

PROJEKT URZĄDZENIA BIOMECHANICZNEGO

Projekt Pionizatora Inwalidzkiego Dla Osoby Niepełnosprawnej Z Funkcją Jazdy



Małgorzata Wrona 261087

Patryk Olearczyk 261089

Spis treści

1. Wstęp	2
2. Założenia konstrukcyjne	2
3. Analiza istniejących konstrukcji	2
3.1. Siłowniki	2
3.2. Koła	3
3.3. Silnik	3
3.4. Akumulator	4
4. Tablice morfologiczne	5
5. Obliczenia Ramy	7
5.1. Dobór silnika	7
5.2. Dobór akumulatora	8
5.3. Rama	8
5.3.1. Obliczenia ramy	8
5.3.2. Dobór przekroju ramy	12
5.4. Obliczenia spoin	12
5.5. Wał pod koło napędowe	13
6. Obliczenia wytrzymałościowe sworznia pod siłownik	13
7. Obliczenia wytrzymałościowe podnóżka	13
8. Analiza numeryczna ramy	14
9. Dobór komponentów	16
9.1. Dobór kół	16
9.1.1. Koła tylne	16
9.1.2. Koła napędowe	17
9.2. Dobór siedziska	17
9.3. Dobór poduszki	18
9.4. Dobór podłokietników	18
9.5. Dobór zagłówka	19
9.6. Dobór kamizelki stabilizującej	19
9.7. Dobór pasa stabilizującego	20
9.8. Dobór hamulca	20
9.9. Dobór siłowników	21
9.10. Dobór amortyzatorów	21
10. Źródła:	22

1. Wstęp

Pionizator inwalidzki to urządzenie wielofunkcyjne, którego przeznaczeniem jest wspomaganie uzyskania pozycji wyprostowanej i rehabilitacja osób z paraplegią, czyli niedowładem lub inną dysfunkcją kończyn dolnych nie pozwalającą na ich normalne funkcjonowanie. Paraplegia, zwana również paraparezą, jest chorobą, która bardzo rzadko jest możliwa do wyleczenia.

Dodatkowym celem pionizatora jest pomoc użytkownikom w codziennych działaniach, które są znacznie utrudnione dla osób niepełnosprawnych. Pionizator eliminuje wysiłek fizyczny, który byłby wymagany od osoby pomagającej, a często całkowicie pozbywa się potrzeby pomocy osób trzecich.

Celem projektu jest zaprojektowanie pionizatora inwalidzkiego, który umożliwi usamodzielnienie się osoby niepełnosprawnej i ułatwienie czynności codziennych.

2. Założenia konstrukcyjne

Zamysłem projektu jest stworzenie pionizatora przeznaczonego przede wszystkim do pomieszczeń zamkniętych, dlatego też jego rozmiary powinny być do tego przystosowane. Urządzenie to powinno mieć wysokość i szerokość, która pozwoli na swobodny przejazd przez drzwi i wąskie przestrzenie. Dodatkowym problemem mogą być progi, które osoba niepełnosprawna musi być w stanie pokonać samodzielnie. W tym celu koniecznym jest montaż kół o odpowiednio dużej średnicy. Koła te powinny być również zwrotne i pozwalać na przemieszczanie się na małych przestrzeniach.

Ideą projektu będzie stworzenie pionizatora, który pozwala na zmianę pionizatora w wózek inwalidzki za pomocą automatycznego układu sterowania. Automatyzacja urządzenia wiąże się z możliwością awarii, dlatego ważny jest hamulec ręczny zapewniający dodatkowe bezpieczeństwo.

Użytkownik pionizatora powinien być zabezpieczany za pomocą pasów bezpieczeństwa. Komfort pacjenta może być również zapewniony umożliwiające regulację poszczególnych elementów pionizatora, jednocześnie zwiększając jego uniwersalność.

Wiedząc, że pacjent będzie spędzać na urządzeniu większość dnia powinno się zapewnić mu wygodę np. za pomocą materacy dynamicznych, które dodatkowo wyeliminują odleżyny. Urządzenie powinno pozwalać pacjentowi na samodzielne wstawanie i ułatwić pomoc użytkownikowi osobom trzecim.

3. Analiza istniejących konstrukcji

W celu optymalizacji parametrów projektowanego pionizatora zebrano informacje dotyczące istniejących na rynku rozwiązań poszczególnych elementów.

3.1. Siłowniki

I. Siłownik elektryczny:

Siłowniki elektryczne są najmniej skomplikowane i przy okazji bardzo proste w utrzymaniu. Jego koszt eksploatacji i utrzymania jest niższy w porównaniu do innych typów. Ten typ siłownika jest uniwersalny i bardzo często może zastąpić inne typy. Praca siłownika jest płynna i bezpieczna, a jego konstrukcja trwała i niezawodna. Wadą jest jednak ich podatność na czynniki zewnętrzne (wilgotność, temperatura).

II. Siłownik pneumatyczny:

Siłowniki pneumatyczne są powszechnie stosowane we wszystkich maszynach wprawianych w ruch, a przede wszystkim tam, gdzie niemożliwe jest użycie silników elektrycznych. Ich dużą zaletą jest duża i łatwa dostępność sprężonego powietrza. Są one odporne na skrajne temperatury i wytrzymują podczas pracy w trudnych warunkach. Ich wadą jest fakt, że do ich wykorzystywania konieczny jest montaż zbiornika na sprężone powietrze, co zwiększa masę konstrukcji oraz zajmuje przestrzeń.

III. Siłownik hydrauliczny:

Siłowniki hydrauliczne wymagają regularnego sprawdzania i wymieniania płynu. Ich zaletą jest możliwość generowania bardzo dużych sił, co jest szczególnie przydatne w przemyśle ciężkim. Podobnie jak przy siłowniku pneumatycznym, siłowniki hydrauliczne wymagają zbiornika na ciecz. Ich konstrukcja jest bardzo prosta, niezawodna i pozwala na pewny, płynny ruch. Ich wadą może być duża podatność na zanieczyszczenia.

3.2. Koła

I. Koła pompowane:

Koła pompowane charakteryzują się bardzo dobrym tłumieniem wstrząsów, estetycznym wyglądem, dużą przyczepnością i dobrą amortyzacją. Wózki z kołami pompowanymi mają zapewnioną dużą elastyczność i płynną jazdę. Istnieje jednak ryzyko przebicia opony lub innych uszkodzeń mechanicznych. Wymagają one ciągłej konieczności kontrolowania poziomu powietrza, które może wyciekać w przypadku uszkodzenia dętki. W porównaniu do kół piankowych są one cięższe.

II. Koła piankowe:

Wykonane z pianki kauczukowej, koła piankowe charakteryzują się małym ciężarem i niedużym rozmiarem. Ich przewagą jest brak możliwości przebicia koła i brak możliwości utraty objętości w trakcie jazdy. Są one jednak podatne na uszkodzenia mechaniczne, których wystąpienie nieuniknienie wiąże się z koniecznością ich wymiany.

III. Koła żelowe:

Koła żelowe to kompromis między kołami pianowymi i pompowanymi. Podobnie jak w kołach pompowanych otrzymujemy dobrą amortyzację i płynną jazdę. Są one jednak odporne na przebicia i uszkodzenia mechaniczne oraz nie wymagają regularnych kontroli. Ich wadą jest jednak wyższa od pozostałych kół cena oraz mała dostępność.

3.3. Silnik

W projekcie zdecydowano się użyć napędu elektrycznego.

I. Silniki szczotkowe:

Silniki szczotkowe są tanią opcją, która gwarantuje niezawodność w trudnych warunkach przy długiej żywotności. Dodatkowymi atutami jest prosta metoda sterowania oraz prostota układu sterującego. Do wad silników szczotkowych można zaliczyć konieczność częstych przeglądów, słabe oddawanie ciepła do otoczenia, spadek momentu obrotowego przy zwiększanej prędkości, niski zakres prędkości obrotowych.

II. Silniki bezszczotkowe:

Silniki bezszczotkowe są niezawodne i pozwalają na bardzo dużą precyzję w ruchu i pozycjonowaniu. W porównaniu do silników szczotkowych oddawanie ciepła przebiega bez problemu. Praca silnika jest cicha, płynna i nie wymaga częstych przeglądów. Dodatkowo silniki bezszczotkowe pozwalają na uzyskanie stałego momentu obrotowego przy różnych prędkościach obrotowych. Pomimo niedużych rozmiarów silniki te gwarantują duży zakres prędkości obrotowych. Wadą tych silników jest wysoki koszt produkcji zarówno silnika, jak i sterownika, który jest wymagany do prawidłowej pracy silnika. Nie są odporne na temperaturę.

