

**Gabriela CHWALIK¹, Magdalena KROMKA-SZYDEK¹,
Zygmunt DZIECHCIOWSKI²**

¹Instituto Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska

²Instituto Konstrukcji Maszyn, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska

WPLYW RODZAJU PODŁOŻA ORAZ ZMIANY ŚRODKA CIĘŻKOŚCI UŻYTKOWNIKA NA KOMFORT JAZDY WÓZKIEM INWALIDZKIM

Streszczenie: Celem pracy była ocena komfortu jazdy użytkownika uniwersalnego wózka inwalidzkiego. Dokonano oceny ryzyka związanego z krótkotrwałym działaniem drgań mechanicznych na osobę znajdującą się na wózku w zależności od rodzaju nawierzchni, po której się poruszała (badanie przeprowadzono na 13 różnych nawierzchniach). Przeanalizowano również wpływ zmiany środka ciężkości osoby na wózku, jaki ma miejsce przy zmianie postawy w trakcie jazdy czynnej i biernej.

Słowa kluczowe: wózek inwalidzki, drgania ogólne

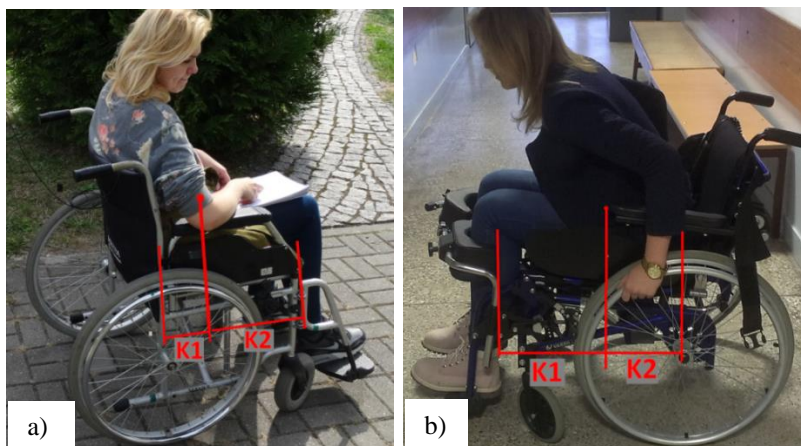
1. WSTĘP

Adaptacja do życia osób z niepełnosprawnością ruchową jest możliwa m. in. dzięki wózkom inwalidzkim. Samodzielne poruszanie się poprawia komfort psychiczny osoby niepełnosprawnej i zapewnia poczucie użyteczności społecznej oraz możliwość uprawiania sportu [1,2]. Poruszanie na wózku nie powinno powodować dyskomfortu, a lokomocja nie może wymagać dużego nakładu sił od użytkownika. Mimo iż prowadzone są liczne badania odnośnie wózków inwalidzkich, komfort użytkowania w procesie jazdy w badaniach tego typu jest pomijany.

Wpływ na użytkowanie wózka ma nie tylko odpowiedni dobór jego wymiarów, ale także odczuwanie drgań podczas jazdy. Drgania ogólne mogą niekorzystnie wpływać na organizm ludzki. Mogą one m. in. wywoływać bóle pleców (narażony jest zwłaszcza odcinek lędźwiowy kręgosłupa) oraz powodować szybsze odczucie zmęczenia przez użytkownika. W przypadku jazdy na wózku inwalidzkim drgania ogólne przechodzą z podnóżka na stopy i kończyny dolne użytkownika, a także transmitowane są do wnętrza organizmu człowieka z siedziska przed miednicę, a następnie kręgosłup [1,3]. Najbardziej niebezpieczne są drgania o częstotliwościach w zakresie od 1 do kilkunastu Hz. Długotrwałe narażenie organizmu na działanie drgań może powodować trwałe zmiany w układzie kostno-stawowym oraz doprowadzić do zaburzenia krążenia, wzmożonego drżenia kończyn oraz różnie umiejscowionego bólu [4]. Grupą szczególnie narażoną w tym zakresie są kobiety w ciąży. Odczuwanie drgań uzależnione jest od indywidualnych cech człowieka, takich jak wiek, wzrost, masa, pobudliwość nerwowa. Ważna jest również pozycja odbioru drgań, czego dowodem są uzyskane na podstawie badań różne progi odczuwalności drgań w zależności od kierunku działania i pozycji odbioru drgań [1].

