

Wpływ środowiska ograniczonej przestrzeni wokół głowy na funkcje fizjologiczne i poznawcze człowieka

Centralny Instytut Ochrony Pracy

-
Państwowy Instytut Badawczy

Wykonawcy:

Główny: dr hab. n. med. Iwona Sudół-Szopińska,

Pozostali: dr inż. Bogdan, dr Anna Łuczak, dr inż. Piotr Pietrowski, mgr inż. Rafał Młyński, mgr inż. Andrzej Sobolewski, Małgorzata Kozłowska

Spis treści:

1. WPROWADZENIE	2
2. INFORMACJE O PROGRAMIE MIĘDZYNARODOWYM, W RAMACH KTÓREGO REALIZOWANY JEST PROJEKT	3
3. METODYKA BADAŃ	7
4. WYNIKI BADAŃ	9
4.1. badania fizjologiczne	9
4.2. parametry fizyczne	12
4.3. sprawność psychomotoryczna i funkcje poznawcze	12
5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	14

1. WPROWADZENIE

Według szacunków prowadzonych w Unii Europejskiej, ok. 14% śmiertelnych wypadków drogowych dotyczy motocyklistów. W wypadkach tych ginie ponad 6 tys. osób rocznie. W 70-80% przypadków przyczyną zgonów są urazy głowy.

Kaski, w szczególności tzw. kaski integralne, w istotny sposób przyczyniają się do zmniejszenia urazów głowy, w związku z czym ich stosowanie przez kierowców motocykli i skuterów jest obowiązkowe we wszystkich krajach Unii Europejskiej.

W roku 2005 pojawiły się doniesienia naukowe, w którym pod dyskusję poddano niekwestionowany, jak dotychczas, ochronny aspekt kasków i ich rolę w prewencji wypadkom. Źródłem tych danych były badania realizowane w ramach akcji COST 327, której koordynatorem był ośrodek szwajcarski EMPA (dr Paul Bruhwiler). Wysunięto w nich hipotezę o wpływie innych, poza mechanicznymi, czynników na wypadkowość z udziałem motocyklistów, wynikających z konstrukcji kasków, tj:

- wzmożonej wilgotności powietrza, wysokiej temperaturze i zwiększonej zawartości CO₂ w przestrzeni pod kaskiem,
- ograniczeniu przez kask pola widzenia i ograniczonej percepcji słuchowej sygnałów ostrzegawczych i możliwości komunikacji z innymi użytkownikami drogi.

W związku z powyższym, ośrodek szwajcarski rozpoczął realizację kolejnego projektu - Akcji COST 357 pn.: „*Accident prevention option with motorcycle helmets*” („Kaski motocyklowe jako element zapobiegania wypadkom wśród motocyklistów,, akronim “Prohelm”, celem poszerzenia wiedzy nt. wpływu kasków motocyklowych na bezpieczeństwo jazdy. Akcja ta, której członkiem jest Centralny Instytut Ochrony Pracy - PIB, rozpoczęła się w lipcu 2005 r. i będzie realizowana do lipca 2009 r.

2. INFORMACJE O PROGRAMIE MIĘDZYNARODOWYM, W RAMACH KTÓREGO REALIZOWANY JEST PROJEKT

Program COST (*European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research*) funkcjonuje od 1971 roku. Stanowi sieć współpracy naukowej 34 europejskich placówek badawczych, w których podejmowane i realizowane są Akcje COST dotyczące poszczególnych problemów naukowych i technologicznych.

Akcja COST 357 pn. „*Accident prevention option with motorcycle helmets*” („Kaski motocyklowe jako element zapobiegania wypadkom wśród motocyklistów„), określona akronimem “Prohelm”, została zaakceptowana do realizacji w ramach programu COST w lipcu 2005 roku, w dokumencie *Memorandum od Understanding - MoU*: <http://cost.cordis.lu/src/doc/cso/MOU-357-020205.pdf>. Czas realizacji Akcji przewidziano na 4 lata, do lipca 2009 r. Akcja jest zarządzana przez Komitet Sterujący (ManagementCommittee), który reprezentuje jej sygnatariuszy. Uczestnikami Akcji 357 są specjaliści wielu dyscyplin naukowych i technicznych z 22 instytutów i instytucji europejskich (rys.1.1.1):