3.4. Akumulator

a) Typy akumulatora:

I. Akumulator kwasowo-ołowiowe:

Zalety:

- niska cena
- wysoka trwałość
- duża odporność na głębokie rozładowanie
- naładowanie pustego akumulatora przywraca pierwotne parametry

Wady:

- przechowywanie w stanie rozładowanym prowadzi do zakwaszenia - zmniejszenie trwałości i innych parametrów
- konieczność regularnej kontroli poziomu elektrolitu

II. Akumulator litowo-jonowy:

Zalety:

- Duża pojemność przy niewielkim rozmiarze
- mała waga
- duża gęstość energii
- może być doładowywany w dowolnym momencie
- do 3000 cykli żywotności
- bardzo szybkie ładowanie

Wady:

- przeładowanie i głębokie rozładowanie powodują uszkodzenia
- drogie
- dedykowane ładowarki

b) typ elektrolitu:

I. żelowy:

Zalety:

- zminimalizowanie ryzyka rozlania elektrolity
- dowolne ustawienie pozycji
- odporne na wstrząsy i uderzenia
- niskie samorozładowanie
- odporne na głębokie rozładowanie

- zastosowanie w codziennej pracy cyklicznej

Wady:

- wymagają kontroli podczas ładowania, żeby zachować ich żywotność i właściwości
- niskie temperatury wpływają negatywnie na proces dostarczania prądu przy niskiej mocy
- nie mogą pracować przy dużych prądach

II. AGM:

Zalety:

- nie wymagają ciągłej konserwacji
- praca w różnych pozycjach
- nieczułe na niskie temperatury
- odporne na wstrząsy i wibracje
- długi czas pracy
- wysoka wydajność prądowa przy rozładowaniach dużymi prądami w krótkim czasie

Wady:

- Wymagają dużo uwagi podczas ładowania do zachowania ich właściwości
- wrażliwe na głębokie rozładowania, które obniżają ich sprawność

4. Tablice morfologiczne

Tab. 4.1. Tablica morfologiczna – silnik.

	SZCZOTOWY	BEZSZCZOTOWY
Cena (0-1)	1	0
Żywotność (1-2)	1	2
Dokładność sterowania (1-2)	1	2
Częstość przeglądów (0-1)	0	1
Niezawodność (1-2)	1	2
SUMA	4	7

Tab. 4.2. Tablica morfologiczna – akumulator.

	KWASOWO-OŁOWIOWE	LITOWO-JONOWE
Cena (0-1)	1	0
Pojemność (1-2)	1	2
Odporność na rozładowanie (0-2)	2	0
Szybkość ładowania (1-2)	1	2
Przeglądy (0-1)	0	1
Cykl pracy (0-1)	0	1
SUMA	5	6

Tab. 4.3. Tablica morfologiczna – amortyzator.

	PNEUMATYCZNY	SPRĘŻYNOWY
Masa (0-1)	1	0
Regulacja (1-2)	2	1
Czułość pracy (1-2)	1	2
Prostota konstrukcji (0-1)	0	1
Cena (0-1)	0	1
SUMA	4	5

Tab. 4.4. Tablica morfologiczna – hamulec.

	TARCZOWY	ELEKTROMAGNETYCZNY
Skuteczność hamowania (1-2)	1	2
Trwałość (1-2)	1	2
Cena (0-1)	1	0
Konserwacja (0-1)	0	1
Bezpieczeństwo (1-2)	2	1
SUMA	5	6

Tab. 4.5. Tablica morfologiczna – materiał ramy.

	STAL	ALUMINIUM
Cena (1-3)	3	2
Wytrzymałość (1-3)	2	1
Tłumienie drgań (1-3)	2	1
Masa (1-3)	1	2
Dostępność (1-2)	2	2
SUMA	10	8

Tab. 4.6. Tablica morfologiczna – koła.

	POMPOWANE	PIANKOWE	ŻELOWE
Tłumienie wstrząsów	2	1	2
Ciężar	1	2	1
Odporność na przebicie	1	2	2
Podatność na uszkodzenia	1	2	2
Konieczność kontroli powietrza	1	2	2
Cena	2	2	1
SUMA	8	11	10

Wybrano silnik Serwomotor 1,5kW Servotronic MT-B13152C2NTAD, który posiada moment obrotowy równy 4,78 Nm. [21]

$$M = 4,78 \text{ Nm}$$

$$M \geq F_c \cdot r = 15,6 \cdot 190 \cdot 10^{-3} = 2,96 \text{ Nm}$$

Warunek spełniony.

5.2. Dobór akumulatora

Dobrano akumulator żelowy KM Battery EV zalecany do pojazdów elektrycznych. Posiada on pojemność 110 Ah oraz napięcie 12 V. Jest on odporny na niskie temperatury, nie wydzielając oparów oraz charakteryzuje się powolnym procesem samorozładowania, co jest niezbędną cechą w przypadku produktów, tj. pionizatory inwalidzkie z funkcją jazdy. [20]

5.3. Rama

Konstrukcja ramy jest obciążona przez siłę nacisku pochodzącą od skrzyni z silnikami i akumulatorami oraz siłą nacisku pochodzącą od masy użytkownika oraz masy konstrukcji. Wyznaczono zatem dwie siły obciążające:

$$F = 784,8 \text{ N}$$

I) Skrzynia z akumulatorami oraz silnikami:

$$m_s = 80 \text{ [kg]}$$

$$m_c = 235 \text{ [kg]}$$

$$m_s = 80 \text{ [kg]}$$

$$F = m_s \cdot g = 80 \text{ [kg]} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 784,8 \text{ [N]}$$

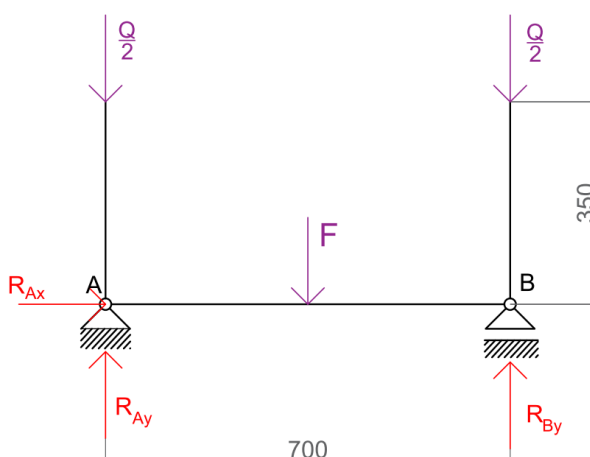
II) Użytkownik oraz pozostałe komponenty:

$$m_c = 235 \text{ [kg]}$$

$$Q = m_s \cdot g = 235 \text{ [kg]} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2305,35 \text{ [N]}$$

$$Q = 2305,35 \text{ N}$$

5.3.1. Obliczenia ramy



Rys 4.2.1. schemat obciążeń działających na ramę na rzucie od boku.

$$\begin{cases} \Sigma F_x = R_{Ax} = 0 \\ \Sigma F_y = R_{Ay} + R_{By} - F - 2 \cdot \frac{Q}{2} = R_{Ay} + R_{By} - F - Q = 0 \\ \Sigma M_A = F \cdot 350 - R_{By} \cdot 700 + \frac{Q}{2} \cdot 700 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} R_{Ax} &= 0 \text{ N} \\ R_{By} &= 1545,075 \text{ N} \\ R_{Ay} &= 1545,075 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} R_{Ax} = 0 \text{ N} \\ R_{By} = \frac{F \cdot 350 + Q \cdot 700}{700} = \frac{784,8 \cdot 350 + 2305,35 \cdot 350}{700} = 1545,075 \text{ N} \\ R_{Ay} = F + Q - R_{By} = 784,8 + 2305,35 - 1545,075 = 1545,075 \text{ N} \end{cases}$$

Przedział I: $x_1 \in (0; 350)$

$$\begin{aligned} Mg(x_1) &= -\frac{Q}{2} \cdot x_1 + R_{Ay} \cdot x_1 \\ Mg(0) &= -\frac{2305,35}{2} \cdot 0 + 1545,075 \cdot 0 = 0 \text{ [Nm]} \\ Mg(350) &= -\frac{2305,35}{2} \cdot 350 + 1545,075 \cdot 350 = 137,34 \text{ [Nm]} \\ N(x_1) &= R_{Ax} = 0 \text{ [N]} \\ N(0) &= N(350) = R_{Ax} = 0 \text{ [N]} \end{aligned}$$