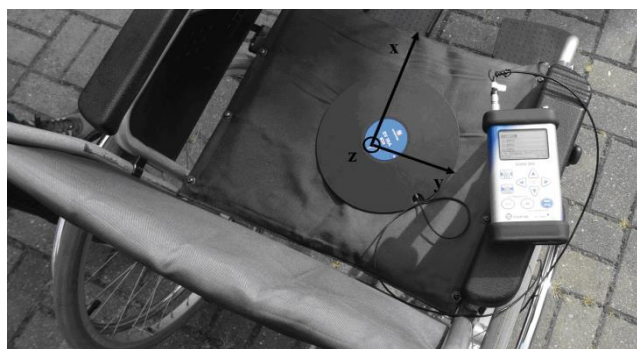
2. METODYKA BADAŃ

Celem pracy było określenie wpływu wybranych czynników, takich jak rodzaj nawierzchni, po której poruszał się wózek oraz zmiana położenia środka ciężkości użytkownika wózka. Zmiana położenia środka ciężkości ma miejsce w czasie jazdy aktywnej i pasywnej (rys.1) na komfort jazdy użytkownika uniwersalnego wózka inwalidzkiego.



Rys.1. Zmiana lokalizacji środka ciężkości w zależności od pochylecia użytkownika wózka; K1 i K2 – odległości od środka ciężkości do osi kół jezdnych

W badaniu wzięły udział dwie kobiety w wieku 22 lat. Różnica mas ciała badanych, jak i ich wzrostu nie przekraczały 10 %. Pomiar przeprowadzono na składanym, uniwersalnym wózku inwalidzkim firmy Meyra model Budget 9.050. W badaniu użyto miernika drgań SVAN 958, wraz z dyskiem do pomiaru drgań ogólnych SVANTEK SV 39A. Dysk pomiarowy z czujnikiem trójosiowym ustawiono na środku siedziska. Oś X czujnika drgań ustawiono zgodnie z kierunkiem ruchu, oś Y prostopadle do podłokietników, a oś Z prostopadle do siedziska (rys.2). W trakcie badań rejestrowano zmiany wartości skutecznej przyspieszenia drgań a_{RMS} w pasmach tercjowych z zakresu od 0,8 – 100 Hz.



Rys.2. Orientacja kierunków drgań względem wózka inwalidzkiego

Pomiaru dokonano na 13 różnych nawierzchniach, które znajdują się na terenie kampusu Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej (rys.3). W ramach badania przeprowadzono dwie próby: przejazd w pozycji pasywnej (wózek popychany był przez osobę drugą) oraz w pozycji aktywnej (wózek poruszany samodzielnie przez użytkownika). Podczas pomiaru utrzymywano prędkość w zakresie od 1–1,2 m/s. Dla każdego przejazdu (rodzaju nawierzchni) wyznaczono charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową, a wyniki pomiarów odniesiono do: kryterium krotności przekroczenia wartości skorygowanej drgań k_a zgodnie z PN-N-18002 [6], granicy percepcji drganiowej zgodnie z kryterium Morioka&Griffin [5] oraz do granicy komfortu określonej przez normę ISO 2631-1 [7].



Rys.3. Typy nawierzchni wykorzystanych w badaniach: N1-kostka 6-ciokątna, N2-asfalt na ścieżce rowerowej, N3-asfalt drogowy, N4-kostka granitowa, N5-kostka brukowa 60×60, N6-kostka brukowa 50×50, N7-kostka brukowa „kość”, N8-plytki terakotowe kwadratowe, N9-plytki terakotowe prostokątne, N10-kostka brukowa przystanek tramwajowy, N11-kostka brukowa mozaika, N12-kostka brukowa zjeżdźcie dla osób niepełnosprawnych, N13-kostka brukowa kwadratowa 7×7

