

KAZIMIERZ KUŻMA  
KRZYSZTOF PYREK  
WOJCIECH KOCIK  
PIOTR KALINOWSKI  
PAWEŁ KAMIŃSKI

## Szynowy transport indywidualny oraz koncepcja środka transportu wykorzystującego tor kopalnianej kolei podwieszanej

*Drogi transportowe w polskich kopalniach węglowych stale się wydłużają. Nie stanowi to znacznego problemu w kontekście transportu materiałów i załogi, który powszechnie realizuje się z zastosowaniem kolejek podwieszanych z zespołami napędowymi ciernozębatymi. Utrudnienia pojawiają się w momencie konieczności transportu pojedynczych pracowników bądź niewielkich gabarytowo ładunków na znaczne odległości poza wyznaczonymi przewozami za pomocą kolejek podwieszanych.*

*Podjęte prace miały na celu opracowanie konstrukcji środka transportu indywidualnego z napędem własnym z zastosowaniem szyn kolejki podwieszanej, który będzie użytkowany poza zorganizowanym transportem zestawami kolejki podwieszanej, spełniając wymagania odnośnie do jego mobilności i bezpieczeństwa.*

Słowa kluczowe: rower podwieszany, indywidualny środek transportu

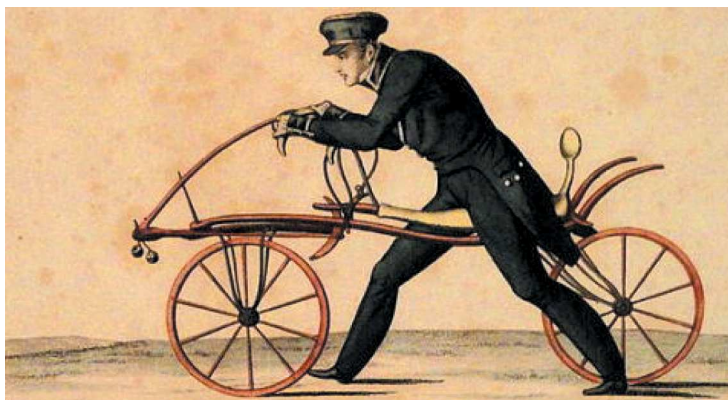
### 1. WPROWADZENIE

Rozważania na temat indywidualnego środka transportu, który mógłby znaleźć zastosowanie w istniejących podziemnych wyrobiskach kopalń rozpoczęto od zapoznania z historią roweru i transportu szynowego.

Historia roweru rozpoczęła się 12 czerwca 1817 r. w Mannheim, kiedy Karl Draisza prezentował rower biegowy (rys. 1), który w krótkim czasie zrewolucjonizował transport indywidualny. Wynalazek barona Draisza podlegał przez lata licznym modyfikacjom,

dzięki którym powstał rower, jaki znamy obecnie. W związku z popularnością, prostotą i niezawodnością roweru jego zastosowanie zostało rozszerzone tak, że w 1892 roku po przeprojektowaniu rower został przystosowany do jazdy po podwieszanych szynach i znalazł zastosowanie jako środek indywidualnego transportu miejskiego [1, 2].

Na rysunku 2 przedstawiono zawieszany rower jednoszynowy na specjalnie wybudowanej linii łączącej Mount Holly i Smithville w New Jersey w Stanach Zjednoczonych. Został skonstruowany przez Arthura E. Hotchkissa i zbudowany w 1892 r.



Rys. 1. Rower biegowy Karla Draisza [3]



Rys. 2. Zawieszony rower jednoszynowy [4]

Specjalna linia rowerowa była przeznaczona głównie dla pracowników dojeżdżających do fabryk w Smithville, osoby chcące odbyć podróż wypożyczały rower, który był dostępny w magazynach rozmieszczonych wzdłuż całej trasy. Głównymi wadami powyższego projektu był brak możliwości wyprzedzania oraz konieczność korzystania z jednej linii do jazdy w dwóch kierunkach, ponieważ druga linia nigdy nie została wybudowana, co przy dużym natężeniu ruchu w znaczny sposób spowalniało transport [4, 5].