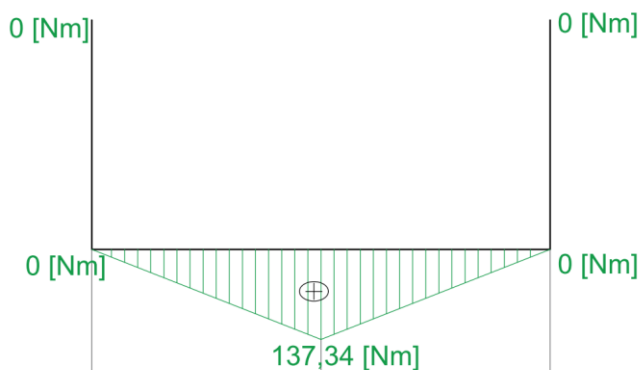
Przedział II: $x_2 \in (350; 700)$

$$\begin{aligned} Mg(x_2) &= -\frac{Q}{2} \cdot x_2 + R_{Ay} \cdot x_2 - F \cdot (x_2 - 350) \\ Mg(350) &= -\frac{2305,35}{2} \cdot 350 + 1545,075 \cdot 350 - 784,8 \cdot (350 - 350) = 137,34 \text{ [Nm]} \\ Mg(700) &= -\frac{2305,35}{2} \cdot 700 + 1545,075 \cdot 700 - 784,8 \cdot (700 - 350) = 0 \text{ [Nm]} \\ N(x_1) &= R_{Ax} = 0 \text{ [N]} \\ N(350) &= N(700) = R_{Ax} = 0 \text{ [N]} \end{aligned}$$

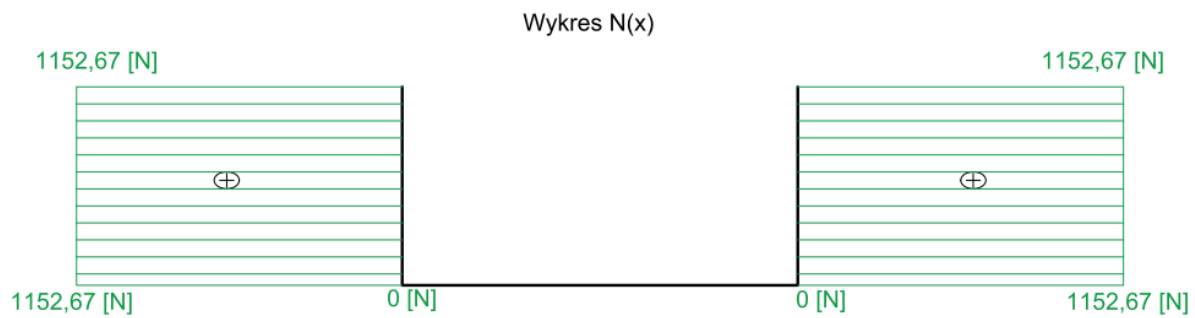
Przedział III: $x_3 \in (0; 350)$ = Przedział IV: $x_4 \in (0; 350)$

$$\begin{aligned} Mg(x_3) &= Mg(x_4) = 0 \text{ [Nm]} \\ N(x_3) &= N(x_4) = \frac{Q}{2} = 1152,67 \text{ [N]} \end{aligned}$$

Wykres $Mg(x)$

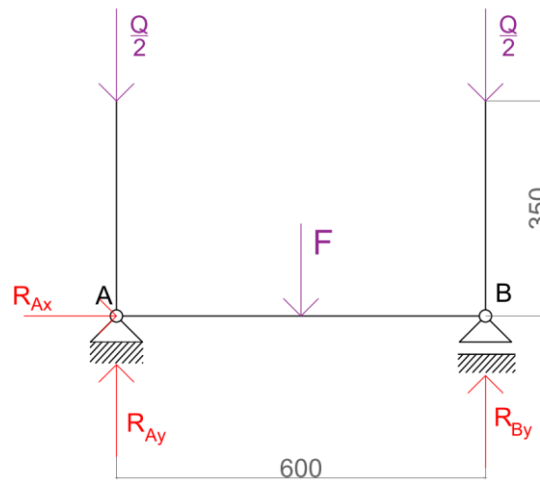


Rys 4.2.2. Wykres momentów gnących na liczonej ramie.



Rys 4.2.3. Wykres sił normalnych na liczonej ramie.

Rama 2:



Rys 4.2.4. Schemat obciążeń na liczonej ramie na rzucie z przodu.

$$\begin{cases} \Sigma F_x = R_{Ax} = 0 \\ \Sigma F_y = R_{Ay} + R_{By} - F - 2 \cdot \frac{Q}{2} = R_{Ay} + R_{By} - F - Q = 0 \\ \Sigma M_A = F \cdot 300 - R_{By} \cdot 600 + \frac{Q}{2} \cdot 600 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} R_{Ax} &= 0 \text{ N} \\ R_{By} &= 1545,075 \text{ N} \\ R_{Ay} &= 1545,075 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} R_{Ax} = 0 \\ R_{By} = \frac{F \cdot 300 + Q \cdot 300}{600} = \frac{784,8 \cdot 300 + 2305,35 \cdot 300}{600} = 1545,075 \text{ [N]} \\ R_{Ay} = F + Q - R_{By} = 784,8 + 2305,35 - 1545,075 = 1545,075 \text{ [N]} \end{cases}$$

Przedział I: $x_1 \in [0; 300)$

$$\begin{aligned} Mg(x_1) &= -\frac{Q}{2} \cdot x_1 + R_{Ay} \cdot x_1 \\ Mg(0) &= -\frac{2305,35}{2} \cdot 0 + 1545,075 \cdot 0 = 0 \text{ [Nm]} \\ Mg(300) &= -\frac{2305,35}{2} \cdot 300 + 1545,075 \cdot 300 = 117,72 \text{ [Nm]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N(x_1) &= R_{Ax} = 0 \text{ [N]} \\ N(0) &= N(300) = R_{Ax} = 0 \text{ [N]} \end{aligned}$$

Przedział II: $x_2 \in < 300; 600)$

$$Mg(x_2) = -\frac{Q}{2} \cdot x_2 + R_{Ay} \cdot x_2 - F \cdot (x_2 - 300)$$

$$Mg(300) = -\frac{2305,35}{2} \cdot 300 + 1545,075 \cdot 300 - 784,8 \cdot (300 - 300) = 117,72 \text{ [Nm]}$$

$$Mg(600) = -\frac{2305,35}{2} \cdot 600 + 1545,075 \cdot 600 - 784,8 \cdot (600 - 300) = 0 \text{ [Nm]}$$

$$N(x_1) = R_{Ax} = 0 \text{ [N]}$$

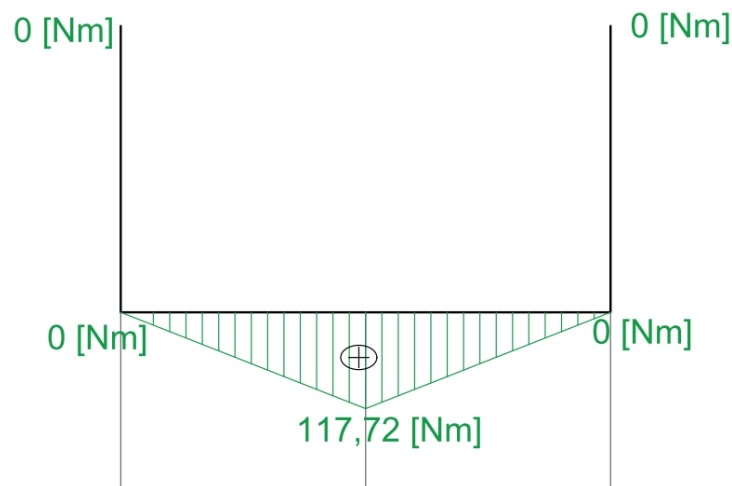
$$T(300) = T(600) = R_{Ax} = 0 \text{ [N]}$$

Przedział III: $x_3 \in < 0; 350)$ = Przedział IV: $x_4 \in < 0; 350)$

$$Mg(x_3) = Mg(x_4) = 0 \text{ [Nm]}$$

$$N(x_3) = N(x_4) = \frac{Q}{2} = 1152,67 \text{ [Nm]}$$

Wykres Mg(x)



Rys 4.2.5. Wykres momentów gnących na ramie.

Wykres N(x)



Rys.4.2.6. Wykres sił normalnych na ramie.

$D = 42 \text{ [mm]}$

$$M_{g \max} = 137,34 \text{ [Nm]}$$

$$k_g = 0,65 \cdot 235 = 152,75 \text{ [MPa]}$$

5.3.2. Dobór przekroju ramy

Do ramy wybrano profile okrągłe wykonane ze stali 235S. W celu sprawdzenia wytrzymałości przyjęto $D=42 \text{ mm}$.