3. WYNIKI

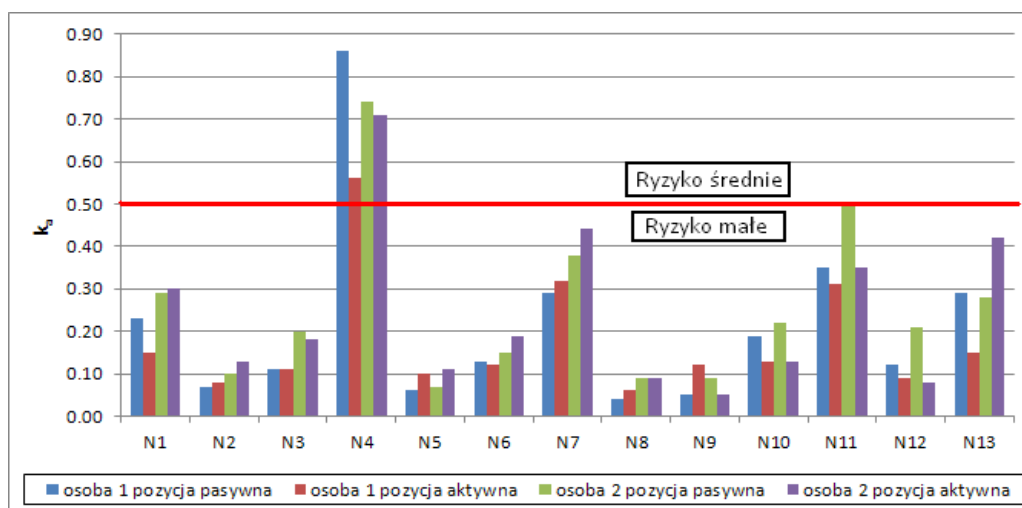
Na podstawie otrzymanych wyników określono skorygowaną wartość przyspieszenia dla drgań w poszczególnych kierunkach ($a_{skor\ x}$, $a_{skor\ y}$, $a_{skor\ z}$), i na tej podstawie obliczono krotność przekroczenia wartości dopuszczalnej k_a zgodnie ze wzorem

$$k_a = \frac{a_{skor}}{a_{dop}} \quad (1)$$

gdzie: a_{skor} – maksymalna wartość skorygowana częstotliwościowo przyspieszenia drgań, [m/s^2], a_{dop} – wartość dopuszczalna przyspieszenia zgodna z [8], [m/s^2].

Następnie wykorzystując wytyczne zawarte w [6] określono ryzyko związane z krótkotrwałym działaniem drgań mechanicznych, zgodnie z którymi dla $k_a \leq 0,5$ występuje ryzyko małe, dla $0,5 < k_a \leq 1$ występuje ryzyko średnie i dla $k_a > 1,0$ występuje ryzyko duże Wyniki obliczeń i analiz przedstawiono na rys. 4.

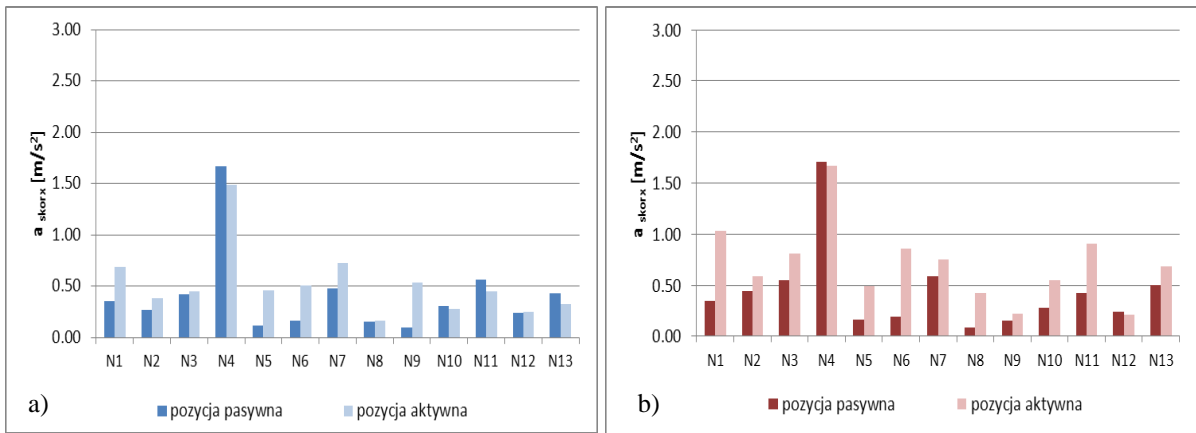
Na rysunkach 5 – 7 przedstawiono wartość skorygowaną przyspieszenia drgań $a_{skor\ x}$, $a_{skor\ y}$, $a_{skor\ z}$ otrzymane z pomiarów na poszczególnych nawierzchni (odpowiednio dla kierunku X, Y i Z), dla przejazdu zarówno pasywnego jak i aktywnego.