### Transport jednoszynowy

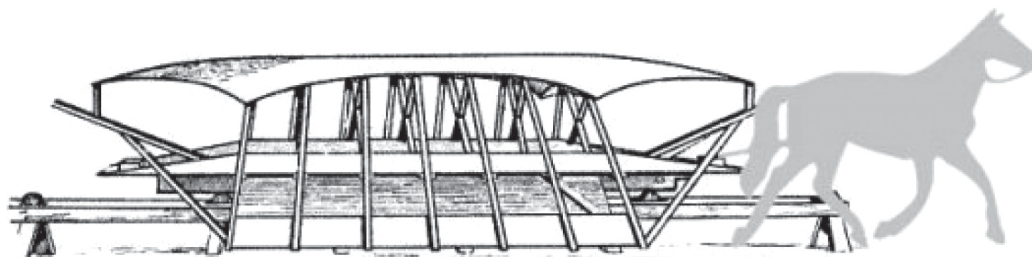
Jednoszynowe systemy transportu rozwinęły się stosunkowo niedawno, ich historia bowiem sięga początku XIX wieku. Obecnie dzieli się je na systemy wiszące (rys. 2) oraz systemy, w których środek transportowy znajduje się na szynie (rys. 3). Historia zastosowania transportu jednoszynowego rozpoczęła się w 1820 r., kiedy to w miejscowości Miaczkowo (w dawnym Imperium Rosyjskim) wynalazca Iwan Elmanow zbudował podwyższoną jednotorową linię kolejową. Konie, poruszając się wzdłuż drewnianej

szyny, ciągnęły po niej wózki. W związku z prostotą pomysł szybko zdobył popularność i znalazł zastosowanie w transporcie górników w krymskich kopalniach soli [7, 8].

Innym rosyjskim wynalazcą był książę Roman Biełozierski, który w 1836 r. zaproponował system jednoszynowy z dwoma rzędami kół, zbudowany na konstrukcji słupowej. W 1872 r. powstała kolej jednoszynowa Łuszczyńskiego, która została zaprezentowana podczas Wystawy Politechnicznej w Moskwie. Natomiast w 1874 r. rozpoczęto budowę jednoszynowej kolei Aleksieja Chłudowa przeznaczonej do transportu drewna.

Kolej jednoszynowa pręźnie rozwijała się nie tylko na terenie Rosji, ale także w innych częściach globu. Jednym z bardziej znanych pionierów tej technologii był angielski inżynier Henry Robinson Palmer, który w 1821 r. opatentował kolejkę jednoszynową (GB nr 4618). Linia została zbudowana na Deptford Quays w Londynie w 1824 r., zaś w czerwcu 1825 r. w Cheshunt uruchomiono kolej jednotorową przeznaczoną do transportu cegieł. Drewniane wagony zwały się pod relingiem i ciągnięte były przez konie. W Niemczech nad rozwojem transportu szynowego pracował Friedrich Harkort, który podjął próbę budowy trasy demonstracyjnej między miastami Elberfeld i Barmen, obecnie dzielnicami miasta Wuppertal. W 1827 r. udoskonalili kolej Palmera – zamiast koni pociągowych wykorzystał silniki parowe. W kolejnych latach koleje jednoliniowe były udoskonalane, rezultatem czego jest współczesna *Wuppertaler Schwebebahn*, najdłuższa na świecie linia kolei podwieszanej, obecnie łącząca dzielnice Oberbarmen (Barmen) i Vohwinkel (rys. 4) [3].