Warunek wytrzymałościowy na zginanie:

$$\sigma_g = \frac{M_{g \max}}{W_x} \leq k_g$$

$$W_x = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}$$

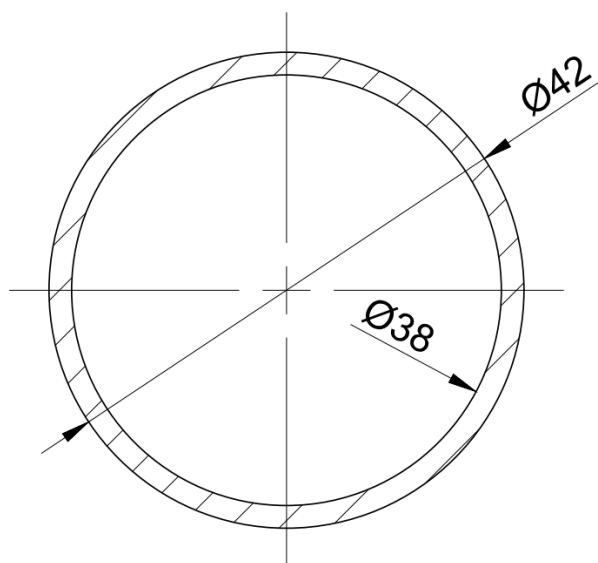
$$W_x \geq \frac{M_{g \max}}{k_g}$$

$$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} \geq \frac{M_{g \max}}{k_g} \rightarrow d^4 \leq D^4 - \frac{32D \cdot k_g}{M_{g \max} \cdot \pi}$$

$$d^4 \leq 42^4 - \frac{32 \cdot 42 \cdot 152,75}{137,34 \cdot \pi}$$

$$d \leq 40,32 \text{ mm}$$

Minimalna grubość ścianki rury powinna wynosić 1 mm. Nie istnieją jednak profile o takiej grubości ścianki, dlatego jako grubość ścianki przyjęto $g = 2 \text{ mm}$.



Rys. 4.2.7. Schemat dobranego przekroju poprzecznego.

5.4. Obliczenia spoin

Na obliczanej ramie zastosowano połączenia spawane. W programie inventor stworzono model ramy, z którego odczytano, że długość spoiny musi wynosić 162 mm. Obliczamy wymaganą grubość spoiny:

$$g \geq \frac{P}{1,4 \cdot l \cdot x' \cdot k_t}$$

gdzie:

P – siła rozciągająca połączenie [N],

g – grubość spoiny [m],

x' – współczynnik statycznej wytrzymałości spoiny [-],

k_t – naprężenia dopuszczalne materiału elementów łączonych [Pa],

a – wymiar spoiny w [m]; $a=0,7g$,

l – obliczana długość spoiny [m].

$$d \leq 40,32 \text{ mm}$$

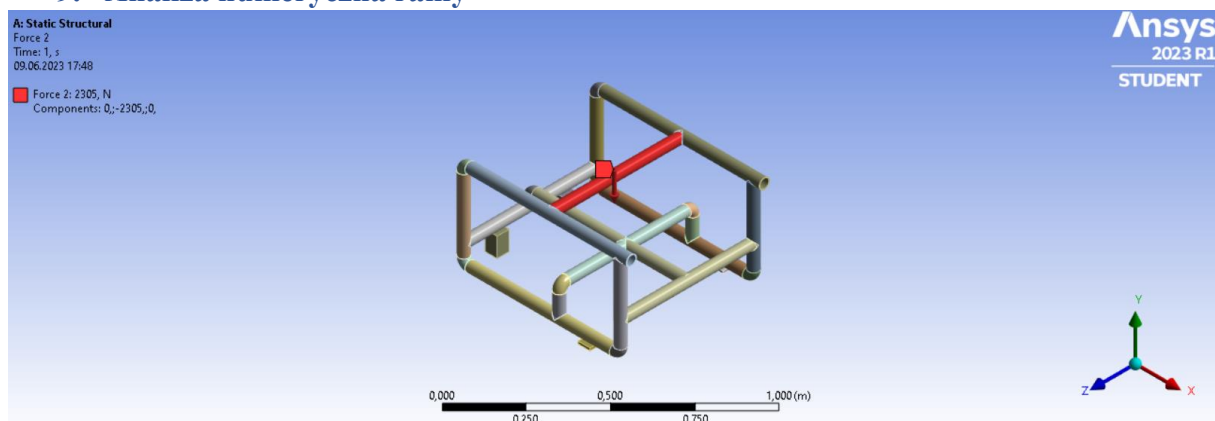
$$g = 2 \text{ mm}$$

$$g = 2 \text{ mm}$$

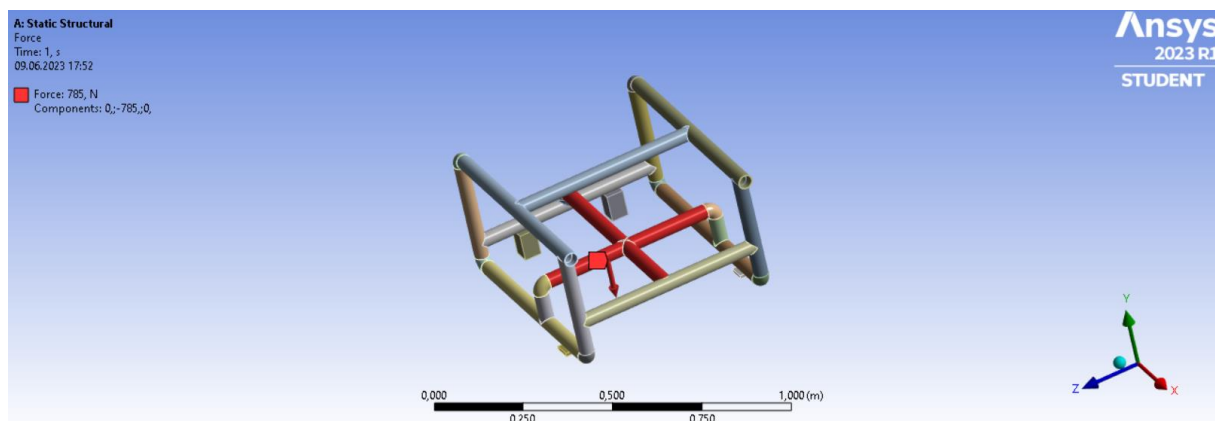
<p> $P = 2305,35 \text{ N}$ $l = 160 \text{ mm}$ $x' = 0,8$ $k_t = 137,4 \text{ MPa}$ </p> <p> $M = 4,78 \text{ Nm}$ $d = 20 \text{ mm}$ </p>	<div data-bbox="555 219 1038 297" data-label="Equation-Block"> $g \geq \frac{2305,35}{1,4 \cdot 160 \cdot 0,8 \cdot 137,4} = 0,1 \text{ mm}$ </div> <div data-bbox="204 331 1104 365" data-label="Text"> <p>Minimalna grubość spoiny powinna wynosić 0,1 mm. Wybrano $g = 0,5 \text{ mm}$.</p> </div> <div data-bbox="252 405 659 439" data-label="Section-Header"> <h3>5.5. Wał pod koło napędowe</h3> </div> <div data-bbox="204 443 1220 477" data-label="Text"> <p>Moment silnika jest równy 4,78 Nm. Wymagana średnica wału jest równa $d = 20 \text{ mm}$.</p> </div> <div data-bbox="740 477 853 546" data-label="Equation-Block"> $k_s \geq \frac{M}{W_0}$ </div> <div data-bbox="584 577 1010 678" data-label="Equation-Block"> $k_s \geq \frac{M}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{14,35}{\frac{\pi \cdot 20^3}{16}} = 9,1 \text{ MPa}$ </div> <div data-bbox="204 712 1391 779" data-label="Text"> <p>Wytrzymałość na skręcanie musi być większa niż 3,1 MPa. Oznacza to, że większość rodzajów stali wytrzyma takie obciążenie.</p> </div> <div data-bbox="252 813 1021 846" data-label="Section-Header"> <h3>6. Obliczenia wytrzymałościowe sworznia pod siłownik</h3> </div> <div data-bbox="204 851 1123 884" data-label="Text"> <p>Wyznaczenie średnicy sworznia z warunku wytrzymałościowego na zginanie:</p> </div> <div data-bbox="443 884 1150 985" data-label="Equation-Block"> $\sigma_g = \frac{M_g}{W_x} \leq k_g \rightarrow d \geq \sqrt{\frac{0,37 \cdot F}{0,1 \cdot k_g}} = \sqrt{\frac{0,37 \cdot 2500}{0,1 \cdot 190}} = 7 \text{ mm}$ </div> <div data-bbox="204 990 1284 1057" data-label="Text"> <p>Przyjęto średnicę sworznia $d = 14 \text{ mm}$ w celu uzyskania wystarczającej długości sworznia (potrzebna długość to $L = 22 \text{ mm}$).</p> </div> <div data-bbox="252 1090 849 1124" data-label="Section-Header"> <h3>7. Obliczenia wytrzymałościowe podnóżka</h3> </div> <div data-bbox="600 1124 994 1225" data-label="Equation-Block"> $k \geq \frac{F}{A} = \frac{2000}{5 \cdot 35} = 11,42 \text{ MPa}$ $k = 0,4 \cdot 235 = 94 \text{ MPa}$ </div> <div data-bbox="576 1312 1013 1644" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="646 1680 948 1706" data-label="Caption"> <p>Rysunek 7.1. Dobrany przekrój.</p> </div> <div data-bbox="204 1733 1074 1767" data-label="Text"> <p>Wyznaczenie wskaźnika wytrzymałości na zginanie wybranego przekroju.</p> </div> <div data-bbox="539 1767 1054 2013" data-label="Equation-Block"> $W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{42 \cdot 32^2}{6} = 7168 \text{ mm}^3$ $W_x = \frac{10 \cdot 7^2}{6} = 82 \text{ mm}^3$ $W_x = \frac{5 \cdot 5^2}{6} = 21 \text{ mm}^3$ $W_x = 7168 - 2 \cdot 82 - 2 \cdot 21 = 6962 \text{ mm}^3$ </div>	<p>$g = 0,5 \text{ mm}$</p> <p>$d = 14 \text{ mm}$</p>
---	---	--

