednio do sufitu) o współczynniku nie mniejszym niż 0,8. Możliwe jest pokrycie sufitu na powierzchni co najmniej 90%, lecz w tym przypadku współczynnik pochłaniania dźwięku materiału powinien być nie mniejszy niż 0,9.

Korytarze w placówkach medycznych powinny posiadać adaptacje akustyczne zapewniające, że chłonność akustyczna korytarzy jest nie mniejsza niż wartość iloczynu 0,6 i pola powierzchni rzutu pomieszczenia. W celu spełnienia tego wymagania wg [11] na całej powierzchni sufitu powinny być zainstalowane materiały dźwiękochłonne (w formie sufitu podwieszanego lub paneli montowanych bezpośrednio do sufitu) o współczynniku nie mniejszym niż 0,6. Możliwe jest pokrycie sufitu na co najmniej 2/3 powierzchni, lecz w tym przypadku współczynnik pochłaniania dźwięku materiału powinien być nie mniejszy niż 0,9.

Poza tym w ramach graniczenia oddziaływania hałasu w środowisku pracy jednostek medycznych, należy zmniejszyć głośność dzwonek aparatów telefonicznych, ograniczyć rozmowy na korytarzach oraz rozmowy telefoniczne na korytarzach i w poczekalniach.

1.4.2. Wytyczne organizacyjne

Oprócz działań o charakterze technicznym w zakresie ograniczenia hałasu w środowisku pracy powinny być prowadzone równoległe działania o charakterze organizacyjnym. W przypadku źródeł hałasu znajdujących się na zewnątrz budynków należy systematycznie kontrolować stan techniczny urządzeń wchodzących w skład systemu wentylacji i klimatyzacji.

Prace wywołujące hałas i prace nie powodujące hałasu należy rozdzielać przez ulokowanie ich w oddzielnych pomieszczeniach. Miejsca pracy i stanowiska pracy powinny być rozmieszczone w sposób zapewniający izolację od źródła hałasu i ograniczać jednoczesne oddziaływanie innych źródeł hałasu na pracownika.

Pracownicy powinni odbywać szkolenia w zakresie poprawnej i bezpiecznej obsługi urządzeń. Powinni być informowani o zagrożeniu hałasem i skutkach dla zdrowia i bezpieczeństwa pracy. Ponadto zatrudnieni powinni odbywać w ramach profilaktyki medycznej wstępne i okresowe badania lekarskie. Badania te mają na celu odsunięcie od prac w narażeniu na hałas osób, których stan zdrowia odbiega od normy, gdyż w wyniku narażenia na hałas może on ulec dalszemu pogorszeniu. Badania te mają również na celu określenie wczesnych objawów zmian chorobowych (uszkodzenia słuchu) powstających pod wpływem narażenia na hałas i niedopuszczenie do pogłębiania się choroby. Szczególnie istotne jest monitorowanie stanu słuchu pracowników narażonych na hałas ultradźwiękowy (zwłaszcza osoby zwiększonym ryzykiem zawodowym).

2. Mikroklimat

2.1. Wprowadzenie

Według Rozporządzenia ministra zdrowia z dnia 29 marca 2019 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą [12]:

- w blokach operacyjnych, izolatkach oraz pomieszczeniach dla pacjentów o obniżonej odporności stosuje się wentylację nawiewno-wywiewną lub klimatyzację zapewniającą parametry jakości powietrza dostosowane do funkcji tych pomieszczeń,
- pomieszczenia przeznaczone do pobierania i preparatyki krwi i jej składników oraz pomieszczenia działu laboratoryjnego i ekspedycji są klimatyzowane.

Natomiast wymagania stawiane zakresom zmienności parametrów mikroklimatu w salach operacyjnych wg [13] są następujące:

1. temperatura powietrza $22 \leq t_a \leq 25^\circ\text{C}$ (w salach zabiegowo-operacyjnych),
2. wilgotność względna 55 % (w salach zabiegowo-operacyjnych $40 \leq RH \leq 60$ %),
3. maksymalna prędkość przepływu powietrza $0,4 \leq V \leq 0,5$ m/s (0,2 m/s w salach zabiegowo-operacyjnych).

Warunki pracy w salach operacyjnych, gabinetach zabiegowych oraz laboratoriach diagnostyki medycznej mieszczą się w zakresie oddziaływania mikroklimatu

środowiska umiarkowanego. Wpływ tego rodzaju środowiska cieplnego na zdrowie, samopoczucie i efektywną pracę człowieka przejawia się w niewielkim obciążeniu organizmu. Są to bowiem warunki, do których człowiek jest najlepiej przystosowany. Stąd do oceny uciążliwości środowiska cieplnego (termicznego) umiarkowanego wykorzystywane są wskaźniki oparte o subiektywne odczucia osób pracujących na danym stanowisku pracy, zweryfikowane i potwierdzone obiektywnymi pomiarami parametrów fizycznych charakteryzujących to środowisko i obliczeniami bilansu cieplnego organizmu. Do oceny odczuć cieplnych u osób ekspozowanych na działanie środowiska *cieplnego umiarkowanego* wykorzystywany jest wskaźnik *PMV* (ang. Predicted Mean Vote) określający *przewidywaną ocenę średnią* środowiska cieplnego w grupie osób przebywających i pracujących w środowisku umiarkowanym. Ze wskaźnikiem *PMV* stowarzyszony jest wskaźnik *PPD* (ang. Predicted Percentage Dissatisfied), który określa *przewidywany odsetek osób niezadowolonych* z warunków cieplnych danego środowiska. Oceny wpływu środowiska cieplnego umiarkowanego na organizm człowieka dotyczy norma PN-EN ISO 7730:2006 [14]. Teoria, na której opiera się model obliczeniowy przyjęty w normie PN-EN ISO 7730 odnosi się do osób zdrowych o unormowanych wartościach podstawowych parametrów fizjologicznych. Zakres zmienności parametrów fizycznych mikroklimatu *środowiska umiarkowanego* przyjęty w PN-EN ISO 7730 zamieszczono poniżej w tabeli 2.1.

Tab.2.1. Zakres zmienności parametrów środowiskowych uwzględniony w normie PN-EN ISO 7730 [14]

Parametr	Minimum	Maksimum
$t_a, ^\circ\text{C}$	10	30
p_a, kPa	0	2,7
$t_r, ^\circ\text{C}$	10	40
$v_a, \text{m/s}$	0	1

gdzie:

t_a - temperatura powietrza, $^\circ\text{C}$

p_a - ciśnienie pary wodnej, kPa

t_r - temperatura promieniowania, $^\circ\text{C}$

v_a - prędkość przepływu powietrza, m/s

Odczucia cieplne człowieka przebywającego w danym środowisku są następstwem wyniku bilansu cieplnego opisującego wymianę ciepła między jego organizmem, a środowiskiem otaczającym. Organizm człowieka na skutek przemian metabolicznych wytwarza energię cieplną, którą musi oddawać do otoczenia w celu zachowania

stałości parametrów fizjologicznych. Jeżeli energia cieplna wytworzona w organizmie rozpraszana jest z taką samą intensywnością do otoczenia z jaką jest wytwarzana, wówczas bilans cieplny jest zrównoważony. Środowisko cieplne odczuwane jest przez człowieka (i każdy organizm stałocieplny) jako cieplnie *neutralne* ($PMV=0$). W przypadku kiedy straty ciepła z organizmu przewyższają poziom energii cieplnej wytwarzanej w organizmie, następuje jego wychłodzenie i odczuwany jest chłód lub zimno ($PMV<0$). Kiedy produkcja ciepła w organizmie jest większa od straty ciepła do otoczenia ciepło akumuluje się w organizmie. Odczuwane jest wtedy ciepło lub gorąco ($PMV>0$). Zakres pożądany zmienności wskaźnika *PMV* w otaczającym środowisku z uwagi na dobre samopoczucie przebywających w nim osób, a więc najlepszą wydajność w pracy, zawarty jest w przedziale $-0,5 \leq PMV \leq 0,5$. Taki stan odczuć cieplnych określany jest mianem *komfortu cieplnego*, co jest równoważne z odczuwaniem neutralności cieplnej.

Na wynik bilansu wymiany ciepła między organizmem człowieka a środowiskiem otaczającym, poza mikroklimatem środowiska, wpływ mają dwie wielkości: izolacyjność cieplna odzieży *I_{cl}* i metabolizm *M*.

O intensywności wymiany ciepła między ciałem człowieka i otoczeniem decyduje odzież, inaczej mówiąc jej ciepłochronność. Parametr ten określa ilość ciepła przepływającego w jednostce czasu przez 1 m² powierzchni odzieży, przy różnicy temperatury po obu stronach odzieży wynoszącej 1 °C. Stąd ważnym parametrem uwzględnianym w bilansie cieplnym jest informacja o izolacyjności cieplnej odzieży *I_{cl}*, clo, używanej w danym środowisku. Izolacyjność cieplna odzieży podawana jest w jednostkach m²K/W lub anglosaskich jednostkach clo (1clo=0,155 m²K/W). Norma PN-EN ISO 7730 przyjmuje zakres zmienności izolacyjności cieplnej odzieży od 0 clo (człowiek nagi) do 2 clo (0,310 m²K/W).

Parametrem wiodącym w bilansie cieplnym człowieka z otoczeniem z uwagi na to, że to organizm człowieka jest źródłem ciepła, które ze względu na konieczność zachowania homeostazy cieplnej musi być oddane do otoczenia, jest metabolizm *M*, W/m². Określa on aktywność fizyczną człowieka. Zakres zmienności metabolizmu uwzględniany w normie wynosi od 46 W/m² (człowiek w stanie spoczynku w pozycji leżącej) do 232 W/m² (duże tempo metabolizmu - odpowiada aktywności człowieka

intensywnie pracującego ramieniem i tułowiem np. przenoszenie ciężkich przedmiotów; kucie ręczne; piłowanie; kopanie; chodzenie z prędkością 5,5 km/h do 7 km/h po terenie płaskim).