1. Szwajcaria, EMPA-Eidgenossische Materialprüfungs-und Forschungsanstalt, Paul Brühwiler (Koordynator Akcji).
2. Poland, Central Institute for Labour Protection - National Research Institute, dr hab. med. Iwona Sudot-Szopińska.
3. Bułgaria, Bulgarian University of Transport, prof. Spassov.
4. Wielka Brytania, Health and Safety Laboratory-Personal Protective Equipment, Duncan Webb.
5. Francja, Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS) Laboratoire de Psychologie de la Conduite (LPC) , dr Viola Cavallo.
6. Francja, Universite Louis Pasteur I. M. F.S, dr Remy Willinger.
7. Niemcy, Medical University Hannover Accident Research Unit, prof Dietmar Otte.
8. Irlandia, University College Dublin, Mechanical Engineering School of Electrical, Electronic & Mechanical Engineering, dr Timothy Horgan.
9. Irlandia, University College Dublin Department of Mechanical Engineering UCD-Dublin, Michael D Gilchrist.
10. Izrael, University of the Negev Industrial Engineering and Management Ben Gurion, Mr. David Shinar.
11. Włochy, University of Pavia Cirss Statistics and Epidemiology Department of Applied Health Sciences Faculty of Medicine - Centre of Study and Research on Road Safety, dr Anna Morandi.
12. Norwegia, ICT Acoutics SINTEF, Mr. Olav Kvaloy.
13. Norwegia, Work Physiology Health Research SINTEF Ms. Hilde Faerevik.
14. Portugalia, IDMEC - Instituto Superior Tecnico Technical University of Lisbon, João Manuel Pereira Dias.
15. Hiszpania, Universitat de València INTRAS - Instituto de Tráfico Seguridad Vial, Pedro M. Valero Mora.
16. Hiszpania, Ergonomics & Human Factors Fundación CIDAUT, Ms. Maria Alonso Raposo.
17. Turcja, Technical University (ODTU) Department of Psychology Middle East, dr Timo Lajunen.

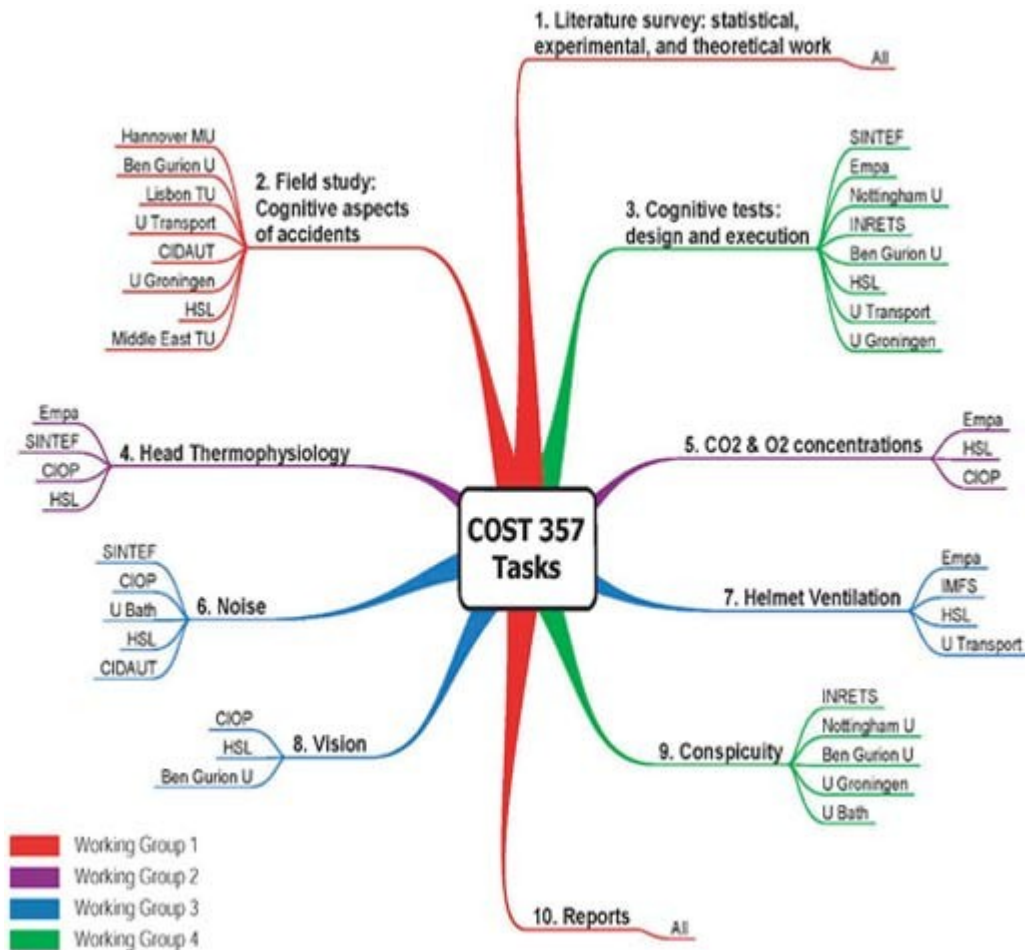
18. Wielka Brytania, University of Bath Mechanical Engineering, dr Michael Carley.
19. Wielka Brytania University of Nottingham Accident Research Unit School of Psychology, prof. Geoffrey Underwood.
20. Wielka Brytania, University of BATH, Department of Psychology, dr Ian Walker.
21. Włochy, Newton Laboratories, dir Luca Cenedese.
22. Grecja, Technological Educational Institute of Crete Department of Social Work, Joannes El. Chliaoutakis Georgia Tzamalouka.