<p> $F = 120 \text{ N}$ $k_t = 48,5 \text{ MPa}$ $m = 1$ $n = 2$ </p> <p> $k_d = 1,77 \text{ mm}$ </p>	$k_g = 152,75 \text{ MPa}$ $k_g \geq \frac{1600 \cdot 450}{6962} = 103,5 \text{ MPa}$ <p>Warunek wytrzymałości na zginanie wybranego przekroju został spełniony.</p> <p>8. Obliczenia śruby mocującej do podłokietników</p> <p>1) Warunek wytrzymałościowy na ścinanie</p> $\tau_t = \frac{F}{A \cdot m \cdot n} \leq k_t$ <p>Z powyższych zależności uzyskano zależność pozwalającą wyznaczyć średnicę śruby.</p> $d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot m \cdot n \cdot k_t}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 120}{\pi \cdot 1 \cdot 2 \cdot 48,5}} = 1,26 \text{ mm}$ <p>gdzie:</p> <ul style="list-style-type: none"> – m – liczba przekrojów ścinanych w jednej śrubie, – n – liczba ścinanych śrub. <p>Dobrano śrubę M8</p> <p>$d = 8 \text{ mm} \rightarrow 8 \text{ mm} \geq 1,26 \text{ mm}$. Warunek został spełniony.</p> <p>2) Warunek wytrzymałościowy na naciski powierzchniowe</p> $p = \frac{F}{A} \leq k_d$ $d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot k_d}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 120}{\pi \cdot 48,5}} = 1,77 \text{ mm}$ <p>Czyli warunek został spełniony.</p>	<p>$d = 8 \text{ mm}$</p>
--	---	--------------------------------------

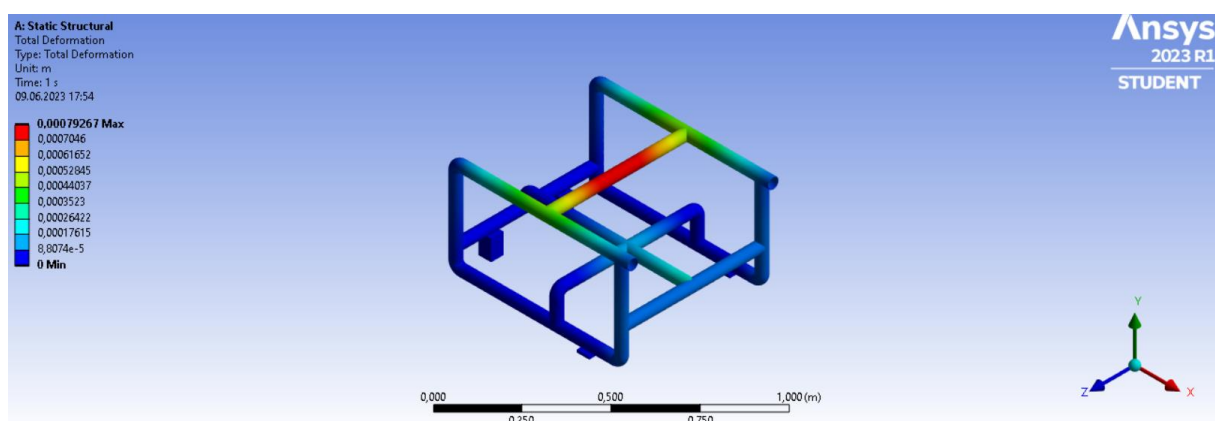
9. Analiza numeryczna ramy



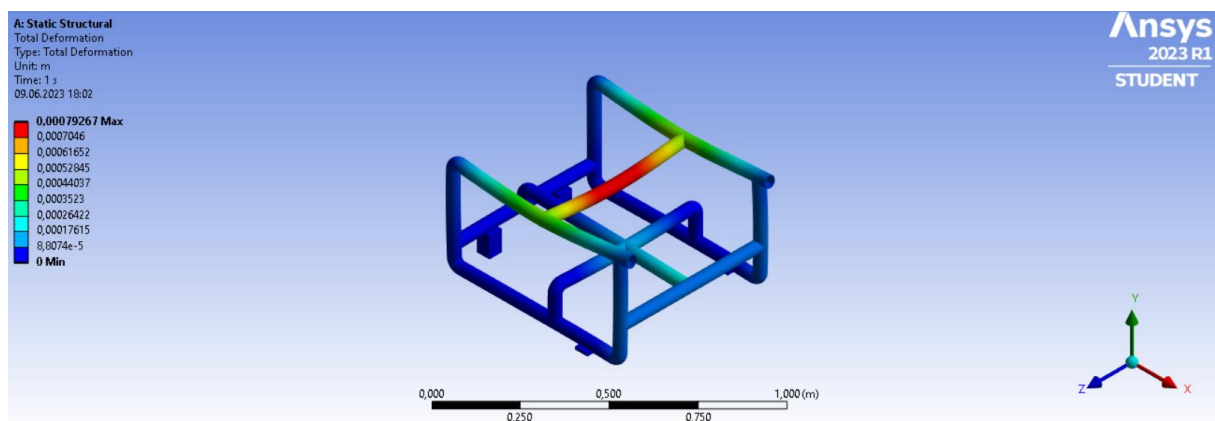
Rysunek 9.1. Miejsce przyłożenia siły pochodzącej od obciążenia przez użytkownika oraz dobrane komponenty.



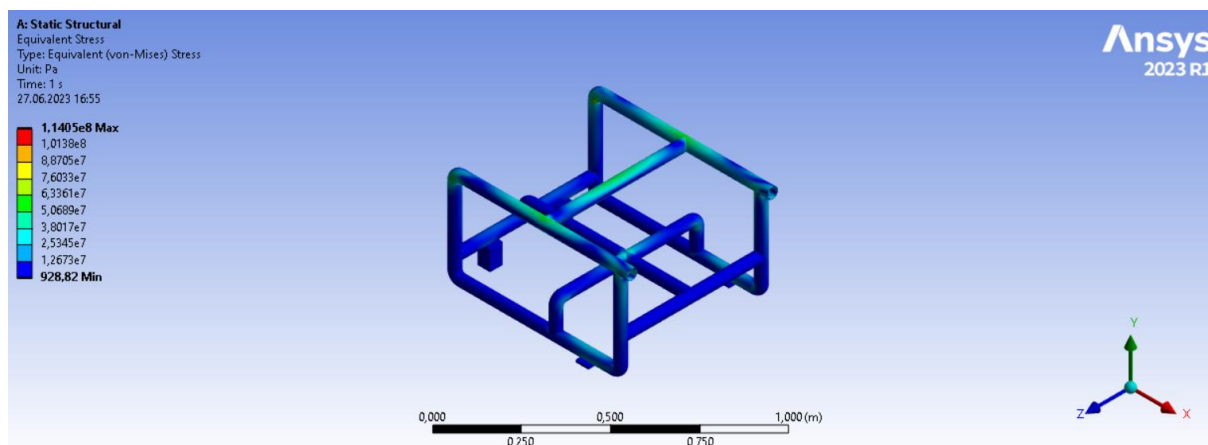
Rysunek 9.2. Miejsce przyłożenia siły pochodzącej od skrzyni z akumulatorami oraz silnikami.