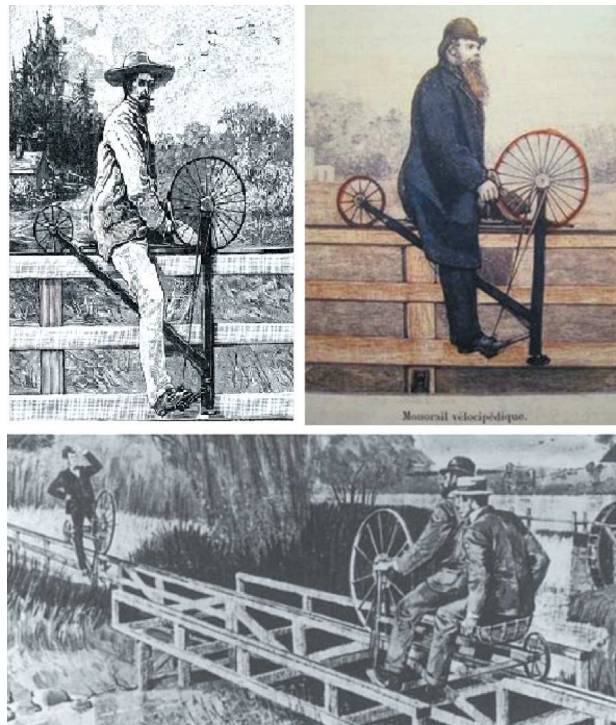
W procesie rozwoju kolei jednoszynowych wykształcił się podział na systemy z napędem zewnętrznym oraz napędem własnym. Historycznym przykładem kolei jednoszynowej z napędem własnym jest *Bicycle Railroad* (rys. 5), stworzona przez Arthura Ethelberga Hotchkissa z New Haven w Nowej Anglii, opatentowana w grudniu 1892 r. (US 488.201) [5].



Rys. 3. Transport szynowy Iwana Elmanowa [8]



Rys. 4. Kolej Wuppertaler Schwebebahn [3]



Rys. 5. Bicycle Railroad [4]

### 1.1. Historyczne zastosowanie rowerów jako indywidualnego środka transportu w górnictwie podziemnym

Dynamiczny rozwój przemysłu na przełomie XIX i XX w. spowodował znaczny wzrost zapotrzebowania na węgiel, który był wówczas podstawowym surowcem energetycznym. Rosnące wydobycie wymuszało ciągłą rozbudowę kopalń. Wraz z rozwojem przestrzennym zakładów górniczych zwiększały się odległości między szybem a miejscem wykonywania pracy, czego efektem był intensywny rozwój improwizowanych środków transportu. Kopalnie chętnie adaptowały

rozwiązania stosowane na powierzchni do warunków panujących w podziemnych wyrobiskach. Ówczesna popularność roweru w przestrzeni miejskiej sprawiła, że ten środek transportu, w zmodyfikowanej formie, stał się powszechny w zakładach górniczych, szczególnie w Niemczech i Holandii. Początkowo górnicze rowery były wytwarzane w kopalniach, w niewielkich ilościach, ponieważ produkt nie był dostępny na rynku. W 1954 r. firma Scharf GmbH z Hamm zaprezentowała i wprowadziła do sprzedaży pierwszy seryjny rower górniczy, *Grubenflitzer*. Logo oraz broszurę prezentującą pierwszy rower górniczy przedstawiono na rysunku 6 [9–11].



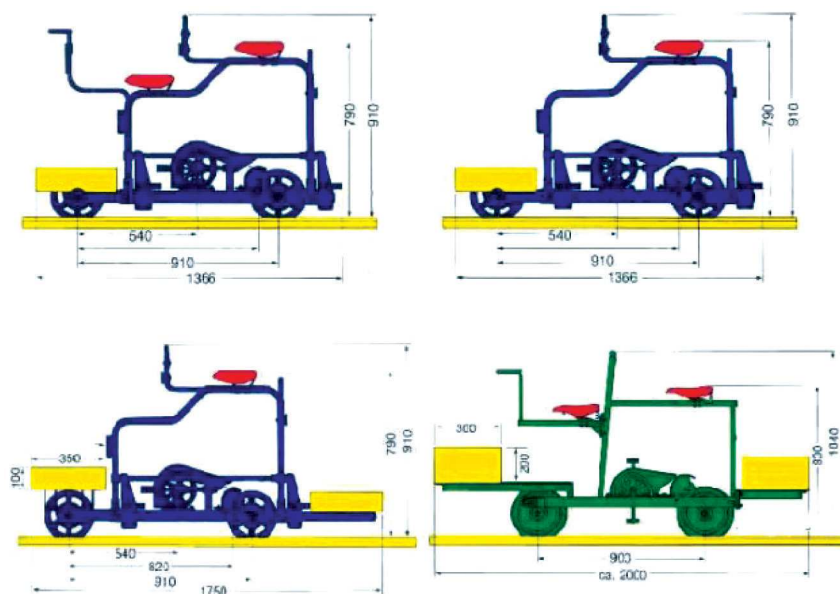
Rys. 6. Logo i materiały reklamowe pierwszego roweru górniczego produkowanego na skalę masową [11]