Wartości omówionych sześciu parametrów charakteryzujących środowisko termiczne umiarkowane tj.: t_a , t_r , v , P_a , Icl , M współwystępują w realnym środowisku pracy w różnych i bardzo licznych kombinacjach. Znajomość ich wartości pozwala racjonalnie ocenić i przewidzieć poziom odczuwania danego środowiska cieplnego przez większą grupę ludzi na podstawie wartości obliczonych wskaźników PMV i PPD . Do oszacowania wartości wskaźnika PMV tj. *przewidywanej oceny średniej* środowiska cieplnego w grupie osób przebywających i pracujących w danym środowisku wykorzystywany jest program obliczeniowy, którego kod źródłowy zamieszczony jest w normie PN-EN ISO 7730. Program opiera się na teorii opracowanej przez duńskiego uczonego Poula O. Fanger, który jest twórcą pojęcia *komfort termiczny*. Opracował on metodę określania przewidywanej średniej wartości ocen (PMV) na siedmiostopniowej skali odczuć termicznych: $PMV=3$ – gorąco, $PMV=2$ – ciepło, $PMV=1$ – lekko ciepło, $PMV=0$ – neutralnie, $PMV=-1$ – lekko chłodno, $PMV=-2$ – chłodno, $PMV=-3$ – zimno, opierającej się na bilansie cieplnym organizmu człowieka. PPD określa się z zależności

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (2.1)$$

Z powyższego wzoru wynika, że $PPD=5\%$ dla $PMV=0$. Oznacza to, że w dużej grupie ludzi istnieje zawsze niewielki procent (5 %) osób niezadowolonych z istniejącego stanu rzeczy.

Stan odczucia komfortu cieplnego ($-0,5 \leq PMV \leq 0,5$) w dużej grupie osób podziela 90 % populacji. Rozwiązaniem pod każdym względem korzystnym dla pracodawców jest dążenie do zapewnienia zatrudnionym odczuwania w środowisku pracy neutralnych warunków cieplnych $PMV=0$. Stan ten przekłada się na zminimalizowanie obciążeń cieplnych pracowników, zmniejszenie poziomu zmęczenia, zwiększenie ich wydajności i dokładności wykonywanej pracy. Ponieważ na wartość PMV mają wpływ wartości sześciu parametrów, istnieje możliwość zbliżenia się do pożądanego poziomu PMV w danym środowisku (obniżenie lub zwiększenie wartości PMV)

poprzez odpowiednie działania, które wpłyną na zmianę wartości jednego lub kilku parametrów uwzględnionych w obliczeniach. Np. obniżenie temperatury otoczenia t_a , o ile pozwala na to proces technologiczny, będzie miało wpływ na obniżenie zbyt wysokiego PMV . Ten sam efekt można uzyskać bez zmiany t_a zwiększając prędkość przepływu powietrza „ v ” lub zmniejszając izolacyjność cieplną odzieży I_{cl} , albo wpływając na obniżenie metabolizmu M poprzez zmniejszenie wysiłku fizycznego związanego z wykonywanymi czynnościami.

W celu oszacowania wartości wskaźników PMV i PPD w danym środowisku pracy wykonuje się pomiary parametrów mikroklimatu w tym środowisku tj.: t_a , t_r , v , p_a . Pomiary te wykonywane są za pomocą mierników mikroklimatu.

Metabolizm M u osób pracujących na danym stanowisku może być zmierzony podczas wykonywania pracy za pomocą specjalnego miernika np. miernika wydatku energetycznego MWE. Ponieważ wykonanie takich pomiarów na stanowisku pracy nie zawsze jest możliwe, ze względu na podobieństwo wykonywanych czynności ze znanymi i szczegółowo pomierzonymi w przeszłości, wykorzystuje się, poprzez analogię, najczęściej dane z tablic zawierających opis wykonywanych czynności i odpowiadających im wartości metabolizmu.

W normie PN-EN ISO 7730 w Załączniku E podano wartości wskaźnika PMV i PPD określone dla różnych kombinacji aktywności, izolacyjności cieplnej odzieży, wilgotności powietrza względnej 50 % (wpływ wilgotności na odczucia cieplne jest niewielki w środowisku umiarkowanym), temperatury operacyjnej (operatywnej) i prędkości przepływu powietrza. Definicja temperatury operacyjnej/operatywnej jest następująca: temperatura operacyjna/operatywna (def. wg. PN-EN ISO 7730) – jednorodna temperatura teoretycznego czarnego pomieszczenia, w którym człowiek wymienia tę samą ilość ciepła przez promieniowanie i konwekcję, jak w rzeczywistym, niejednorodnym środowisku. Wzór określający temperaturę operatywną t_o , °C, jest następujący:

$$t_o = \frac{t_a \cdot \sqrt{10 \cdot v_a + \bar{t}_r}}{1 + \sqrt{10 \cdot v_a}} \quad (2.2)$$

gdzie:

t_a - temperatura powietrza, °C

t_r - temperatura promieniowania, °C

v_a - prędkość przepływu powietrza, m/s

2.2. Charakterystyka wyników pomiarów mikroklimatu wykonanych na wybranych stanowiskach pracy w salach operacyjnych, gabinetach zabiegowych oraz laboratoriach diagnostyki

W tabeli 2.2 zamieszczono wyniki analizy środowiska cieplnego oparte na przeprowadzonych pomiarach mikroklimatu w 15 pomieszczeniach. W kolumnach tabeli (drugiej i trzeciej) podano oszacowane wartości PMV i PPD dla każdego zbadanego obiektu. Wartość PMV wyróżniona wytłuszczonym drukiem jest wynikiem obliczeń, a wartości podane z jej lewej i prawej strony określają przedział zmienności kwalifikujący ocenę średnią środowiska cieplnego według siedmiostopniowej skali odczuć.

Tabela 2.2. Wyniki analizy środowiska cieplnego oparte na przeprowadzonych pomiarach mikroklimatu w 15 pomieszczeniach

Nr. obiektu	PMV	PPD, %	Subiektywna ocena średnia środowiska cieplnego	Pomieszczenie klimatyzowane	Pomieszczenie nieklimatyzowane
1	1 < 1,11 < 1,5	31	lekko ciepło	+ sala operacyjna	
2	0 < 0,42 < 0,5	8,6	Komfort ciepły	+	
3	1 < 1,5 < 2	53,1	Lekko ciepło-ciepło		+
4	0 < 0,01 < 0,5	5	Komfort ciepły	+	
5	0 < 0,42 < 0,5	8,8	Komfort ciepły	+	
6	1 < 1,17 < 1,5	33	Lekko ciepło-ciepło		+
7	1,5 < 1,73 < 2	64	Lekko ciepło-ciepło		+
8	1 < 1,16 < 1,5	33	Lekko ciepło-ciepło	+ sala operacyjna	
9	0,5 < 0,55 < 1	11,3	Komfort ciepły	+	
10	-0,5 < -0,05 < 0	5,05	Komfort ciepły	+	
11	0 < 0,35 < 0,5	7,6	Komfort ciepły	+	
12	1 < 1,06 < 1,5	29	Lekko ciepło	+ klimatyzacja wymuszona	
13	0,5 < 0,99 < 1	25,6	Lekko ciepło	+ mała wydajność klimat.	
14	0,5 < 0,55 < 1	11,3	Komfort ciepły	+	
15	0,5 < 0,91 < 1	22,4	Lekko ciepło		+

- 1 - Sala Operacyjna
- 2 - Blok Sterylizacji
- 3 - Blok Patomorfologii
- 4 - Pomieszczenie obsługi urządzenia rezonansu magnetycznego 3-Tesle
- 5 - Pomieszczenie obsługi urządzenia rezonansu magnetycznego 1,5-Tesli
- 6 - Pomieszczenie opisowe wyników rezonansu magnetycznego 1,5-3 Tesle
- 7 - Pomieszczenie Opisowe Wyników badań rentgenowskich
- 8 - Sali Operacyjnej
- 9 - Pomieszczenie badań endoskopowych
- 10 - Stanowisko pracy technika tomografu CT16
- 11 - Stanowisko obsługi tomografu komputerowego 64CT
- 12 - Pomieszczenie sterylizacji
- 13 - Pomieszczenie Laboratorium Analitycznego (1)
- 14 - Pomieszczenie Laboratorium Analitycznego (2)
- 15 - Blok Uzdatniania Wody (do dializ)

W siedmiu przypadkach środowisko cieplne kwalifikowane było jako komfortowe cieplnie do wykonywanych w nim zadań. Pomieszczenia te były klimatyzowane. 4 pomieszczenia na zbadanych 15 nie były klimatyzowane i odczucia cieplne w tych pomieszczeniach, określone z obliczeń wskaźnika PMV, zmieniały się w zakresie od $PMV = 0,9$ (prawie lekko ciepło) do $PMV = 1,73$ (prawie ciepło). Z tak postrzeganego środowiska cieplnego nie będzie zadowolonych odpowiednio od $PPD = 22\%$ do $PPD = 64\%$ osób w dużej populacji. Środowisko cieplne w omawianych warunkach zakłóca lekko stan równowagi cieplnej organizmu, wynikiem czego aktywizowane są procesy przeciwdziałające powstawaniu akumulacji w nim ciepła (np. pocenie), co obciąża organizm.