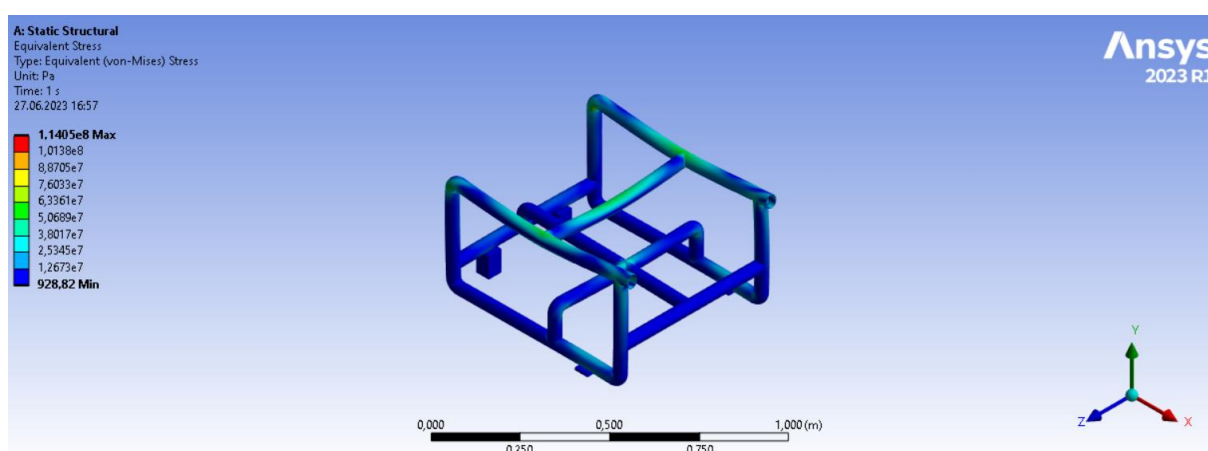
Rysunek 9.3. Odształcenia projektowanej ramy pod wpływem nałożonych obciążeń (skala autentyczna)



Rysunek 9.4. Możliwe odkształcenia projektowanej ramy (skala automatyczna)



Rysunek 9.5. Naprężenia zredukowane projektowanej ramy (skala autentyczna)



Rysunek 5. Naprężenia zredukowane projektowanej ramy (skala automatyczna)

Zaprojektowaną wstępną propozycję ramy, wykonaną w programie Inventor, poddano analizie numerycznej w programie ANSYS. Ramę obciążoną dwoma siłami: siłą pochodzącą od obciążenia przez użytkownika oraz dobranych komponentów (przyjęto siłę $F = 2305 \text{ N}$) oraz siłą pochodzącą od obciążenia przez skrzynię z akumulatorami oraz silnikami (przyjęto siłę $F = 785 \text{ N}$). Umieszczenie przyjętych sił pokazane jest odpowiednio na rysunku 7.1. oraz 7.2. Następnie przeprowadzono analizę występujących naprężeń, która jest pokazana na rysunku 7.3. Największe deformacje występują w miejscu największego obciążenia, czyli w miejscu obciążenia siłą pochodzącą od użytkownika oraz komponentów. Jednak nadal występujące deformacje są bardzo niewielkie – maksymalna deformacja to $7,93 \cdot 10^{-4} \text{ m}$. W celu lepszego zobrazowania przedstawiona przeskalowaną deformację ukazaną na rysunku 7.4. Podsumowując, ramę zaprojektowano poprawnie i będzie w stanie wytrzymać przenoszone obciążenia. Animacja przedstawiająca deformację ramy znajduje się pod linkiem: <https://youtu.be/hj8zzvOVK0Q>.

10. Dobór komponentów

10.1. Dobór kół

10.1.1. Koła tylne

Dobrano zestaw kół podwójnych wzmocnionych skrętnych o średnicy 50 mm. Koło jest wykonane z termoplastycznej gumy, polipropylenowej piasty oraz łożyska ślizgowego. Mocowanie odbywa się za pomocą tłoczonej blachy stalowej ocynkowanej, a w głowicy skrętnej znajduje się podwójne łożyskowanie kulkowe. [23]



Rysunek 6. Koła podwójne wzmocnione [23]

10.1.2. Koła napędowe

Dobrano koła pneumatyczne pompowane o średnicy 380 mm oraz średnicy otworu w piaście 20 mm. Szerokość piasty to 100 mm a szerokość bieżni 150 mm. Dopuszczalne obciążenie dobranego koła to 335 kg. [24]



Rysunek 7. Koło napędowe pneumatyczne [24]

10.2. Dobór siedziska

Dobrano poduszkę przeciwoleżynową ROHO HYBRID ELITE, która charakteryzuje się maksymalną ochroną skóry. Daje możliwość odpowiedniego ustawienia oraz stabilizacji miednicy, a dzięki neoprenowej wkładce ROHO można odpowiednio ustawić i ustabilizować rozkład nacisku na ciało pacjenta. Za pomocą odpowiedniego wyregulowania tej wkładki istnieje możliwość zminimalizowania ucisku tkanek i zapewnienia ich prawidłowego ukrwienia. Dzięki dwóm niezależnym strefom regulacji powietrza doskonale nadaje się dla osób o niesymetrycznej budowie ciała. [25]



Rysunek 8. Poduszka przeciwoleżynowa ROHO HYBRID ELITE [25]

10.3. Dobór poduszki

Dobrano poduszkę Icon Back System Mid dopasowaną specjalnie do projektowanego pionizatora. Poduszka podpira użytkownika pod łopatką, dzięki czemu podparcie nie przeszkadza w ruchach ramion. Tył posiada wzmocnioną poduszkę chroniącą użytkownika i zapewniają maksymalny komfort. Wyprofilowana pianka dopasowuje się do konturu muszli bez marszczenia. Pianka o zróżnicowanej sztywności jest najgrubsza wzdłuż kręgosłupa. Miękka pianka chroni wrażliwe obszary kręgosłupa, a twardsza pianka wspiera boki tułowia. Dwudrożny zawór powietrza umożliwia dopływ i wypływ powietrza z poduszki zapewniając indywidualne dopasowanie i regulowany komfort. [26]



Rysunek 9. Poduszka Icon Back System Mid [26]

10.4. Dobór podłokietników

W celu zapewnienia odpowiedniego podtrzymania rąk dobrano podłokietniki: podłokietnik lewy Grammer MSG20 oraz podłokietnik prawy Grammer MSG20. Długość każdego podłokietnika to 300 mm a szerokość to 54 mm. Wykonane zostały z materiału PVC. [27]



Rysunek 10. Podłokietnik Grammer MSG20 [27]

10.5. Dobór zagłówka

Dobrano regulowany zagłówek przeznaczony do wózka inwalidzkiego inSPORTline Hawkie. Mocowane jest do ramy fotela oraz zapewnia dodatkowe podparcie głowy. Charakteryzuje się prostym montażem oraz możliwością regulacji wysokości oraz regulacji kąta oparcia. [28]



Rysunek 11. Zagłówek inSPORTline Hawkie [28]

10.6. Dobór kamizelki stabilizującej

Dobrano kamizelkę stabilizującą tułów U74, która zapewnia wsparcie wzdłuż mostka oraz naturalne ustawienie tułowia nad miednicą i wyciągnięcie łopatek do przodu. Dzięki zastosowaniu takiej kamizelki możemy uzyskać poprawę zdolności oddechowej, a dla osób aktywnie zginających tułów możliwa jest większa swoboda ruchu przy zachowaniu prawidłowej stabilizacji oraz korygowaniu postawy. [29]



Rysunek 12. Kamizelka stabilizująca tułów U74 [29]