*Grubenflitzer* był przeznaczony głównie dla pracowników, których praca wiązała się z koniecznością częstego przemieszczania się w podziemnych wyrobiskach kopalń. Do tej grupy należały przede wszystkim osoby dozorcy ruchu, cieśle, elektrycy itp. Prototyp był dość prostą, niską konstrukcją z bagażnikiem przymocowanym z tyłu. Pojazd wzbudził nawet zainteresowanie ówczesnego federalnego ministra gospodarki, a późniejszego kanclerza RFN Ludwiga Erharda na wystawie górniczej w Essen w 1954 r. W kolejnych latach sprzedaż pojazdu wynosiła 30–40 sztuk miesięcznie. *Grubenflitzer* był modernizowany, m.in. zaczęto wykonywać rowery w różnych wariantach dostosowanych do wysokości wyrobiska, pojazdy wyposażano w skrzynki narzędziowe oraz zastosowano stop AlMgSi, który jest odporny na korozję, a także

pozwoił na zmniejszenie pierwotnej wagi roweru do 30 kg.

W zależności od przeznaczenia roweru, odległości, na jakie miał się poruszać, jego dopuszczalnej ładowności, a także parametrów wyrobisk, przedsiębiorstwo wykonało kilka typów rowerów górniczych, które przedstawiono poniżej.

Podstawowym modelem produkowanym przez Scharf GmbH był rower kopalniany Zg-Nr. 35003-00.00 (rys. 7) ze składaną ramą wykonaną z aluminium. Pojazd był oferowany w wariantach z dwoma siodłkami i jedną skrzynką narzędziową, jednym siodłem i jedną skrzynką lub jednym siodłem z dwoma skrzynkami narzędziowymi, natomiast rower S-35017 był wyposażony w dwie skrzynki i dwa siodła. Podstawowe dane techniczne zostały przedstawione w tabeli 1 i na rysunku 7 [6].



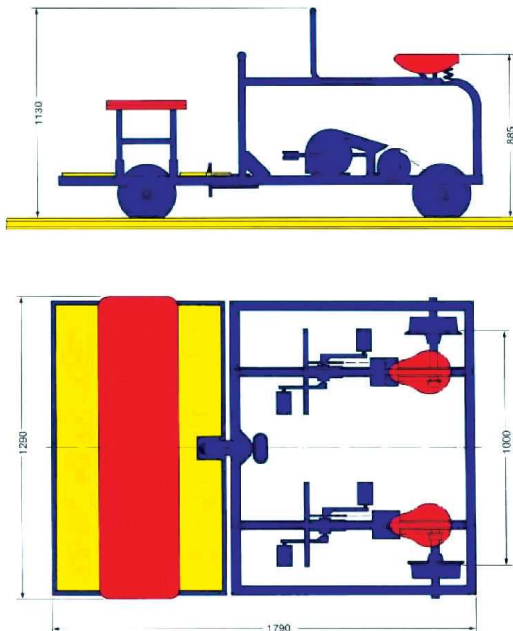
Rys. 7. Model podstawowy roweru górniczego w różnych wariantach [6]

Tabela 1

Podstawowe dane techniczne modeli  
Zg-Nr. 35005-00.00 i Zg-Nr. S-35017 (rys. 7) [6]

Model	Zg-Nr. 35003-00.00	Zg-Nr. S-35017
Długość całkowita [mm]	1366	2000
Wysokość [mm]	910	1040
Masa własna [kg]	50	100
Ładowność [kg]	200	250

Następny model miał skrzynkę z wyposażeniem z przodu i wózek z trzypunktowymi łożyskami, aby uniknąć wykołowania nawet przy złych warunkach torowiska. W ciasnych przestrzeniach rower można było złożyć w prosty sposób. Ponadto do wytwarzania niektórych części zastosowano odporny na korozję