W czterech przypadkach oznaczonych numerami: 4 i 8 (Sale Operacyjne), 12 (Pomieszczenie Sterylizacji), 13 (Pomieszczenie Laboratorium Analitycznego (1)) mimo istniejącej klimatyzacji trudno było osiągnąć warunki środowiskowe sprzyjające odczuwaniu komfortu cieplnego przez osoby tam pracujące. W przypadku osoby chirurga pracującego w sali operacyjnej obowiązuje go stosowanie specjalnej odzieży medycznej przeznaczonej do zabiegów chirurgicznych. Izolacyjność cieplna odzieży chirurgicznej obecnie waha się w granicach od $I_{cl} = 0,8 \text{ clo}$ do $I_{cl} = 1,1 \text{ clo}$ [13]. Do oszacowania wartości wskaźnika PMV w przypadku pracy chirurga przyjęto $I_{cl} = 0,9 \text{ clo}$, oraz aktywność fizyczną wymaganą podczas operacji na poziomie metabolizmu około $M = 120 \text{ W/m}^2$.

W przypadku oznaczonym numerem 12 (Pomieszczenie Sterylizacji), pomieszczenie posiadało wentylację wymuszoną, która jak wynika z pomiarów, okazała się mało skuteczna.

W przypadku oznaczonym numerem 13 (Pomieszczenie Laboratorium Analitycznego (1)) w dużej Sali, przy każdym z wielu stanowisk pracy, zainstalowany był indywidualny klimatyzator. W rozpatrywanym przypadku, w momencie wykonywania pomiarów, ustawienie parametrów jego pracy poza zakresem komfortu mogło być wynikiem indywidualnych preferencji cieplnych pracownika tego stanowiska.

Analiza warunków mikroklimatu przeprowadzona na badanych stanowiskach pracy w placówkach medycznych wykazała, że w przypadku 46,6% pomieszczeń klimatyzowanych spełnione były warunki komfortu cieplnego tj. $-0,5 \leq PMV \leq 0,5$ (PPD=10%); w przypadku 26,6% pomieszczeń klimatyzowanych niespełnione były warunki komfortu cieplnego tj. $0,9 \leq PMV \leq 1,16$ ($22\% \leq PPD \leq 33\%$).

W przypadku pomieszczeń nieklimatyzowanych, które stanowiły 26,6% przebadanych ogółem obiektów, we wszystkich niespełnione były warunki komfortu cieplnego tj. $0,9 \leq PMV \leq 1,73$ ($22\% \leq PPD \leq 64\%$).

2.3. Charakterystyka wyników badań ankietowych dotyczących mikroklimatu na stanowiskach pracy w salach operacyjnych, gabinetach zabiegowych oraz laboratoriach diagnostyki

W odpowiedzi na pytanie dotyczące odczuwania mikroklimatu w środowisku pracy uzyskano średni wynik uciążliwości mikroklimatu równy **1,27** co można zakwalifikować do oceny „minimalnie uciążliwy”.

W odpowiedzi na pytanie zimny (-3), chłodny (-2), lekko chłodny (-1), neutralny (0), lekko ciepły (+1), ciepły (+2), gorący (+3), 77,1 % respondentów tj. większość badanych pracowników placówek medycznych uważała, że mikroklimat z jakim stykają się na stanowisku pracy jest neutralny. 17,6% badanych oceniła mikroklimat w miejscu pracy jest lekko ciepły, oraz 2,7%, że mikroklimat jest ciepły. Zaledwie 0,6%

osób badanych oceniła mikroklimat jako lekko chłodny. Z powyższego rozkładu częstości występowania (frakcji) poszczególnych ocen w skali od -3 do +3, wynika średnia ocena środowiska cieplnego w badanej grupie osób równa. Jest to więc przeciętna ocena mieszcząca się na poziomie odczuwania komfortu cieplnego - $0,5 \leq PMV \leq 0,5$ (PPD=10%). Wyniki powyżej średniej odnotowano wśród lekarzy – 0,28. Najbardziej zbliżone do neutralnych warunki mikroklimatyczne na stanowisku pracy zanotowano wśród diagnostów laboratoryjnych. Ich średnia ocena wynosi 0,07.

Z przeprowadzonych badań wynika, że najliczniejsza grupa osób ankietowanych – 86,4% pracuje cały czas w warunkach mikroklimatu występującego na stanowisku pracy. Przez $\frac{3}{4}$ czasu pracy w ocenianych warunkach pracuje 7,3% badanych, połowę czasu pracy w ocenianych warunkach wykonuje – 3,0% respondentów, 1,3% świadczy pracę w takich warunkach przez około $\frac{1}{4}$ czasu pracy.

Osoby stosujące odzież ochronną w 82,4% przypadków oceniają odczucia ciepłe podczas pracy w takiej odzieży jako neutralne. 12,3% uważa, że w takiej odzieży jest zbyt ciepło, 2,3% badanych oceniło swoje odczucia ciepłe w odzieży ochronnej jako: zbyt chłodno.

Z przeprowadzonych badań wynika, że 43,9% osób ankietowanych pracuje w pomieszczeniach klimatyzowanych. Pozostali tj. 56,1% pracują w pomieszczeniach nieklimatyzowanych.

W świetle powyższych wyników badań, należy stwierdzić, że mikroklimat w środowisku pracy wśród ankietowanych pracowników służby medycznej postrzegany jest jako element środowiskowy minimalnie obciążający.

2.4. Wytyczne dotyczące dostosowania warunków pracy w zakresie mikroklimatu na stanowiskach pracy w salach operacyjnych, gabinetach zabiegowych oraz laboratoriach diagnostyki do charakteru wykonywanych prac w tych pomieszczeniach

2.4.1. Wytyczne techniczne i organizacyjne

Wobec coraz wyraźniej i dotkliwiej dla człowieka przejawiających się od kilku lat w Polsce objawów ocieplania się klimatu, niezbędne staje się powszechne wprowadzenie klimatyzacji do placówek służby medycznej. Jest to wymaganie tyleż techniczne, co i organizacyjne.

Na odczuwanie środowiska cieplnego przez człowieka ma wpływ kombinacja czterech parametrów fizycznych określających mikroklimat środowiska pracy, oraz izolacyjność cieplna używanej odzieży i aktywność fizyczna dająca określić się wartością metabolizmu. Istnieje możliwość zwiększenia tolerancji warunków cieplnych w danym środowisku poprzez odpowiednie działania które wpłyną na zmianę wartości jednego lub kilku parametrów uwzględnionych w obliczeniach wskaźnika PMV, których zakres określa norma PN-EN ISO 7730. Skutkiem takich działań powinno być, po wprowadzeniu dających się zaakceptować zmian, przybliżenie się do pożądanej wartości PMV określającej warunki zbliżone do *komfortu cieplnego* środowiska pracy. Zakres *komfortu cieplnego* określa nierówność $-0,5 \leq PMV \leq 0,5$. Poniżej podano 2 przykłady postępowania poprawy odczuwania warunków cieplnych uwzględniając wyniki przeprowadzonych badań.

Przykład 1.

Przykładem postępowania, którego celem jest (teoretyczna) poprawa odczuwania cieplnych warunków pracy przez chirurga przebywającego w sali operacyjnej, będzie przypadek opisany w poniższej tabeli w której przytoczono wyniki pomiarów parametrów mikroklimatu w Sali operacyjnej, przyjęte do obliczeń wartości izolacyjności cieplnej odzieży tj. zestaw odzieży chirurgicznej (z fartuchem COMFORT PLUS) $I_{cl}=0,9$ clo, oraz metabolizm związany z pracą chirurga oceniony na $M=120$ W/m²

Wyniki pomiarów w sali operacyjnej

Parametr Mikroklimatu Pomieszczenia	t_a , °C	RH, %	t_g , °C	t_r , °C	v , m/s	M , W/m ²	I_{cl} , clo	PMV= 1,11
Wartość średnia	22,5	56,2	22,6	22,7	0,042	120	0,9	PPD= 31%

Należy zauważyć, że wartości parametrów mikroklimatu utrzymywane w sali operacyjnej (t_a , t_r , RH) spełniają zalecenia Rozporządzenia ministra zdrowia w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą [12]. Nie należy ich zatem zmieniać. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że wartość $PMV=1,11$ i $PPD=31\%$. *Przewidywana ocena średnia środowiska cieplnego $PMV=1,11$ wykracza poza zakres komfortu cieplnego. Z tak ocenionych warunków pracy będzie niezadowolonych 31% osób z populacji.*

Istnieje możliwość wprowadzenia zmiany w postaci użycia innej odzieży chirurgicznej, o ile wymagane warunki pracy na to pozwalają. Jest to zestaw odzieży chirurgicznej bez fartucha o izolacyjności cieplnej $I_{cl}=0,56$ clo. Wyniki obliczeń dla tej odzieży zamieszczono w poniższej tabeli. Kolorem żółtym zaznaczono w tablicy miejsce, w którym w stosunku do danych pierwotnych (wprowadzono zmianę).

Parametr Mikroklimatu Pomieszczenia	t_a , °C	RH, %	t_g , °C	t_r , °C	v , m/s	M , W/m ²	I_{cl} , clo	PMV= 0,79
Wartość średnia	22,5	56,2	22,6	22,7	0,042	120	0,56	PPD= 18,2%

Wprowadzona do obliczeń mniejsza od poprzedniej wartość izolacyjności cieplnej odzieży $I_{cl}=0,56$ wpłynęła dość istotnie na wartość PMV, która zmniejszyła się z wartości $PMV=1,11$ do $PMV=0,79$ ($PPD=18\%$). Wynika stąd wniosek, że zmiana odzieży ochronnej na odzież o mniejszej izolacyjności cieplnej wpłynie na poprawę warunków pracy chirurga w rozpatrywanym środowisku cieplnym.

Następnym parametrem, którego wartość określona z pomiarów może i powinna być zmieniona jest prędkość przepływu powietrza $v=0,042$ m/s. Według wspomnianego wyżej Rozporządzenia, prędkość przepływu powietrza w rozpatrywanym przypadku

powinna wynosić $v=0,2$ m/s. Przyjmując do obliczeń tę wartość otrzymujemy wynik zamieszczony w poniższej tabeli.