Rys.1.1.1. Kraje członkowskie Akcji COST 357.

Badania członków Akcji COST 357 są prowadzone w ramach 10 zadań (ryc.1.1.2), wchodzących w skład 4 Grup Roboczych:

- WG1: Przegląd literatury, statystyk nt. wypadków z udziałem motocyklistów,
- WG2: Termofizjologia głowy, stężenia CO₂ i O₂ w przestrzeni pod kaskiem,
- WG3: Wentylacja kasków, tłumienie hałasu przez kaski, parametry wizjerów,
- WG4. Testy psychologiczne, widoczność motocyklisty.



Rys. 1.1.2. Schemat grup tematycznych Akcji COST 357.

Obszerna informacja nt. projektu i członków konsorcjum jest dostępna na stronie internetowej: http://www.cost.esf.org/index.php?id=240&action_number=357. Komplementarność tych grup pozwoli na wszechstronne podejście do analizowanego zagadnienia, poczynając od przeprowadzenia przeglądu statystyk dot. wypadków motocyklowych w Europie i w Turcji, poprzez badania wizjerów, własności wentylacyjnych kasków, tłumienia hałasu, wreszcie wpływu kasków na sprawność psychomotoryczną i procesy poznawcze motocyklistów. Badania w komorze klimatycznej z udziałem motocyklistów i manekina termicznego będą prowadzone równolegle w 4 laboratoriach europejskich: w Polsce (CIOP-PIB), w Szwajcarii (EMPA), Wielkiej Brytanii (HSL) oraz w Norwegii (Sintef).

Pracownicy naukowci CIOP-PIB są członkami Komitetu Sterującego, oraz trzech grup roboczych projektu Prohelm, tj.: WG 2, WG 3 i WG 4. CIOP-PIB został zaproszony do uczestniczenia w projekcie z uwagi na wieloletnie doświadczenie w prowadzeniu badań fizjologicznych i psychologicznych kierowców, oraz jako jedyna jednostka naukowa w Polsce posiadająca manekin termiczny i prowadząca kompleksowe badania w komorze klimatycznej wpływu środowiska, w tym mikroklimatu, hałasu, stężeń gazów oddechowych (CO₂) na zdrowie człowieka.

3. METODYKA BADAŃ

Metodologia planowanych badań była dyskutowana w czasie spotkania konsorcjum Akcji 357 Prohelm, które odbyło się w CIOP-PIB. Uzgodniono, że badania w komorze klimatycznej z udziałem ochotników będą prowadzone w warunkach uznanych przez koordynatora Akcji COST 357 za potencjalnie najbardziej niekorzystne pod względem oddziaływania na procesy poznawcze motocyklisty, tj. mikroklimatu odpowiadającego porze letniej, w aglomeracji miejskiej i przy małej prędkości przepływu powietrza.