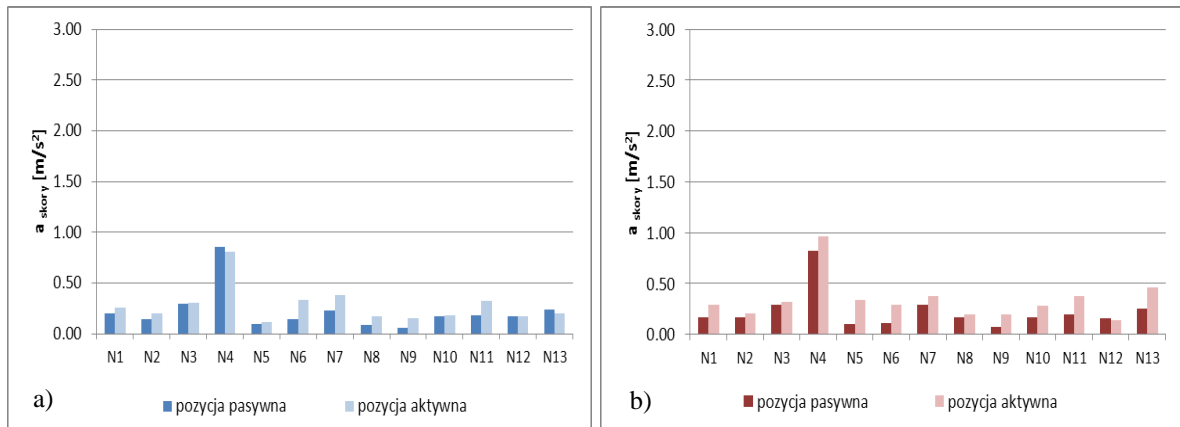
Rys.4. Wartość krotności k_a dla analizowanych nawierzchni

Z uwagi na to, iż najwyższe wartości zanotowano dla przejazdów (zarówno aktywnych jak i pasywnych) po nawierzchni wykonanej z kostki granitowej, przeanalizowano tylko drgania z zakresu do 100 Hz. Tam występują najwyższe wartości przekroczenia drgań. Do tego zakresu odnoszą się również wybrane kryteria oceny zawarte w [5] i [7]. Otrzymane wyniki

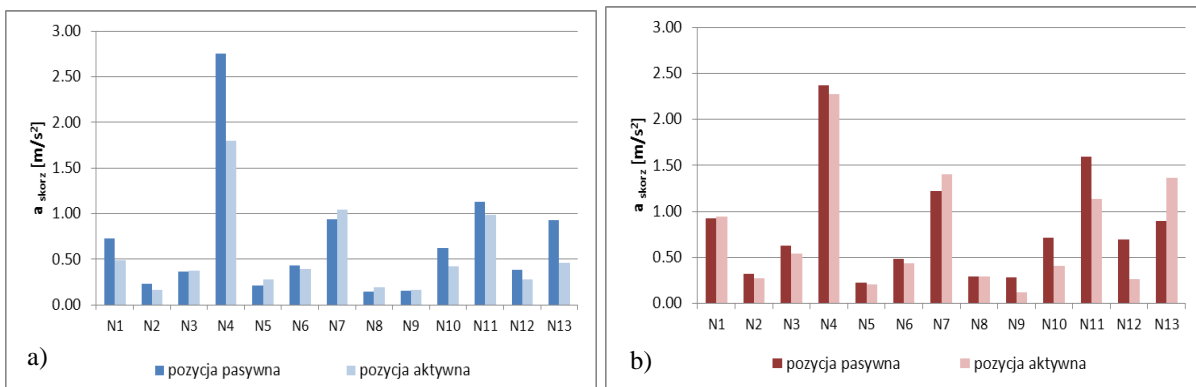
porównano z kryterium progu odczuwania drgań wg Morioka&Griffin [5] oraz normą ISO 2631-1 [7], co dało możliwość sprawdzenia o ile otrzymane wartości przekroczenia przekraczają próg percepcji drganiowej i krzywą komfortu drganiowego. Wyniki analizy pokazano na rys. 8 i 9.