10.7. Dobór pasa stabilizującego

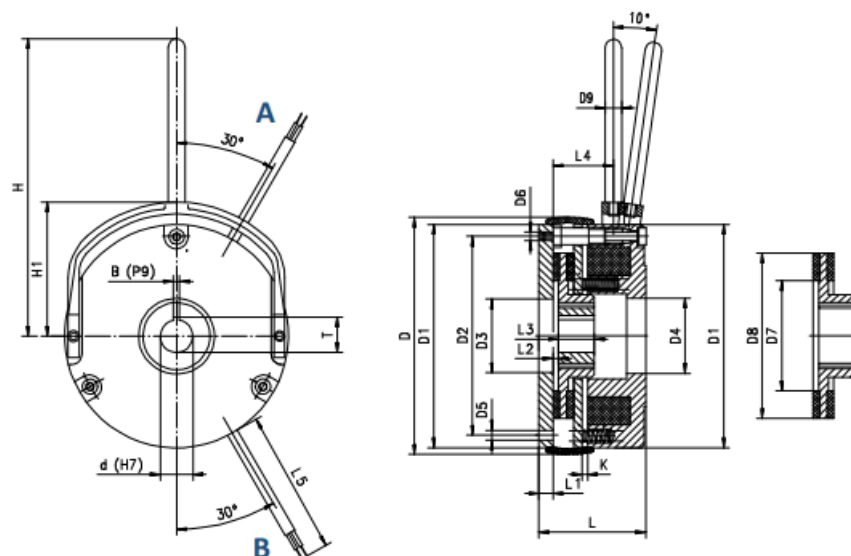
Dobrano pas biodrowo-udowy 4-punktowy U75 w celu zapewnienia prawidłowej postawy oraz uzyskania właściwego ułożenia miednicy. Zapobiega jej odchyleniu oraz skręceniu, które są główną przyczyną deformacji kręgosłupa. Zastosowanie takiego pasa zapewni odpowiednie bezpieczeństwo użytkownika pionizatora. [30]



Rysunek 13. Pas biodrowo-udowy 4-punktowy U75 [30]

10.8. Dobór hamulca

Dobrano elektromagnetyczny hamulec tarczowy prądu stałego włączany sprężynowo oraz luzowany elektromagnetycznie typu H2SP. Stosowany jest jako hamulec pozycjonujący i bezpieczeństwa. Charakteryzuje się prostą budową, możliwością zasilania ze źródła prądu przemiennego po dołączeniu układu prostującego. Odznacza się stabilną pracą oraz prostym i bezproblemowym montażem. [33]



Rysunek 14. Hamulec tarczowy [33]

10.9. Dobór siłowników

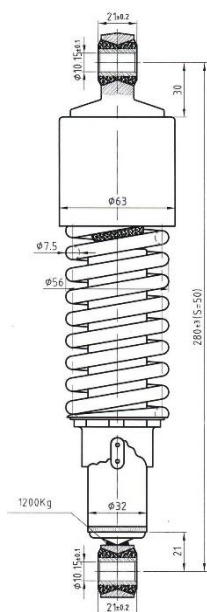
Dobrano siłownik liniowy LA20 o udźwigu 2500 N. Jest to siłownik głównie wykorzystywany w branży opieki medycznej ze względu na swoją elegancką konstrukcję oraz niewielkie wymiary w stosunku do maksymalnego udźwigu. Charakteryzuje się on wodoodpornością popartą atestami dla urządzeń do wymagających zastosowań medycznych. [31]



Rysunek 15. Siłownik liniowy LA20 [31]

10.10. Dobór amortyzatorów

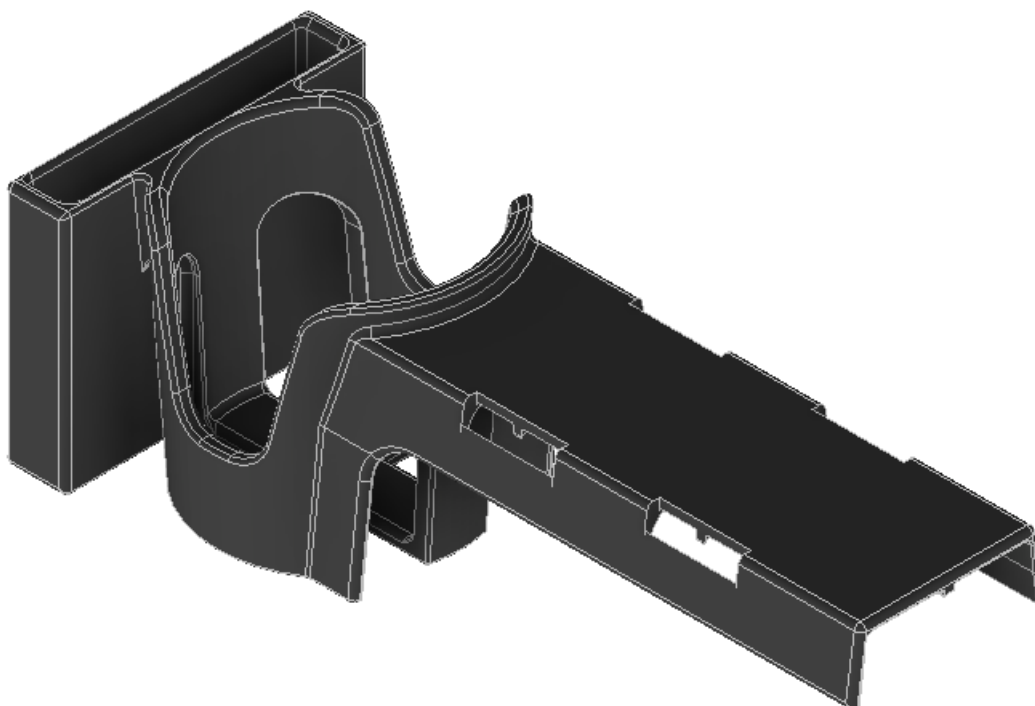
Dobrano amortyzator Detlev Louis. Jest to chromowany amortyzator z metalu o wartości ugięcia sprężyn 47 mm oraz długości całkowitej 280 mm. Posiada 5 stopni regulacji oraz zdejmowane tuleje mocujące (góra i dół) do trzpieni 10 lub 12 mm. [32]



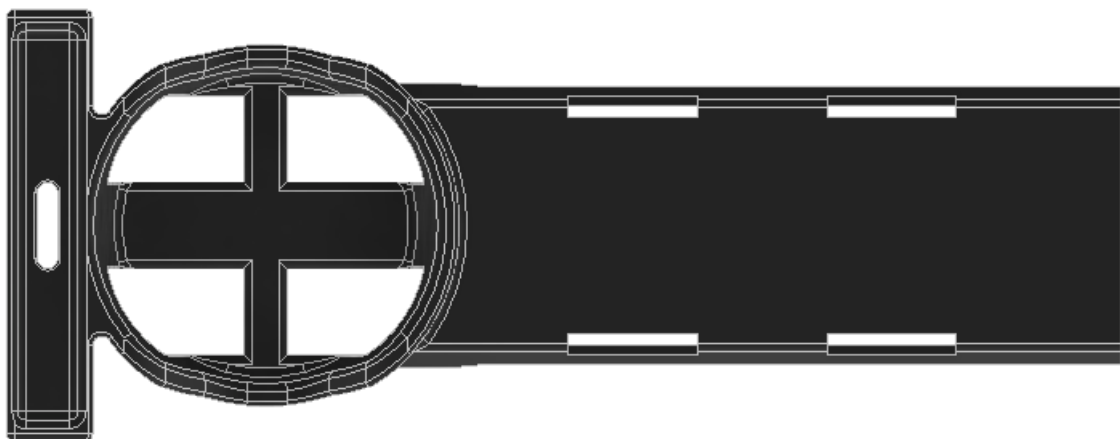
Rysunek 17. Amortyzator Detlev Louis [32]

11. Projekt uchwytu na kubek i telefon

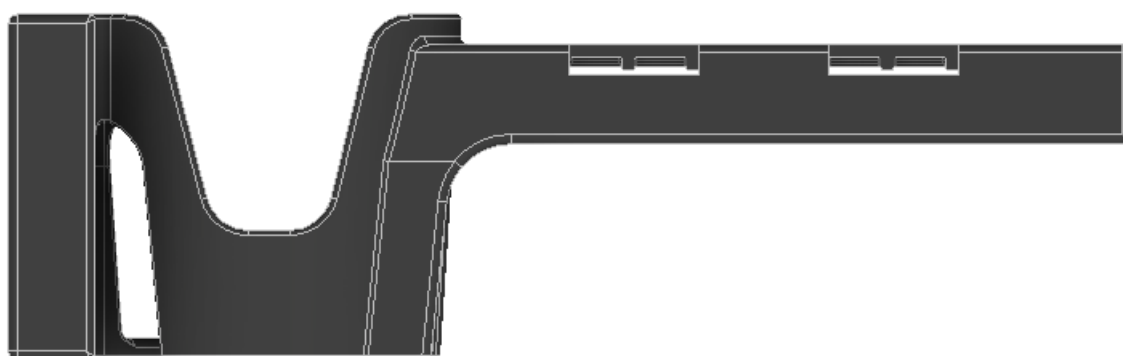
W programie Inventor wykonano projekt uchwytu na kubek i telefon. Uchwyt mocowany będzie na podłokietnik za pomocą specjalnych pasów.