Badania z udziałem ochotników prowadzono przy wykorzystaniu następujących elementów:

1. komory klimatycznej Weiss, w której odzwierciedlono określone warunki środowiska,
2. mierników mikroklimatu m.in. *Indor Climate Analyser* firmy B&K, kontrolujących parametry powietrza w komorze klimatycznej,
3. aparatury do generowania hałasu środowiskowego i jego monitorowania: generator B&K 1027, wzmacniacze mocy Crown Macrotech 460 CSL, zestawy głośnikowe Tonsil Voyager, mikrofon B&K 4190, przedwzmacniacz mikrofonowy B&K 2669, analizator widma System pomiarowy B&K Pulse, miernik poziomu dźwięku B&K 2236, kalibrator B&K 4230,
4. aparatury do pomiaru reakcji fizjologicznych: Kardiomonitor FT 2000,
5. aparatury do pomiaru stężenia gazów oddechowych w ograniczonej przestrzeni pod kaskiem: analizatory CO₂ i O₂ firmy COSMA,
6. aparatura pomiarowa do badań percepcji słuchowej: komora do pomiaru właściwości akustycznych ochronników słuchu, manekin do pomiarów akustycznych Kemar,
7. aparatura do oceny parametrów wzroku: przyrząd do badania ochrony przed rozbryzganiami, stopionymi metalami oraz badania pola widzenia, przyrząd do badania mocy optycznej, astygmatyzmu i pryzmatyczności oraz przyrząd do badania różnicy mocy pryzmatycznej, spektrofotometr CARY 5E, przyrząd do pomiaru współczynnika przepuszczania, typ HOYA ULT-3000, przyrząd do badania jakości materiału optycznego i jego powierzchni.

Badane parametry fizjologiczne: temperatura skóry mierzona w 10 punktach (lewa, prawa skroń, czoło, prawa łopatką, lewa pierś, prawe ramię, lewe przedramię, lewa dłoń, prawe udo, lewa łydka), temperatura wewnętrzna, częstość skurczów serca, intensywność pocenia, ciśnienie tętnicze krwi przed i po badaniu.

Badane parametry fizyczne: temperatura oraz wilgotność w przestrzeni między kaskiem a głową, akumulacja ciepła, stężenie gazów oddechowych pod kaskiem i w otoczeniu badanego.

Badane parametry psychologiczne: pomiar refleksu, pomiar ciągłości uwagi, pomiar uwagi i czujności, pomiar spostrzegawczości, samoocena w zakresie nastroju i zmęczenia, ocena wrażeń cieplnych i wilgotności skóry i odzieży.

Schemat badania obejmował przeprowadzenie następujących rodzajów badań:

I. badań z udziałem ochotników:

- w stroju motocyklowym, bez użycia kasku motocyklowego
- w stroju motocyklowym, z użyciem kasku motocyklowego

II. badań percepcji słuchowej na fantomie oraz z udziałem ochotników

III. badania wizjerów

Tab. Schemat 4 wariantów badań z udziałem policjantów.

W STROJU MOTOCYKLOWYM <u>BEZ KASKU</u>	
Mikroklimat umiarkowany	Mikroklimat gorący + hałas
W STROJU MOTOCYKLOWYM <u>Z KASKIEM</u>	
Mikroklimat umiarkowany	Mikroklimat gorący + hałas

4. WYNIKI BADAŃ

W ramach 1 etapu realizacji projektu badawczego specjalnego przeprowadzono pomiary: izolacyjności termicznej stroju policjanta - motocyklisty (kurtka, spodnie, rękawice, buty) oraz kasku, pomiary percepcji słuchowej oraz tłumienia hałasu dla kasku, a także badania wizjera kasku obejmujące ocenę: pola widzenia, dopuszczalnych tolerancji zdolności łamiących, charakterystyk widmowych przepuszczania, wizualnego współczynnika osłabienia światła sygnalizacyjnych, równomierności współczynników przepuszczania światła, jakości materiału i powierzchni, odporności na zamglenie.

Przeprowadzone badania wykazały, że izolacyjność samego stroju motocyklisty (tj. bez kasku) wyniosła średnio 0,382 m²K/W, natomiast samego kasku 0,456 m²K/W. Na tej podstawie można przypuszczać, iż zarówno kombinezon jak i kask znacznie wpływają na ograniczenie możliwości odbierania ciepła przez środowisko zewnętrzne i jednocześnie mogą prowadzić (w okresie letnim) do nadmiernego obciążenia termicznego organizmu, tym samym na zdolność do koncentracji, czy percepcję warunków na drodze.