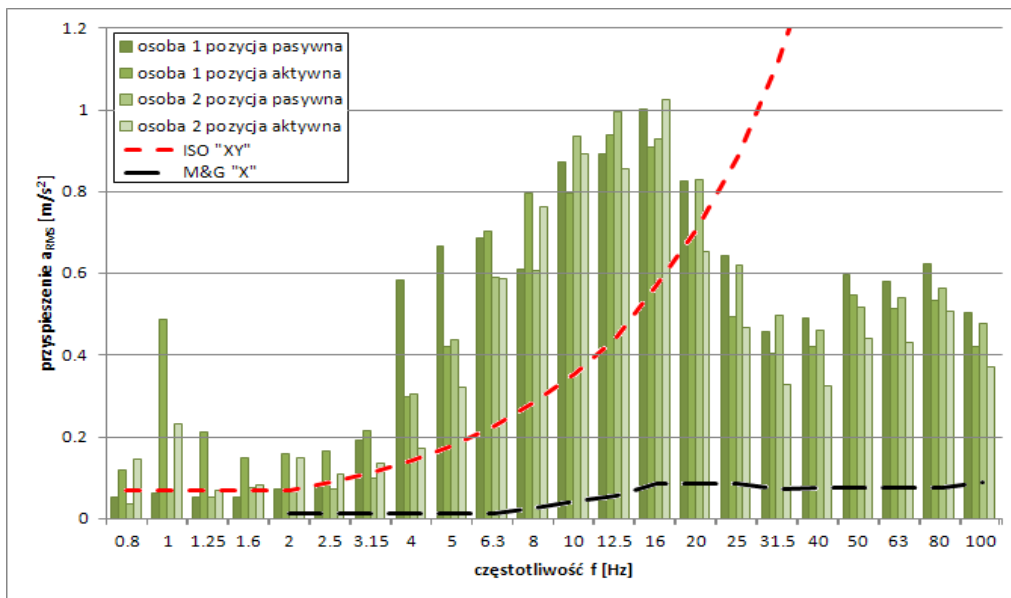
Rys.5. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa w kierunku osi x dla: a) osoby 1, b) osoby 2



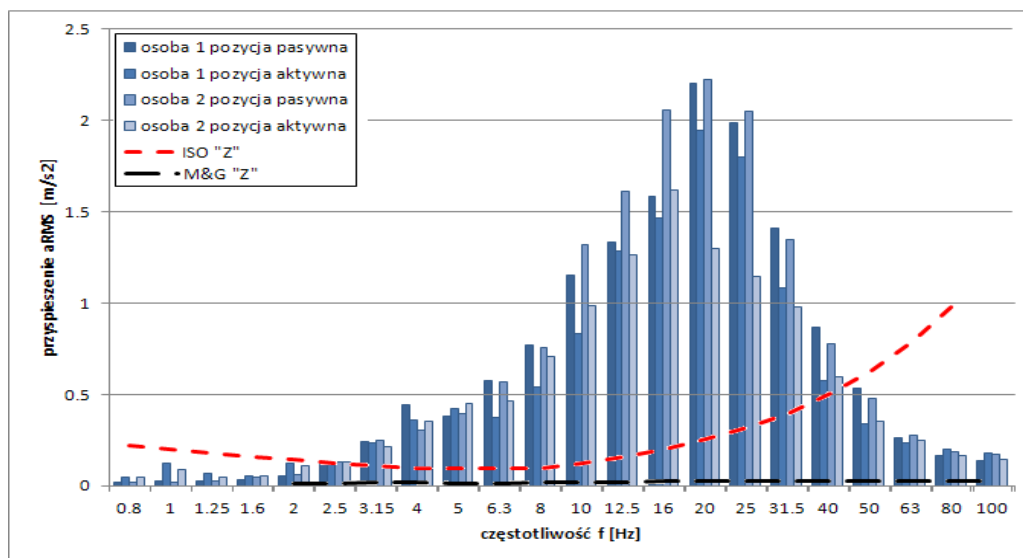
Rys.6. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa w kierunku osi y dla: a) osoby 1, b) osoby 2



Rys.7. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa w kierunku osi z dla: a) osoby 1, b) osoby 2



Rys.8. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa dla osi X, dla przejazdu po kostce granitowej



Rys.9. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa dla osi Z, dla przejazdu po kostce granitowej

4. WNIOSKI

Na wartość przyspieszenia drgań odbieranych przez użytkownika wózka inwalidzkiego ma wpływ rodzaj nawierzchni, zarówno jej chropowatość jak i sposób łączenia elementów wchodzących w ich skład (tj. płyt, kostki). Przejazdy po płytkach terakotowych kwadratowych o małej chropowatości osiągają niższe wartości skutecznego przyspieszenia drgań niż przejazdy po kostce brukowej kwadratowej o tych samych wymiarach.