Parametr Mikroklimatu Pomieszczenia	t_a , °C	RH, %	t_g , °C	t_r , °C	v , m/s	M, W/m ²	I _{cl} , clo	PMV= 0,98
Wartość średnia	22,5	56,2	22,6	22,7	0,2	120	0,9	PPD= 25,5%

Zwiększenie prędkości przepływu powietrza z wartości 0,042 m/s miało wpływ (choć niewielki) na obniżenie wartości PMV z wartości PMV=1,11 do PMV=0,98, przy zachowaniu poprzedniego rodzaju odzieży chirurgicznej tj. zestawu odzieży chirurgicznej (z fartuchem COMFORT PLUS) $I_{cl}=0,9$ clo.

Kolejnym krokiem, którego celem jest osiągnięcie optymalnych warunków pracy chirurga w zastanym środowisku cieplnym sali operacyjnej, jest przyjęcie do obliczeń mniejszej wartości metabolizmu. Zamiast $M=120$ W/m² przyjęto $M=100$ W/m². Zmiana taka jest możliwa do przyjęcia dzięki zmianom wprowadzonym do pracy chirurga poprzez wprowadzenie do użycia narzędzi elektrycznych zmniejszających jego wysiłek fizyczny i reorganizacją pracy. W obliczeniach powrócono do możliwości użycia zestawu odzieży chirurgicznej bez fartucha o izolacyjności cieplnej $I_{cl}=0,56$ clo. Wyniki obliczeń zamieszczono w poniższej tabeli.

Parametr Mikroklimatu Pomieszczenia	t_a , °C	RH, %	t_g , °C	t_r , °C	v , m/s	M, W/m ²	I _{cl} , clo	PMV= 0,21
Wartość średnia	22,5	56,2	22,6	22,7	0,2	100	0,56	PPD= 5,9%

Przyjęte zmiany w zakresie:

- zwiększenia prędkości przepływu powietrza z wartości 0,042 m/s do 0,2 m/s,
- obniżenia przyjętej do obliczeń wartości metabolizmu z wartości 120W/m² do wartości 100 W/m²,
- zmiany odzieży chirurgicznej o izolacyjności cieplnej 0,9 clo na odzież o izolacyjności cieplnej 0,56 clo,

powinny wpłynąć na znaczną poprawę odczuwania rozpatrywanego środowiska cieplnego sali operacyjnej przez pracujących w niej chirurgów. Wprowadzone zmiany

organizacyjne pozwolą w tym przypadku na spełnienie warunków odczuwania komfortu cieplnego w rozpatrywanym środowisku cieplnym.

Przykład 6.2.

Rozpatrzono tu przypadek oparty na wynikach pomiarów mikroklimatu w Pomieszczeniu Opisowym Wyników Badań Rentgenowskich – tabela poniżej.

Parametr Mikroklimatu Pomieszczenia	t_a , °C	RH, %	t_g , °C	t_r , °C	v , m/s	M , W/m ²	I_{cl} , clo	PMV= 1,73
Wartość średnia	29,3	60,2	29,3	29,3	0,09	81	0,7	PPD= 63,6%

Warunki zewnętrzne: temperatura powietrza $t_a=31$ °C, wilgotność względna powietrza RH=56%, ciśnienie atmosferyczne 1019 mbar. W pomieszczeniu brak systemu wentylacji wymuszonej, istnieje wentylacja grawitacyjna - uchylone okno.

Subiektywne wrażenia cieplne (1 osoby, 3 tj. "gorąco") co oznacza ocenę środowiska cieplnego mieszczącą się poza zakresem rozpatrywanym w normie PN-EN ISO 7730:2006. Trzeba podkreślić, że warunki pracy w tym pomieszczeniu zastane w dniu pomiarów pod względem odczuć cieplnych nie nadawały się do pracy koncepcyjnej i analitycznej jaka była wykonywana na tym stanowisku pracy. Ponieważ nie można w takim przypadku wpłynąć na obniżenie temperatury t_a i t_r jedynym sposobem na zmniejszenie wartości PMV jest zwiększenie prędkości przepływu powietrza poprzez zastosowanie przenośnego, wydajnego wentylatora i zmianę odzieży na odzież o mniejszej izolacyjności cieplnej.

Należy wziąć pod uwagę odzież o izolacyjności cieplnej $I_{cl}=0,4$ clo, w skład której wchodzi następujące elementy: slipy $I_{cl}=0,06$ clo; cienkie spodnie $I_{cl}=0,20$ clo; koszula z krótkim rękawem $I_{cl}=0,15$ clo; letnie buty $I_{cl}=0,02$ clo, lub odzież o izolacyjności cieplnej $I_{cl}=0,3$ clo, w skład której wchodzi następujące elementy: slipy $I_{cl}=0,06$ clo; szorty $I_{cl}=0,07$ clo; koszula z krótkim rękawem $I_{cl}=0,15$ clo; sandały $I_{cl}=0,02$ clo.

Przyjmując do obliczeń $v=0,5$ m/s i odzież o izolacyjności cieplnej $I_{cl}=0,4$ clo otrzymujemy wyniki zawarte w poniższej tabeli.

Parametr Mikroklimatu Pomieszczenia	t_a , °C	RH, %	t_g , °C	t_r , °C	v , m/s	M , W/m ²	I_{cl} , clo	PMV= 1,19
Wartość średnia	29,3	60,2	29,3	29,3	0,5	81	0,4	PPD= 35%

Zastosowanie nadmuchu wentylatora zwiększającego prędkość przepływu powietrza z $v=0,09$ m/s do prędkości $v=0,5$ m/s, oraz odzieży o izolacyjności cieplnej $I_{cl}=0,4$ clo zamiast odzieży o izolacyjności $I_{cl}=0,7$ clo, spowodowało zmniejszenie wartości $PMV=1,73$ do wartości $PMV=1,19$ ($PPD=35\%$). Otrzymany wynik nadal nie jest satysfakcjonujący. Pozostaje przyjąć do obliczeń graniczną dopuszczalną wartość izolacyjności cieplnej odzieży $I_{cl}=0,3$ clo, z powodu kryteriów stawianych odzieży dopuszczonej do użycia w miejscach publicznych, oraz graniczną wartość przepływu powietrza $v=1$ m/s, ze względu na wymagania normy PN-EN ISO 7730:2006. Wyniki obliczeń zamieszczono w poniższej tabeli.

Parametr Mikroklimatu Pomieszczenia	t_a , °C	RH, %	t_g , °C	t_r , °C	v , m/s	M , W/m ²	I_{cl} , clo	PMV= 0,8
Wartość średnia	29,3	60,2	29,3	29,3	1	81	0,3	PPD= 18,5%

Z teoretycznego punktu widzenia wynik podjętych zabiegów można uznać za dostateczny. Odczucia cieplne w rozpatrywanych warunkach mogą być nietolerowane przez prawie 19 % ludzi w porównaniu z prawie 64 % w warunkach zastanych w Pomieszczeniu Opisowym Wyników Badań Rentgenowskich. Zwiększenie prędkości przepływu powietrza do 1 m/s tj. granicznej prędkości przyjmowanej w normie, może jednak nie być akceptowane przez znacznie większy procent ludzi niż obliczony poziom $PPD=18,5$ %. Większość ludzi nie lubi przeciągów, a poza tym z taką prędkością przepływu powietrza łączy się hałas pochodzący od wentylatora, który również może być dokuczliwy.

Przedstawiony wyżej przykład nr 2 należy do dosyć skrajnych przypadków, które w związku z nasilającymi się objawami ocieplenia klimatu, będą coraz częstsze. W tych przypadkach istnieje konieczność wprowadzenia klimatyzacji do takich pomieszczeń.
je

2.4.2. Zastosowanie diagramów do określania wartości izolacyjności cieplnej odzieży

W celu ułatwienia przeprowadzenia optymalizacji warunków pracy w umiarkowanym środowisku cieplnym opracowano diagramy przeznaczone do określenia wartości izolacyjności cieplnej odzieży I_{cl} [clo] spełniającej warunek $PMV=0$ ($PPD=5\%$) dla różnych kombinacji: wartości temperatury operatywnej t_o , prędkości przepływu powietrza v , aktywności fizycznej człowieka M i wilgotności powietrza $RH=25\%$; 50% ; 75% . Diagramy sporządzono opierając się na wytycznych normy PN-EN ISO 7730 określających zakres zmienności parametrów mikroklimatu charakteryzujących środowisko cieplne umiarkowane oraz wartościach metabolizmu człowieka przyjętych za tę normą.

Właściwością odzieży o izolacyjności cieplnej I_{cl} rozpatrywanej w diagramach jest zrównoważona wymiana ciepła między ciałem człowieka i otaczającym środowiskiem. Jest to zatem odzież o izolacyjności cieplnej optymalnie dopasowanej do warunków pracy w rozpatrywanym środowisku cieplnym. Subiektywne odczucia cieplne u większości osób ubranych w taką odzież i wykonujących swoją pracę w danym środowisku cieplnym, są neutralne. Wartość wskaźnika subiektywnych odczuć cieplnych oszacowana dla optymalnej wartości I_{cl} i tych warunków cieplnych wynosi $PMV=0$, a liczba osób niezadowolonych z danego środowiska cieplnego wynosi $PPD=5\%$ populacji.

Diagramy umożliwiają odczytanie z wykresu wartości optymalnej izolacyjności cieplnej odzieży I_{cl} wyrażonej w jednostkach clo , w zależności od kombinacji wartości temperatury operatywnej t_o , °C (oś X), prędkości przepływu powietrza V , m/s (oś Y), dla wartości metabolizmu M podanej w opisie diagramu, oraz dla trzech wartości wilgotności względnej powietrza $RH=25, 50$ i 75% .