Wyniki pomiarów akustycznych wykazały, iż kask praktycznie nie tłumil dźwięku w zakresie częstotliwości mniejszych od 1000 Hz; w zakresie częstotliwości do 630 Hz tłumienie przyjmowało niewielkie wartości ujemne, co oznacza pewne wzmocnienie dźwięku wynikające z właściwości rezonansowych kasku; powyżej 1000 Hz tłumienie kasku wzrastało w przybliżeniu liniowo osiągając wartości około 15 dB przy 2000 Hz, oraz około i ponad 30 dB w zakresie częstotliwości powyżej 3000 Hz.

Badania wizjerów wykazały natomiast, iż brak jest spełnienia wymagań w odniesieniu do dopuszczalnych wartości zdolności łamiących w przypadku, gdy wszystkie trzy wizjery kasku znajdują się w pozycji zamkniętej. Pozostałe parametry spełniały wymagania określonych norm.

4.1. badania fizjologiczne

Zmiana częstości skurczów serca

Jak wykazano, we wszystkich badaniach prowadzonych w kasku doszło do przyspieszenia częstości skurczów serca, w porównaniu do wariantów bez kasku. Średnie częstości skurczów serca były u badanych wyższe w warunkach gorąca i hałasu, niż w warunkach termoneutralnych. Najniższe wartości częstości skurczów serca uzyskano dla badań w warunkach termoneutralnych, bez kasku (średnio 72,4 HR). Założenie kasku w warunkach termoneutralnych spowodowało wzrost HR o 3,03, natomiast w warunkach gorąca i hałasu - nieznaczny wzrost o 0,37 HR, co wskazywało, że założenie kasku w warunkach termoneutralnych powoduje większy wzrost częstości skurczów serca, niż w warunkach gorąca i hałasu. W żadnym z wariantów nie zostały przekroczone limity fizjologiczne HR (HR_{max}=200-wiek).

Zmiana temperatury wewnętrznej

Najniższe wartości temperatury wewnętrznej zarejestrowano w warunkach termoneutralnych i bez kasku. W mikroklimacie gorącym, bez kasku, u badanych odnotowano wzrost temperatury wewnętrznej. Po założeniu kasku,

zarówno w mikroklimacie umiarkowanym, jak gorącym, nastąpił dalszy wzrost temperatury wewnętrznej, większy w warunkach termoneutralnych (tj. o 0,7°C w warunkach termoneutralnych i o 0,25°C w mikroklimacie gorącym).

Należy przy tym zauważyć, że temperatura wewnętrzna u badanych była najwyższa w czasie stosowania kasku w mikroklimacie umiarkowanym, niż w mikroklimacie gorącym bez kasku, a porównywalne jak w warunkach gorąca i w kasku. Wskazuje to, iż stosowanie kasku ma wpływ na wartość temperatury wewnętrznej.

Zmiana średniej ważonej temperatury skóry ciała

U badanych stwierdzono znaczny wzrost temperatury skóry w trakcie badania: w wariantach eksperymentu z założeniem kasku, zarówno w warunkach termoneutralnych, jak w mikroklimacie gorącym stwierdzono przyrost temperatury skóry ciała, większy w warunkach termoneutralnych (wzrost średniej ważonej wartości temperatury o 0,74°C; w środowisku gorącym o 0,1°C). Średnia temperatura skóry ciała w wariantach z kaskiem wynosiła u wszystkich badanych 34,2°C.

Wskazywałoby to na fakt, że w warunkach termoneutralnych mikroklimat pod kaskiem ma znaczący wpływ na wzrost temperatury całego ciała, podczas gdy w mikroklimacie gorącym ten wpływ jest zaznaczony w mniejszym stopniu.

Zmiana ciężaru ciała oraz ilość potu zaabsorbowanego w odzieży w czasie trwania eksperymentu

W prawie każdym z wariantów dochodziło do zmniejszenia masy ciała, w porównaniu z wyjściową wagą badanych. Różnica ta była większa w przypadku eksperymentów prowadzonych w kasku, a zwłaszcza w mikroklimacie gorącym. Dla przykładu, ubytek masy ciała w wariantcie w kasku, warunki termoneutralne wyniósł 0,23g, w warunkach gorąca - 0,278. W normie ISO 7933 określono dopuszczalną utratę masy ciała wynoszącą 800g dla osób niezaaklimatyzowanych i 1300 g dla zaaklimatyzowanych. W żadnym więc z wariantów eksperymentu nie przekroczono bezpiecznych limitów fizjologicznych. W czasie badań w kasku intensywność wydzielonego potu była większa niż w wariantach bez kasku.