Zgodnie z oceną ryzyka wg normy PN-EN-18002, dla przejazdów po większości nawierzchni na terenie Kampusu WM PK ryzyko związane z krótkotrwałym działaniem drgań mechanicznych oceniono jako małe. Tylko w przypadku przejazdu po kostce granitowej występuje ryzyko średnie. Ten typ nawierzchni może okazać się szczególnie uciążliwy, a nawet niebezpieczny, dla osób niepełnoletnich oraz kobiet w ciąży.

Mimo, iż wyniki mieszczą się w zakresie wartości dopuszczalnych, należy zauważyć, że został przekroczony próg percepcji drganiowej człowieka, a także w pewnych zakresach pasm

tercjowych (dla osi X od 0,8 do 20 [Hz], a dla osi Z od 2,5 do 50 [Hz]) granica komfortu. Może to powodować szybsze męczenie się osoby na wózku, a przy długotrwałym użytkowaniu, bóle kręgosłupa.

Wpływ na wartość drgań ma również sposób poruszania się użytkownika na wózku (jazda pasywna i aktywna). W większości przypadków zaobserwowano wzrost wartości skutecznej przyspieszenia drgań wraz ze zmianą pozycji z pasywnej na aktywną, a więc wraz ze zmianą położenia środka ciężkości. Tylko dla przejazdu po kostce brukowej tendencja jest odwrotna. Nasuwa to spostrzeżenie, iż w przypadku poruszania się po „trudnych” nawierzchniach (tzn. wszędzie tam, gdzie powierzchniach jest bardzo nierówna, gdzie np. występują duże odległości pomiędzy elementami tworzącymi nawierzchnię w porównaniu ze średnicą koła wózka) korzystniejszy jest samodzielny sposób poruszania się osoby na wózku.

Duży wpływ na absorbowanie drgań mechanicznych ma konstrukcja ramy wózka. W kolejnych badaniach należałoby uwzględnić ilościowy wpływ typu wózka (uniwersalny, aktywny, elektryczny) oraz materiału, z którego została wykonana rama na wartość drgań mechanicznych.

THE INFLUENCE OF THE ROAD PAVEMENT TYPE AND USER'S GRAVITY CENTER ON THE WHEELCHAIR DRIVING COMFORT

Abstract: This study examined the effect of changes the centre of gravity and road surface types on using of a wheelchair. Users comfort, while using wheelchair, was specified during vibration measurement tests. The vibration was measured in each of three axes. For the purpose of this thesis the universal folding wheelchair Budget 9.050 of Meyra company was used. The measurements were performed on 13 different surfaces. Each test was executed twice for two different positions of wheelchair's user. In the first test, user was sitting on a wheelchair and was pushed by the operator. In the second attempt, user was driving wheelchair by himself.

LITERATURA

- [1] Sydor M., Wybór i eksploatacja wózka inwalidzkiego, Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, Poznań, 2003.
- [2] Tejszerska D., Głogowski B., Guzik-Kopyto A., Projekt sportowego wózka inwalidzkiego, Aktualne Problemy Biomechaniki, nr 4/2010, s.219-224.
- [3] Sydor M., Zabłocki M., Wybrane problemy doboru i konfiguracji wózka inwalidzkiego z napędem ręcznym, Fizjoterapia Polska, 2006; vol. 2, s.172-177.
- [4] Engel Z, Ochrona środowiska przed drganiem i hałasem, Wydawnictwo Naukowe PWN, wydanie drugie poprawione i uaktualnione, Warszawa, 2001.
- [5] Morioka M., Griffin M.J., Absolute thresholds for the perception of fore-and-aft, lateral, and vertical vibration at the hand, the seat, and the foot, Journal of Sound and Vibration, 2008, vol. 314, p. 357-370, doi:10.1016/j.jsv.2007.12.036.
- [6] PN-N-18002, System zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego, 2011.
- [7] ISO 2631-1: Mechanical vibration and shock—evaluation of human exposure to whole-body vibration—Part 1: General Requirements. International Organization for Standardization, 1997, Geneva.
- [8] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2014 poz. 817).