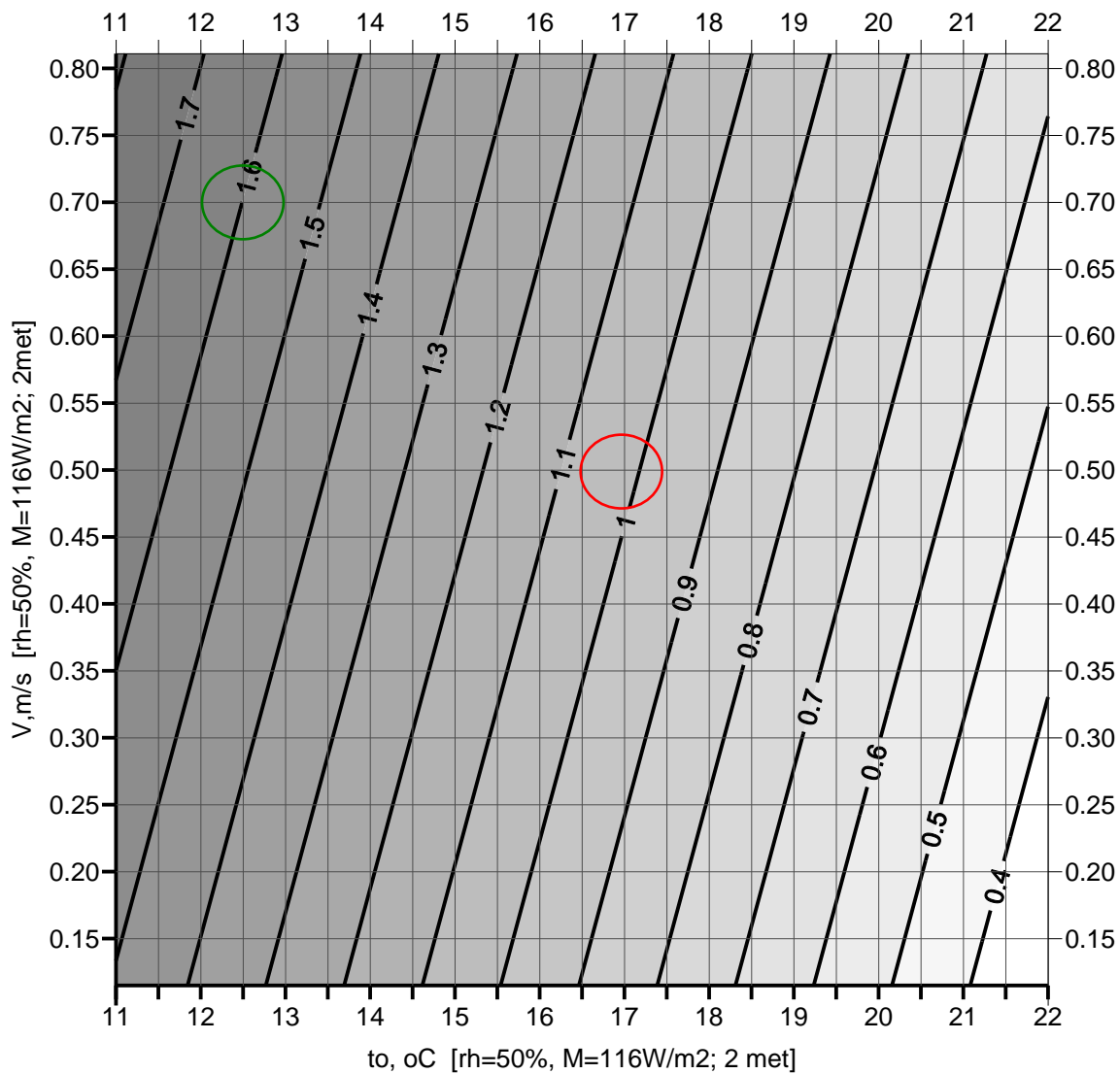
Diagramy sporządzono dla ciągu wartości metabolizmu, które przyjęto za normą PN-EN ISO 7730 tj.: $M=46, 58, 81, 93, 104, 116, 174, 232$ W/m²

Przykładem możliwości jakie stwarzają diagramy do ustalenia optymalnych warunków pracy w zakresie oddziaływania środowiska umiarkowanego dla osoby o aktywności określonej wartością metabolizmu $M=116$ W/m², jest rys. 2.1. Zakres zmienności temperatury optymalnej t_o dla wartości $M=116$ W/m² zmienia się w granicach od

$t_o=11^{\circ}\text{C}$ do $t_o=22^{\circ}\text{C}$. Zakres zmienności prędkości przepływu powietrza zmienia się w przedziale od około $v=0,12$ m/s do około $v=0,81$ m/s. Zakres zmienności izolacyjności cieplnej odzieży zmienia się od $I_{cl}=0,4$ clo do $I_{cl}=1,8$ clo.

Na pytanie 1: W odzieży o jakiej izolacyjności cieplnej osoba o metabolizmie $M=116$ W/m² pracująca w środowisku o temperaturze operatywnej $t_o=17^{\circ}\text{C}$ i prędkość przepływu powietrza $v=0,5$ m/s, będzie odczuwała *komfort termiczny*? Odpowiedź można znaleźć na wykresie. Odzież ta powinna mieć izolacyjność cieplną $I_{cl}\approx 1 \div 1,1$ clo, co można odczytać z wykresu (środek czerwonego okręgu).

Pytanie 2: W jakiej temperaturze operatywnej t_o , człowiek o metabolizmie $M=116$ W/m² ubrany w odzież o izolacyjności cieplnej $I_{cl}= 1,6$ clo w środowisku w którym prędkość przepływu powietrza wynosi $v=0,7$ m/s będzie odczuwał *komfort termiczny*? Warunek ten spełnia temperatura $t_o=12,5^{\circ}\text{C}$ odczytana z wykresu (środek zielonego okręgu).



Rys. 2.1. Wartości izolacyjności cieplnej odzieży I_{cl} spełniające warunek $PMV=0$ ($PPD=5\%$) dla $M=116W/m^2$ i $rh=50\%$ w zależności od wartości temperatury operatywnej $11^\circ C \leq t_o \leq 22^\circ C$ i prędkości przepływu powietrza $0,11 \leq v \leq 0,80$, m/s.

3. Oświetlenie

3.1. Wprowadzenie

Podstawowe informacje dotyczące wymagań oświetlenia obiektów służby zdrowia zawarte są w Polskiej Normie PN-EN-12464-1 [15]. Przykładowe wymagania dotyczące niektórych powierzchni zamieszczono w tabeli 3.1.

Dodatkowymi parametrami wpływającymi na jakość oświetlenia w pomieszczeniu są współczynniki odbicia powierzchni, czyli sposób i barwa ich wykończenia. Dla służby zdrowia wymaga się płaszczyzn jasnych o wysokich parametrach odbiciowych: sufit 0,7 – 0,9, ściany 0,5 – 0,8, podłogi 0,2 – 0,4, meble 0,2 – 0,7.

Ponadto w normie zalecono, aby w pomieszczeniach opieki zdrowotnej ogólne obszary wejściowe, korytarze, schody, ściany i sufit powinny być jaśniejsze. W takich miejscach zaleca się, aby natężenia oświetlenia na głównych powierzchniach miało wartości:

- na ścianach – co najmniej 75 lx, przy $U_o \geq 10$
- na suficie – co najmniej 30 lx, przy $U_o \geq 10$.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 marca 2019 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą [12] w rozdziale 5 zawiera kilka wskazówek dotyczących oświetlenia obiektów służby zdrowia. Dotyczą one jednak w głównej mierze wykorzystania oświetlenia dziennego:

„§ 34. W pokojach łóżkowych zapewnia się bezpośredni dostęp światła dziennego.

§ 35. W przypadku nadmiernego naświetlenia pokoi łóżkowych instaluje się w nich urządzenia przeciwsłoneczne.

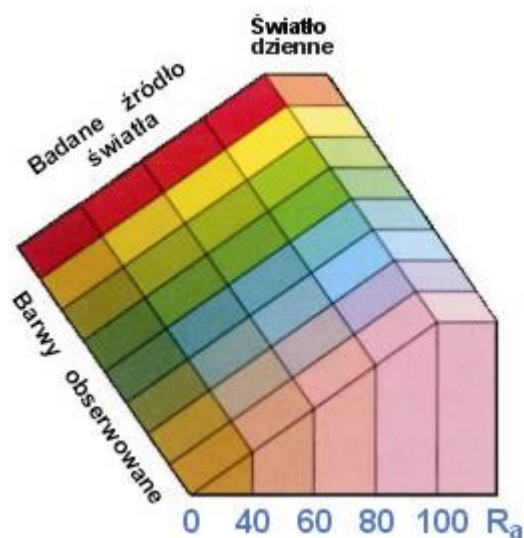
§ 36. 1. W salach operacyjnych i pomieszczeniach diagnostyki obrazowej stosuje się wyłącznie oświetlenie elektryczne.

2. W przypadku gdy nie stanowi to utrudnienia przy wykonywaniu zabiegów operacyjnych i diagnostycznych, dopuszcza się zastosowanie w pomieszczeniach, o których mowa w ust. 1, oświetlenia dziennego”.

W tabeli 3.1 podane są wymagania dotyczące wskaźnika oddawania barw (R_a), temperatury barwowej (T_c) oraz wskaźnika ujednoczonej oceny olśnienia (UGR_L). Poniżej zostały one w sposób skrótowy wyjaśnione.