Jak wynika z badań, największą akumulację potu stwierdzono w spodniach i w butach. Z pomiarów masy poszczególnych elementów odzieży przed i po badaniu wynika, że kask nie zmieniał w sposób istotny swojej masy - nie akumulował wilgoci.

Zmiana temperatury skóry głowy

U wszystkich badanych średnia temperatura skóry głowy w trakcie badań w kasku była wyższa, w porównaniu do warunków bez kasku, w tym: o 2,81°C wyższa w warunkach termoneutralnych i o 1,39°C w mikroklimacie gorącym i w warunkach hałasu. Średnia temperatura skóry głowy w wariantach bez kasku wyniosła:

- w warunkach termoneutralnych: 33,0°C,
- w warunkach gorąca i hałasu: 34,7°C.

Średnia temperatura skóry głowy w czasie wariantów z kaskiem wynosiła ok. 36,1°C, bez względu czy policjant był ekspozycyjny na środowisko gorące czy komfortowe. Wskazuje to, iż niezależnie od warunków pogodowych kask wpływa na podwyższenie temperatury skóry głowy, w większym jednak stopniu w mikroklimacie umiarkowanym, niż w gorącym. W badaniach z kaskiem natychmiast po założeniu kasku i niezależnie od warunków termicznych otoczenia, temperatura skóry głowy wzrastała o 2,0 - 2,5°C i na tym poziomie pozostawała przez cały okres trwania eksperymentu.

Zmiana ciśnienia tętniczego krwi oraz tętna przed i po badaniu

W porównaniu do wyjściowego spoczynkowego pomiaru ciśnienia skurczowego krwi, w warunkach termoneutralnych i bez kasku u badanych stwierdzono podwyższenie ciśnienia skurczowego średnio o ok. 7mmHg; w wariantach z kaskiem wzrost był znacznie niższy i wynosił ok. 1mmHg. W warunkach gorąca, hałasu i bez kasku badani zareagowali średnio podwyższeniem ciśnienia skurczowego krwi o ok. 3mmHg; natomiast w wariantach z kaskiem zanotowano znaczący spadek o ok. 7mmHg.

Wartość rozkurczowego ciśnienia krwi w warunkach termoneutralnych i bez kasku uległa podwyższeniu średnio o ok. 1mmHg, podczas gdy po założeniu kasku odnotowano spadek ciśnienia o ok. 3mmHg. W warunkach gorąca i hałasu badani zareagowali średnio w bez kasku i w kasku obniżeniem ciśnienia rozkurczowego o ok. 2,5mmHg.

Tętno krwi we wszystkich rozpatrywanych przypadkach uległo obniżeniu. Największy spadek zanotowano w mikroklimacie umiarkowanym, bez kasku (średnio o 15 u/min), najniższy w tych samych warunkach środowiska, w kasku (śr. o 1u/min). W warunkach środowiska gorącego i hałasu spadek tętna był porównywalny dla wariantów bez i w kasku i wyniósł średnio 5 u/min .

Stwierdzone zmiany ciśnienia tętniczego krwi i tętna w żadnym momencie eksperymentu nie przekroczyły przyjętych limitów fizjologicznych.

4.2. parametry fizyczne

Akumulacja ciepła w organizmie

W każdym z wariantów wykazano akumulację ciepła w organizmie. Maksymalną wartość współczynnika akumulacji ciepła wynoszącą 110W zanotowano po badaniu w kasku, w warunkach termoneutralnych.

Stężenia gazów oddechowych

Podczas wariantów badania prowadzonych w kasku w strefie oddychania wszystkich ochotników wykazano przyrost stężenia dwutlenku węgla i obniżenie stężenia tlenu, w porównaniu do badań prowadzonych bez kasku. Stwierdzono przy tym obniżenie dopuszczalnej normy stężenia tlenu (poniżej 20%) w obydwu wariantach z użyciem kasku, oraz chwilowe przekroczenie dopuszczalnej normy stężenia CO₂ w czasie eksperymentu prowadzonego w mikroklimacie gorącym, w warunkach hałasu. W czasie pozostałych dwóch wariantów eksperymentu (tj. bez założonego kasku, w mikroklimacie umiarkowanym i gorącym) stężenia gazów oddechowych utrzymywały się w granicach normy.