Rysunek 17. Projekt uchwytu na kubek i telefon



Rysunek 18. Projekt uchwyty na kubek i telefon



Rysunek 19. Projekt uchwyty na kubek i telefon

12. Kosztorys

Lp.	Nazwa	Ilość [szt./kg]	Cena jednostkowa [zł]	Wartość [zł]
1	Silnik Servotronik MT-B13152C2NTAD	2	1806,00	3612,00
2	Akumulator KM Battery EV 110 Ah	2	1149,00	2298,00
3	Zestaw podwójne koło skrętne	2	17,35	34,70
4	Koło Pneumatyczne 380MŁDLX6/20	2	322,47	644,94
5	Poduszka przeciwdleżynowa ROHO HYBRID ELITE	1	2100,00	2100,00
6	Poduszka przeciwdleżynowa Icon Back System Mid	1	4499,00	4499,00
7	Podłokietnik lewy Grammer MSG20	1	499,00	499,00
8	Podłokietnik prawy Grammer MSG20	1	499,00	499,00
9	Zaglówek inSPORTline Hawkie	1	529,00	529,00
10	Kamizelka stabilizująca tułów U74	1	212,00	212,00
11	Pas biodrowo-udowy 4-punktowy U75	1	142,00	142,00
12	Siłownik liniowy LA20	2	1199,00	2398,00
13	Amortyzator uniwersalny Detlev Louis	2	268,12	536,24
14	Hamulec tarczowy serii H2SP	2	553,50	1107,00
15	Rura stalowa okrągła (rama)	10	9,50	95,00
			SUMA	19205,88

13. Źródła:

- [1] <http://idn.org.pl/users/mleszcz/sprzetml/pion.html> [dostęp: 17.03.2023]
- [2] <https://www.praktycznafizjoterapia.pl/artykul/paraplegia-przyczyny-leczenie-rehabilitacja> [dostęp: 17.03.2023]
- [3] [Elektryczny wózek inwalidzki z funkcją pionizacji Hero \(medyczny.store\)](#) [dostęp: 17.03.2023]
- [4] [Wózki z pionizacją \(wanmed.pl\)](#) - siłownik elektryczny [dostęp: 24.03.2023]
- [5] [Siłowniki hydrauliczne specjalne jednostronnego i dwustronnego działania \(stalko.wroclaw.pl\)](#) - siłownik hydrauliczny [dostęp: 24.03.2023]
- [6] [Zalety siłownika elektrycznego - Top 5 korzyści | Elektrobim.pl](#) - siłowniki elektryczne [dostęp: 24.03.2023]
- [7] [Siłowniki hydrauliczne – budowa, zastosowania, zalety \(biznesfinder.pl\)](#) - siłowniki hydrauliczne [dostęp: 24.03.2023]
- [8] [Rodzaje, zalety i zastosowanie siłowników pneumatycznych - Wiedza EBMiA.pl](#) – pneumatyczne [dostęp: 17.03.2023]
- [9] [Kółka do wózka dziecięcego: piankowe, żelowe czy pompowane? \(bobowozki.pl\)](#) wady i zalety kół [dostęp: 17.03.2023]
- [10] <https://strefainzyniera.pl/artykul/1033/silniki-pradu-stalego> – silniki [dostęp: 17.03.2023]
- [11] <https://www.lithiumbatterychina.com/pl/lithium-ion-battery-pack-for-electric-wheelchair/> - akumulator [dostęp: 14.04.2023]
- [12] <http://akumulatory-wloclawek.pl/rodzaje-akumulatorow> [dostęp: 14.04.2023]
- [13] https://batlit.pl/zalety_i_wady_akumulatorow_liion [dostęp: 14.04.2023]
- [14] <https://techtru.pl/akumulatory-zelewe-wady-i-zalety/1196/> [dostęp: 21.04.2023]
- [15] <https://techtru.pl/akumulatory-agm-wady-i-zalety/2850/> [dostęp: 21.04.2023]
- [16] <https://bitmed.pl/blog/85-wozki-inwalidzkie-na-jaki-sie-zdecydowac> [dostęp: 21.04.2023]
- [17] <https://allegro.pl/oferta/kolo-kola-do-wozka-inwalidzkiego-fi-200-mm-200x50-7773254227> [dostęp: 14.04.2023]
- [18] https://allegro.pl/oferta/194mm-szary-elektryczny-wozek-inwalidzki-kolo-13308673953?utm_feed=aa34192d-eee2-4419-9a9a-de66b9dfae24&utm_content=supercena&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=_dio_przemysl_pla_pmax_sc&ev_campaign_id=17958851430&gclid=CjwKCAjw_MqgBhAGEiwAnYOAevJrsPxZja6kNzr-LNBkcdbA_7M8c-9WCykKW08DUI_KVPJS7BWwwBoCm9IQAvD_BwE [dostęp: 5.05.2023]
- [19] <https://akumeo.pl/akumulatory/817-akumulator-litowo-jonowy-skyrich-lithium-ion-hjtx9-fp-12v-36wh3ah-180a-lewy-6971475470084.html> [dostęp: 5.05.2023]
- [20] <https://mc-sklep.pl/akumulator-km-battery-ev-110ah-12v-do-pojazdow-elektrycznych-p-966.html> [dostęp: 14.04.2023]
- [21] https://www.eldar.biz/serwomotor-1-5kw-servotronix-mt-b13152c2ntad?gclid=Cj0KCQjwuLShBhC_ARIsAFod4fltznJRLPc0q0aL5AB2A0TWsUjic-D2nv0JYP_X9WaN5UODvbV0UqcaAkaWEALw_wcB [dostęp: 14.04.2023]
- [22] <https://kamar-kola.pl/kola-pneumatyczne-pompowane/380mldlx620/> [dostęp: 12.05.2023]
- [23] https://allegro.pl/oferta/zestaw-podwojne-kolo-skretne-50mm-4-szt-250-kg-10861607799?utm_feed=aa34192d-eee2-4419-9a9a-de66b9dfae24&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=_mtrzcj_narzedzia

- [pla_pmax&ev_campaign_id=17996380314&gclid=CjwKCAjwuqiiBhBtEiwATgvixE6uyzYgia6k-SKHr3j3D4IGTbuY2F0sNRaXrYN-lRQ1OdxflOtDwhoCAVQQA_vD_BwE](https://www.kamar-kola.pl/kola-pneumatyczne-pompowane/380mldlx620/) [dostęp: 21.04.2023]
- [24] <https://kamar-kola.pl/kola-pneumatyczne-pompowane/380mldlx620/> [dostęp: 21.04.2023]
- [25] <https://mediplus.pl/poduszki-przeciwodlezynowe/poduszka-przeciwodlezynowa-roho-hybrid-elite> [dostęp: 12.05.2023]
- [26] <https://ortoservice.com.pl/produkty/poduszki/icon-deep/> [dostęp: 12.05.2023]
- [27] <https://sklep.katpol.com/fotele/podlokietnik-lewy-fotela-grammer-msg20.html> [dostęp: 12.05.2023]
- [28] <https://www.e-insportline.pl/60642/zaglowek-do-wozka-inwalidzkiego-baichen-hawkie> [dostęp: 12.05.2023]
- [29] https://sklepmedyczny-ortis.pl/pasy-stabilizujace/268-1332-kamizelka-stabilizujaca-tulow-u74.html#/109-rozmiar-xl/486-regulacja_napiecia-przednia/488-wersja-szeroka [dostęp: 26.05.2023]
- [30] <https://sklepmedyczny-ortis.pl/pasy-stabilizujace/264-1285-pas-biodrowo-udowy-4-punktowy-u75.html#/66-rozmiar-s> [dostęp: 26.05.2023]
- [31] <https://www.linak.pl/produkty/si%C5%82owniki-liniowe/la20/> [dostęp: 26.05.2023]
- [32] https://www.louis.pl/pl/louis-amortyzator-280-mm-universalny-para-chrom-10045850?fbclid=IwAR0aIYRVpW9JPA2VCC-JsGV76z5fi8G0Lz9ryxqgD8_zlPDTMFqkeRsfeb8&filter_article_number=10045850 [dostęp: 19.05.2023]
- [33] <https://www.cantonigroup.com/elfa/pl/page/do-pobrania-katalogi?v=38> [dostęp: 19.05.2023]