Barwa światła i oddawanie barw

Wygląd określonego przedmiotu (rys. 3.1) może ulegać zmianom w warunkach oświetlania źródłami światła o różnych rozkładach widmowych, dlatego ważny jest dobór odpowiedniego oddawania barw do danego rodzaju pracy. Właściwości oddawania barw przez źródła światła charakteryzuje się tzw. ogólnym **wskaźnikiem oddawania barw (R_a)**. Wskaźnik oddawania barw jest miarą stopnia zgodności wrażenia barwy przedmiotu oświetlonego danym źródłem światła z wrażeniem barwy tego samego przedmiotu oświetlonego odniesieniowym źródłem światła w określonych warunkach. Maksymalna możliwa wartość tego wskaźnika wynosi 100. Przyjmuje się ją dla światła dziennego i większości źródeł żarowych. Wartości zbliżone do 100 charakteryzują najlepsze właściwości oddawania barw. Im wyższe jest wymaganie dotyczące właściwego postrzegania barw, tym wskaźnik oddawania barw powinien być wyższy. We wnętrzach, w których ludzie pracują, albo przebywają dłuższy czas, zaleca się stosować źródła światła o wskaźniku oddawania barw wyższym od 80.



Rys. 3.1. Przykładowe zniekształcenie barw spowodowane stosowaniem różnych elektrycznych źródeł światła

Barwę światła określa się za pomocą tzw. **temperatury barwowej (T_c)** i podaje się ją w kelwinach [K]. Źródła, które emitują białą barwę światła można podzielić, w zależności od ich temperatury barwowej, na trzy grupy: ciepła (ciepłobiała), neutralna (chłodnobiała) i chłodna (dzienna, zimna) (rys. 3.2). Wraz ze wzrostem wartości średniej wymaganego natężenia oświetlenia powinna wzrastać temperatura barwowa stosowanego źródła światła. I tak dla poziomów natężenia oświetlenia poniżej 300 lx temperatura barwowa powinna być niższa od 3 300 K, co odpowiada ciepłobiałej barwie światła. Dla poziomów 300 lx ÷ 750 lx temperatura barwowa powinna zawierać się w przedziale 3 300 K ÷ 5 000 K co odpowiada neutralnej barwie światła. Natomiast dla poziomów natężenia powyżej 750 lx temperatura barwowa powinna być wyższa od 5 000 K, co odpowiada dziennej barwie światła.



Rys. 3.2. Poglądowy widok trzech grup barw emitowanych przez elektryczne źródła światła

Ograniczenie stopnia olśnienia przykrego (powodowanego przez oprawy oświetleniowe lub źródła światła) określane jest za pomocą ujednoczonego wskaźnika olśnienia (UGR_L).

Przyjmuje się, że najmniejszej odczuwalnej różnicy w stopniu olśnienia odpowiada zmiana wartości UGR_L o jedną jednostkę, zaś istotnej (znaczącej w odczuciu) zmianie olśnienia odpowiada zmiana wartości UGR_L o trzy jednostki. W normie PN-EN-12464-1: stosowana jest pięciostopniowa skala maksymalnych dopuszczalnych wartości wskaźnika olśnienia: 28-25-22-19-16. Im większa wartość liczbowa wskaźnika UGR_L tym większy stopień odczuwania olśnienia przykrego.

Tabela 3.1. Wybrane wymagania oświetleniowe dotyczące pomieszczeń opieki zdrowotnej określone w normie PN-EN-12464-1 [15].

Miejsca do ogólnego użytku

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E_m [lx]	U_o [-]	UGR_L [-]	R_a [-]	Uwagi
Poczekalnia	200	0,40	22	80	Natężenie oświetlenia na poziomie podłogi
Korytarze w dzień	100	0,40	22	80	Natężenie oświetlenia na poziomie podłogi
Korytarze w nocy	50	0,40	22	80	Natężenie oświetlenia na poziomie podłogi
Pokoje pobytu dziennego	200	0,60	22	80	Natężenie oświetlenia na poziomie podłogi

Pokoje dla personelu

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E_m [lx]	U_o [-]	UGR_L [-]	R_a [-]	Uwagi
Biuro personelu	500	0,60	19	80	
Pokoje personelu	300	0,60	19	80	

Pokoje badań ogólnych

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E_m [lx]	U_o [-]	UGR_L [-]	R_a [-]
Oświetlenie ogólne	500	0,60	19	90
Badania i zabiegi	1000	0,70	19	90

Gabinety okulistyczne

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E_m [lx]	U_o [-]	UGR_L [-]	R_a [-]	Uwagi

Oświetlenie ogólne	500	0,60	19	80	4000 K ≤ T _c ≤ 5000 K
Badanie zewnętrzne oka	1000	-	-	90	
Badanie ostrości wzroku i barwnego widzenia z użyciem tablic	500	0,70	16	90	

Gabinety laryngologiczne

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E _m [lx]	U _o	UGR _L [-]	R _a [-]	Uwagi
Oświetlenie ogólne	500	0,60	19	80	
Badanie ucha	1000	-	-	90	

Pokoje ze skanerami

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E _m [lx]	U _o	UGR _L [-]	R _a [-]	Uwagi
Oświetlenie ogólne	300	0,60	19	80	
Skanery ze wzmocnieniem obrazów i systemami telewizyjnymi	50	-	19	80	Zalecenia jak przy oświetlaniu stanowisk z monitorami ekranowymi

Izby porodowe

Oświetlenie ogólne	300	0,60	19	80
Badania i zabiegi	1000	0,70	19	80

Pokoje zabiegowe

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E _m [lx]	U _o [-]	UGR _L [-]	R _a [-]	Uwagi
Dializy	500	0,60	19	80	

Dermatologia	500	0,60	19	90
Pokoje opatrunkowe/gipsownie	500	0,60	19	80
Masaże i radioterapia	300	0,60	19	80

Obszary operacyjne

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E_m [lx]	U_o [-]	UGR_L [-]	R_a [-]	Uwagi
Pokoje przedoperacyjne i pooperacyjne	500	0,60	19	90	
Sala operacyjna	1000	0,60	19	90	
Pole operacyjne	-	-	-	-	E_m od 10 000 lx do 100 000 lx

Oddział intensywnej opieki medycznej

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E_m [lx]	U_o [-]	UGR_L [-]	R_a [-]	Uwagi
Oświetlenie ogólne	100	0,60	19	90	Natężenie oświetlenia na poziomie podłogi
Proste badania	300	0,60	19	90	Natężenie oświetlenia na poziomie łóżka
Badania i zabiegi	1000	0,70	19	90	Natężenie oświetlenia na poziomie łóżka
Nocne czuwanie	20	-	19	90	

Laboratoria i apteki

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E_m [lx]	U_o [-]	UGR_L [-]	R_a [-]	Uwagi
---------------------------------------	------------	-----------	-------------	-----------	-------

Oświetlenie ogólne	500	0,60	19	80	
Sprawdzanie barw	1000	0,70	19	80	T _{cp} 6000 K – 6500 K

Pokoje odkażania

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	Em [lx]	U _o [-]	UGR _L [-]	R _a [-]	Uwagi
Pokoje do sterylizacji	300	0,60	22	80	
Pokoje do dezynfekcji	300	0,60	2	80	

3.2. Charakterystyka wyników pomiarów oświetlenia na wybranych stanowiskach pracy w salach operacyjnych, gabinetach zabiegowych oraz laboratoriach diagnostycznych.

Przykładowe wyniki pomiarów oświetlenia (natężenia oświetlenia i równomierności oświetlenia) w sali operacyjnej, pomieszczeniu centralnej sterylizacji oraz w pracowni histologicznej przedstawiono w tabelach 3.2., 3.3. i 3.4. W każdym z tych pomieszczeń wyniki pomiarów równomierności oświetlenia spełniły wymagania określone w normie PN-EN 12464-1 [15]. Natomiast w przypadku wyników pomiarów natężenia oświetlenia, spełnienie wymagań normy PN-EN 12464-1 wystąpiło jedynie w przypadku 6 miejsc / płaszczyzna pomiar (2 w sali operacyjnej, 1 w pomieszczeniu centralnej sterylizacji i 3 w pracowni histologicznej) na 22 miejsca, w których przeprowadzono pomiary.

Tabela 3.2. Wyniki pomiarów oświetlenia w sali operacyjnej

Lp	Miejsce / płaszczyzna pomiaru	Natężenie oświetlenia			Równomierność oświetlenia			Spełnienie wymagań dla obu parametrów łącznie ?
		Wyznaczone z pomiarów, lx	Wymagane zgodnie z PN-EN 12464-1 lx	Spełnienie wymagań?	Wyznaczona z pomiarów	Wymagana, zgodnie z PN-EN 12464-1	Spełnienie wymagań?	
1.1	Obszary ruchu (podłoga)	184	100	TAK	0,61	0,40	TAK	TAK
1.2	Blat szafki z szufladami (h = 0,9 m)	228	1 000	NIE	0,98	0,60	TAK	NIE
1.3	Blat 1 (h = 0,9 m)	217	1 000	NIE	0,65	0,60	TAK	NIE
1.4	Blat 2 (h = 0,8 m)	453	1 000	NIE	0,87	0,60	TAK	NIE
1.5	Blat 3 (h = 0,65 m)	153	1 000	NIE	0,70	0,60	TAK	NIE
1.6	Pulpit sterowniczy urządzenia (h = 1,38 m)	186	1 000	NIE	0,88	0,60	TAK	NIE
1.7	Lampa operacyjna duża	23 700	10 000 lx do 100 000 lx	TAK	---	---	---	TAK
1.8	Lampa operacyjna mała	7 700	10 000 lx do 100 000 lx	NIE	---	---	---	NIE