4.3. sprawność psychomotoryczna i funkcje poznawcze

w zakresie refleksu

- W grupie badanych 5 policjantów wystąpiły istotne różnice indywidualne w zakresie refleksu.
- Wariant eksperymentu nie wpłynął na wyniki pomiarów w zakresie refleksu uzyskane przez grupę badanych osób, co oznacza, że ani mikroklimat, ani hałas, ani stosowanie/niestosowanie kasku nie miało znaczenia dla szybkości (średni czas reakcji) i stabilności (rozstęp) reakcji osób badanych.

w zakresie ciągłości uwagi

- W grupie osób badanych wystąpiło istotne zróżnicowanie indywidualne w zakresie uwag.
- Hałas i gorąco mogą pogarszać uwagę: maleje liczba rozwiązanych zadań i rośnie liczba błędów.
- Stosowanie kasku w gorącu i hałasie również może pogarszać uwagę: tym razem wyłącznie w zakresie większej liczby popełnianych błędów

w zakresie spostrzegawczości

- W grupie badanych 5 policjantów wystąpiły istotne różnice indywidualne w zakresie *ominiętych*
- Wariant eksperymentu nie miał znaczenia dla poziomu spostrzegawczości w badanej grupie osób.

w zakresie poziomu uwagi i zmęczenia:

Typ eksperymentu, tj. zarówno mikroklimat i hałas, jak i stosowanie/niestosowanie kasku nie miały wpływu na poziom uwagi i zakres zmęczenia w grupie 5 badanych policjantów, pomimo zaobserwowanych indywidualnych różnic między policjantami.

w zakresie nastroju i zmęczenia

- Przeprowadzone badania wykazały, że zmęczenie nasilało się z eksperymentu na eksperyment: tj. najmniejsze występowało podczas pierwszego wariantu badania (bez kasku w warunkach termoneutralnych), zaś największe - w ostatnim, czwartym wariantcie badania (z zastosowaniem kasku w warunkach gorąca i hałasu).
- Nie potwierdzono, aby typ eksperymentu miał istotny wpływ na poziom nastroju osób badanych.

subiektywne oceny mikroklimatu

- W mikroklimacie umiarkowanym kask nie wpływał na pogorszenie odczuć cieplnych i wilgotności.
- W mikroklimacie gorącym stosowanie kasku powodowało dyskomfort w zakresie odczuć cieplnych.

5. WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania potwierdziły sugerowany negatywny wpływ stosowania kasków motocyklowych na funkcje psychomotoryczne i procesy poznawcze ich użytkowników.
2. Wykazano, iż stosowanie kasku w warunkach eksperymentu prowadzi do:
 - a. podwyższenia wartości parametrów fizjologicznych użytkowników (m.in. częstości skurczów serca, temperatury wewnętrznej, temperatury skóry, intensywności pocenia), bez przekroczenia dopuszczalnych limitów,
 - b. zmniejszenia stężenia tlenu O₂ i wzrostu stężenia dwutlenku węgla w tworzonej przez kask przestrzeni półotwartej, z przekroczeniem dopuszczalnych norm,
 - c. pogorszenia komfortu jazdy z uwagi na wysoką wilgotność w przestrzeni pod kaskiem,
 - d. obniżenia poziomu uwagi i zmęczenia.
3. Obniżenie sprawności procesów poznawczych obserwowano w x minucie eksperymentu..... . Z uwagi na fakt, iż poza nieprawidłowymi stężeniami gazów oddechowych, w żadnym z eksperymentów nie zostały przekroczone bezpieczne, dopuszczalne limity parametrów fizjologicznych, należy przypuszczać, że negatywne efekty użytkowania kasków manifestujące się pogorszeniem uwagi i występowaniem zmęczenia, szczególnie w mikroklimacie gorącym i w warunkach hałasu, mogły być spowodowane przekroczeniem dopuszczalnych norm stężenia gazów oddechowych.