Tabela 3.3. Wyniki pomiarów oświetlenia w pomieszczeniu centralnej sterylizacji

Lp	Miejsce / płaszczyzna pomiaru	Natężenie oświetlenia			Równomierność oświetlenia			Spełnienie wymagań dla obu parametrów łącznie ?
		Wyznaczone z pomiarów, lx	Wymagane zgodnie z PN-EN 12464-1 lx	Spełnienie wymagań?	Wyznaczona z pomiarów	Wymagana, zgodnie z PN-EN 12464-1	Spełnienie wymagań?	
2.1	Obszary ruchu (podłoga)	160	100	TAK	0,66	0,40	TAK	TAK
2.2	Blat 1 (h = 0,92 m)	177	300	NIE	0,95	0,60	TAK	NIE
2.3	Zlew 1 (h = 0,73 m)	86	300	NIE	0,88	0,60	TAK	NIE
2.4	Blat 2 (h = 0,92 m)	103	300	NIE	0,92	0,60	TAK	NIE
2.5	Zlew 2 (h = 0,73 m)	45	300	NIE	0,69	0,60	TAK	NIE
2.6	Blat wózka – myjnia dezynfektor (h = 0,79 m)	159	300	NIE	0,89	0,60	TAK	NIE
2.7	Blat – myjnia dezynfektor do endoskopów elastycznych INNOVA(h = 0,88 m)	127	300	NIE	0,94	0,60	TAK	NIE

Tabela 3.4. Wyniki pomiarów oświetlenia w pomieszczeniu pracowni formalinowej

Lp	Miejsce / płaszczyzna pomiaru	Natężenie oświetlenia			Równomierność oświetlenia			Spełnienie wymagań dla obu parametrów łącznie ?
		Wyznaczone z pomiarów, lx	Wymagane zgodnie z PN-EN 12464-1 lx	Spełnienie wymagań?	Wyznaczona z pomiarów	Wymagana, zgodnie z PN-EN 12464-1	Spełnienie wymagań?	
3.1	Obszary ruchu (podłoga)	488	100	TAK	0,41	0,40	TAK	TAK
3.2	Blat centralnego stołu	672	300	TAK	0,92	0,60	TAK	TAK
3.3	Blat szafki 1 (h = 1,50 m)	666	300	TAK	0,87	0,60	TAK	TAK
3.4	Blat stołu 2 (h = 1,40 m)	534	300	TAK	0,98	0,60	TAK	TAK
3.5	Blat stołu 3 (h = 0,96 m)	514	300	TAK	0,98	0,60	TAK	TAK
3.6	Komora zlewu (h = 0,73 m)	456	300	TAK	0,98	0,60	TAK	TAK
3.7	Blat stolika (h = 0,62 m)	503	300	TAK	0,96	0,60	TAK	TAK
3.8	Wirówka – pulpit sterowniczy	575	300	TAK	0,95	0,60	TAK	TAK
3.9	Kriostat – pulpit sterowniczy	616	300	TAK	0,98	0,60	TAK	TAK

Łącznie przeprowadzono pomiary oświetlenia w 104 miejscach / płaszczyznach zlokalizowanych w salach operacyjnych, gabinetach zabiegowych oraz laboratoriach diagnostycznych. W każdym punkcie pomiarowym zmierzone wartości równomierności oświetlenia spełniły wymagania normy PN-EN 12464-1. Natomiast w przypadku zmierzonych wartości natężenia oświetlenia, w 48 punktach pomiarowych brak spełnienia wymagania określonego w normie PN-EN 12464-1.

3.3. Charakterystyka wyników badań ankietowych dotyczących oświetlenia na stanowiskach pracy w salach operacyjnych, gabinetach zabiegowych oraz laboratoriach diagnostyki

W badaniach uczestniczyły osoby pracujące w salach operacyjnych, gabinetach zabiegowych oraz w laboratoriach diagnostyki. Osoby te dokonały subiektywnej oceny uciążliwości oświetlenia w miejscu pracy według skali od 0 do 10, gdzie niższe wartości oznaczają brak uciążliwości oświetlenia lub małą uciążliwość, wartości wyższe oznaczają wysoką uciążliwość oświetlenia w miejscu pracy. Zdecydowana większość uczestników badania ocenia uciążliwość oświetlenia na stanowisku pracy jako niewielką. Łącznie 80,4% badanych wskazało oceny od 0 do 3, w tym 37,2% wskazało ocenę 0, 16,6% ocenę 3, 16,3% ocenę 2, natomiast 10,3% ocenę 1. Przeciętnie uciążliwość oświetlenia (oceny na skali od 4 do 6) wskazało łącznie 17,3% osób. Niewielki odsetek badanych – zaledwie 2,3% uznało uciążliwość oświetlenia w miejscu pracy jako wysoką (oceny od 7 do 10). Średnia ocena uciążliwości oświetlenia w miejscu pracy w skali od 0 do 10 wyniosła 1,94 a więc występowała niewielka uciążliwość oświetlenia.

Uwzględniając stanowiska pracy zajmowane przez badane osoby okazuje się, że charakter i rodzaj oświetlenia jest najbardziej uciążliwy dla pielęgniarek – średnia ocena 2,47. Wyniki poniżej średniej (wynoszącej 1,94) odnotowano wśród lekarzy – 1,78 oraz diagnostów – 0,67.

W pomieszczeniach, w których pracują osoby zatrudnione w placówkach medycznych zastosowane jest przede wszystkim oświetlenie typu LED (diody

elektroluminescencyjne) – 83,1% przypadków. Część badanych – 29,9% pracuje w pomieszczeniach, w których zamontowane jest oświetlenie typu świetlówki. Żarówki (głównego szeregu o typowych mocach np. 60, 75, 100 W) zastosowane są w pomieszczeniach, w których pracuje 12,6% badanych.

Uwzględniając rodzaj oświetlenia stosowanego na stanowisku/stanowiskach pracy oraz rodzaj wykonywanej pracy można zaobserwować, iż niemal wszyscy pracownicy laboratoriów diagnostycznych pracują w pomieszczeniach, w których zastosowane jest oświetlenie LED (diody elektroluminescencyjne) – 93,3% wskazań. W takich warunkach oświetleniowych pracuje zdecydowana większość lekarzy – 78,9% wskazań. Pielęgniarki pracują w pomieszczeniach, w których zastosowane jest oświetlenie różnego rodzaju, w tym blisko połowa – 49,7% pracuje w pomieszczeniach z oświetleniem typu LED, natomiast 29,7% w pomieszczeniach oświetlanych świetlówkami.

Część badanych - 27,6% uważa, że w obszarze ich stanowiska pracy znajdują się jaskrawe źródła światła powodujące zjawisko oślnienia. Większość badanych – 67,8% nie zaobserwowała takiego zjawiska w obszarze swego stanowiska pracy, natomiast 4,6% nie wie czy takie zjawisko występuje.

Jaskrawe źródła światła, które powodują zjawisko oślnienia znajdują się najczęściej w obszarze pracy pielęgniarek – 45,0% przypadków. W takich warunkach pracuje zdecydowanie mniejszy odsetek diagnostów – 20,0% oraz lekarzy – 15,2%.

3.4. Wytyczne dotyczące dostosowania warunków pracy w zakresie oświetlenia na stanowiskach pracy w salach operacyjnych, gabinetach zabiegowych oraz laboratoriach diagnostyki do charakteru wykonywanych prac w tych pomieszczeniach

Na podstawie wymagań oświetleniowych zawartych w tabeli 3.1. można stwierdzić, że parametry oświetlenia mogą się znacząco różnić w zależności od przeznaczenia określonego pomieszczenia. Ponadto wewnątrz pomieszczeń często wymagane są dwa poziomy natężenia oświetlenia – w całym pomieszczeniu i w obszarze wykonywanych badań. W tym drugim przypadku zwiększenie poziomu natężenia oświetlenia może odbywać się miejscowo za pomocą specjalistycznych lamp doświetlenia miejscowego. Jednocześnie wymaga się, by istniała możliwość zwiększenia natężenia poziomu oświetlenia w obrębie pacjenta.

Wybór systemu oświetleniowego do oświetlania określonego pomieszczenia może odbywać się w oparciu o różne rozwiązania techniczne - dotyczące opraw, źródeł światła, jak i systemów sterowania. Drugim kryterium, jest spełnienie określonych wymagań oświetleniowych wynikających z przeznaczenia danego pomieszczenia.

W służbie zdrowia poza oświetleniem specjalistycznym wykorzystuje się ogólnodostępny sprzęt oświetleniowy, który powinien spełniać następujące wymagania:

- oprawy wbudowywane w sufit podwieszany jak i nastropowe powinny mieć konstrukcję zamkniętą,
- oprawy zwieszane mogą być stosowane w biurach i pokojach personelu, w salach badań ogólnych jako np. doświetlenie miejsca pracy z komputerem - również powinny w tym przypadku posiadać zamkniętą konstrukcję zarówno z dołu jak i z góry ułatwiającą utrzymanie czystości,
- klosze i powierzchnie wszystkich opraw powinny być gładkie umożliwiające odkażanie i umycie,

- oprawy powinny mieć możliwość łatwej wymiany źródeł światła – dotyczy to opraw świetlówkowych,
- w przypadkach, gdy wymagane są wysokie wartości poziomu natężenia oświetlenia zaleca się stosowanie opraw ze źródłami LED,
- w pomieszczeniach zabiegowych, pobytu dziennego i we wszystkich gdzie badanie odbywa się na leżance należy stosować oprawy o niskiej luminacji; element przesłaniający (klosz) źródła światła powinien mieć konstrukcję zapewniającą dużą równomierność światła i dobre jego rozproszenie oraz brak efektu olśnienia.

Tak, jak wspomniano powyżej dobór sprzętu oświetleniowego w dużej mierze zależy od przeznaczenia pomieszczenia. Przykładowo, dla pokoi ogólnego użytku i personelu można stosować oprawy zarówno otwarte rastrowe, jak również oprawy zamknięte płytą (kloszem). Źródła światła stosowane w tych oprawach muszą mieć współczynnik oddawania barw powyżej 80. W pomieszczeniach, w których odbywają się badania ogólne wymagany jest podwyższony współczynnik oddawania barw $R_a > 90$. W tym przypadku należy zastosować świetlówki wielopasowe (De Luxe) lub oprawy ze źródłami LED o takiej samej wartości wskaźnika oddawania barw. W przypadku gdy mogą odbywać się w tych pomieszczeniach drobne zabiegi trudno jest osiągnąć wysoki poziom natężenia (1 000 lx) stosując oprawy z płytą mleczną. W tym celu można wykorzystać oprawy wyposażone w specjalne płyty z mikropryzmatami, lub mikrosoczewkami, ewentualnie zastosować oprawy rastrowe o niskim wskaźniku olśnienia (z rastrem parabolicznym) zamknięte dodatkowo powierzchnią szklaną. Jednak wobec planowanego w 2020 r. przez UE wycofania z rynku świetlówek, przy dokonywaniu wszelkich modernizacji oświetlenia należy decydować się na oprawy ze źródłami LED. Oprawy te posiadają bardzo dużo zalet, tylko należy umiejętnie je dobierać do zadanych celów. Wskazane jest, aby barwa źródeł LED była ciepła (3 000 K), gdyż jest lepiej odbierana przez nasz wzrok.

W gabinetach, w których dokonuje się różnego rodzaju zabiegów u pacjentów, poza oświetleniem ogólnym - zapewniającym odpowiednie natężenie - konieczna jest ochrona przed olśnieniem pacjentów znajdujących się na fotelach zabiegowych.

Ogólnie można przyjąć, że jeśli występuje olśnienie przykre, może być ono ograniczone przez:

- ♦ obniżenie luminancji źródeł światła (okien, opraw oświetleniowych),
- ♦ zmniejszenie powierzchni świecącej źródeł światła,
- ♦ zwiększenie luminancji tła, na którym znajduje się źródło światła.

Oświetlenie sal operacyjnych odgrywa szczególnie ważną rolę ze względu na charakter przeprowadzanych tam czynności, przy czym te, które są wykonywane bezpośrednio w polu operacyjnym wymagają zapewnienia bardzo wysokich poziomów natężenia oświetlenia. Natomiast wykonywane w innych rejonach sali wymagają poziomów odpowiednich dla średnio trudnych prac wzrokowych. Ta specyfika oświetlenia i dodatkowo jego jakość może być czynnikiem obciążającym narząd wzroku personelu medycznego, wpływającym na efekty pracy oraz na samopoczucie pracowników.

W Rozporządzeniu Ministra Zdrowia [12] zapisano, że niewskazane jest oświetlanie sal operacyjnych światłem dziennym, natomiast konieczne jest tam zapewnienie odpowiedniego oświetlenia elektrycznego, spełniającego wymagania obowiązujących norm oświetleniowych. W związku z tym w salach operacyjnych rozpatruje się tylko oświetlenie elektryczne, przy czym sala operacyjna oświetlana jest oprawami oświetlenia ogólnego (zamontowanymi na suficie) oraz specjalistycznymi oprawami oświetlenia miejscowego (oprawy operacyjne). Szczególnie w salach operacyjnych należy dążyć do eliminacji lub ograniczania zjawiska olśnienia, które może dekoncentrować personel, a nawet uniemożliwić mu spostrzeżenie. Występowanie olśnienia ustala się w praktyce wizualnie, sprawdzając, czy w polu widzenia pracowników nie występują nieosłonięte źródła światła lub odbicia światła od płaszczyzn roboczych w kierunku oczu personelu. Sale operacyjne powinny być wyposażone w nowoczesne, bezcieniowe lampy operacyjne, które zapewnią wysoki poziom natężenia oświetlenia w polu operacyjnym oraz docieranie tam światła z różnych kierunków, aby głowa czy ręka lekarza lub pielęgniarki nie tworzyły cienia. Ponadto strumień świetlny lampy musi być tak ukształtowany, aby nie spłaszczył rany, ale wydobywał jej głębię. Obecnie w szpitalach stosuje się oprawy operacyjne sufitowe bądź statywowe różnych firm. Wymagane wartości parametrów świetlnych lamp operacyjnych zawarte są w normie PN-EN 60601-2-41:2010 [16].

Zgodnie z powyższą normą centralne natężenie oświetlenia w środku okrągłego pola w odległości 1 m od pojedynczej oprawy powinno zawierać się w przedziale 40 000–160 000 lx, wskaźnik oddawania barw R_a powinien zawierać się w przedziale 90 - 100, a temperatura barwowa światła emitowanego przez oprawę w przedziale 3 000 – 6 700 K. Oprawa powinna również posiadać filtry i konstrukcję niedopuszczającą do nagrzewania się pola operacyjnego i otoczenia, obudowę zapewniającą przepływ laminarny powietrza, łatwość obsługi, wymiany źródeł światła oraz czyszczenia. Oprawy oświetlenia ogólnego powinny być rozmieszczone w sposób zapewniający wymaganą równomierność oświetlenia, ponadto powinny być źródłami oświetlenia bezpośredniego, powinny mieć budowę zamkniętą i klosz chroniący przed olśnieniem. Oprawami oświetlenia miejscowego, oprócz opraw operacyjnych, mogą być oprawy stanowiskowe oświetlające stolik z instrumentami, miejsca dokumentowania czy miejsca dozowania środków anestezyjologicznych.

Należy wyraźnie podkreślić, że większość pomieszczeń służby zdrowia ma status pomieszczeń czystych, co powoduje bardzo rygorystyczne wymogi dotyczące instalacji oświetleniowej. Przy doborze opraw oświetleniowych do pomieszczeń, w których występują zagrożenia zanieczyszczeniami pyłowymi i mikrobiologicznymi, należy kierować się następującymi przesłankami:

- oprawy nie mogą same z siebie stanowić zagrożeń, tzn. muszą być wykonane z takich materiałów, z których nie odrywają się żadne cząstki, mogące stanowić zagrożenie dla czynności wykonywanych w danym pomieszczeniu,
- oprawy nie mogą gromadzić w lub na sobie, trudno usuwalnych zanieczyszczeń, tzn. muszą być pyłoszczelne (IP 54, IP 65), zbudowane z materiałów gładkich odpornych na zarysowania (najlepiej metal, szkło), bez zakamarków trudnych do oczyszczenia (oprawy w kształcie prostopadłościanu, lub licujące się z rastrem sufitu podwieszanego, a dla sufitów metalowych montowane tak jak panel sufitu),
- oprawy montowane bezpośrednio na suficie, należy miejsce styku z sufitem uszczelnić silikonem z dodatkami preparatów grzybobójczych i bakteriobójczych, tak aby uniemożliwić gromadzenie się zanieczyszczeń na górnej powierzchni oprawy,

- oprawy muszą być bezpieczne dla przeszkolonych osób wykonujących ich mycie i czyszczenie,
- oprawy muszą być odporne na środki myjące i dezynfekujące,
- oprawy umieszczane w szczelnych sufitach podwieszanych powinny być na styku z sufitem uszczelnione,
- w gabinetach lekarskich i salach chorych należy unikać opraw oświetleniowych zwisających z sufitu, a jeżeli jest to niemożliwe, należy stosować oprawy, których powierzchnia górna jest gładka i umożliwiająca łatwe czyszczenie. Częstotliwość czyszczenia opraw powinna być taka sama jak pomieszczeń, w których się znajdują.

PODZIĘKOWANIE

Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Bibliografia

1. N. Szeszenia-Dąbrowska U. Wilczyńska, W. Sobala: Choroby zawodowe w Polsce w 2013 r. i ich czynniki przyczynowe. Med. Pracy 2014;65(4), 317-326.
2. M. Pośniak, red., Czajniki szkodliwe w środowisku pracy. Wartości dopuszczalne, CIOP-PIB, Warszawa, 2018.
3. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz.U. 2018 poz.1286
4. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 13 kwietnia 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Kodeks pracy. Dz.U. 2018, poz. 917,1000 i 1076.

5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 kwietnia 2017 r. w sprawie wykazu prac uciążliwych, niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet w ciąży i kobiet karmiących dziecko piersią. Dz.U. 2017, poz. 796.
6. Obwieszczenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 29 sierpnia 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac. Dz.U. 2016, poz. 1509.
7. PN-N-01307:1994 Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
8. PN-Z-013338:2010 Akustyka – Pomiar i ocena hałasu infradźwiękowego na stanowiskach pracy.
9. W. Mikulski, I. Warmiak, Adaptacja akustyczna pomieszczeń biurowych z zastosowaniem dźwiękochłonnych sufitów podwieszanych, Bezpieczeństwo pracy. Nauka i praktyka, 2017, 2(545), s.20-24.
10. K. Ciesielska, Hałas w szpitalach i jego koszty.
<https://www.academia.edu/012061826>
11. Polska Norma PN-B-02151-4:2016-06, Objąsnienia i komentarze, Ecophon Saint-Gobain,
http://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/pl/nowa-norma/ecophon_polska_norma_01_01_2018.pdf
12. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2019 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urzędzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą (Dz.U. 2019, poz. 595).
13. A. Bogdan, I. Sudoł-Szopińska, Komfort cieplny chirurgów pracujących na bloku operacyjnym, Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka, 11/2008, 6-8.
14. PN-EN ISO 7730:2006 (U) Ergonomia środowiska termicznego – Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów lokalnego komfortu termicznego.
15. PN-EN 12464-1:2012 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
16. PN-EN 60601-2-41:2010 Medyczne urządzenia elektryczne. Część 2-41: Wymagania szczegółowe dotyczące bezpieczeństwa podstawowego oraz funkcjonowania zasadniczego opraw chirurgicznych i opraw diagnostycznych.