Rys. 8. Pięciosobowego rower ratowniczy Zg-Nr. S-135016 [6]

Pojazd został zbudowany z myślą o zastosowaniu na krótkich odległościach. Był wyposażony w dwa, umieszczone obok siebie fotele kubelkowe, dwa napędy i skrzynkę narzędziową umieszczoną z przodu. Najwyższym punktem roweru była górna krawędź fotela kubelkowego. Do roweru można było doczepić przyczepę o wysokości 680 mm i masie 42 kg. Podstawowe dane techniczne roweru oraz przyczepy przedstawiono na rysunku 9 oraz w tabelach 3 i 4.

Nie podlega wątpliwości, że w czasach niskiej mechanizacji górnictwa rowery górnicze przyczyniły się do rozwoju przemysłu wydobywczego. Pozwoliły wydawnie skrócić nieefektywny czas pracy wynikający

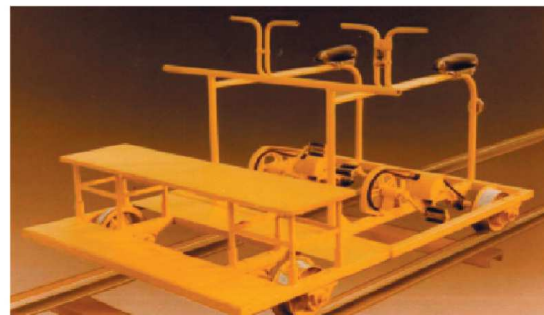
z konieczności przemieszczania się załogi pomiędzy oddalonymi od siebie miejscami wykonywania obowiązków.

Model Zg-Nr. S-135016 został zaprojektowany jako pojazd ratowniczy. Był wyposażony w dwa napędy, hamulec nożny oraz ławkę, na której mogły siedzieć trzy osoby. Podstawowe dane roweru zostały przedstawione w tabeli 2 i na rysunku 8 [6, 12].

Tabela 2

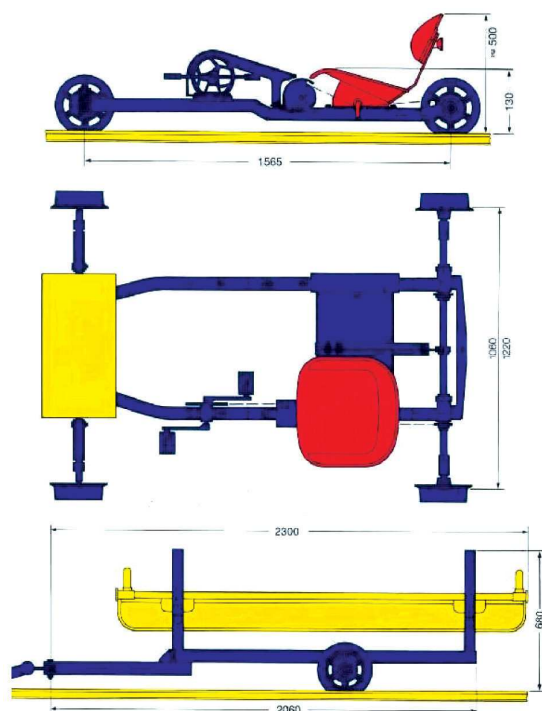
Podstawowe dane techniczne pięciosobowego roweru ratowniczego Zg-Nr. S-135016 (rys. 8)[6]

Model	Zg-Nr. S-135016
Długość całkowita [mm]	1790
Wysokość [mm]	130
Masa własna [kg]	130
Ładowność [kg]	600



z konieczności przemieszczania się załogi pomiędzy oddalonymi od siebie miejscami wykonywania obowiązków.

Rosnąca liczba maszyn operujących w podziemnych wyrobiskach sprawiła, że poruszanie się rowerem stało się niebezpieczne. Do zaniechania stosowania rowerów górniczych przyczyniły się także coraz bardziej restrykcyjne przepisy w zakresie bezpieczeństwa, którym konstrukcje te nie mogły sprostać. Wśród nich należy wymienić zakaz stosowania wyrobów aluminiowych oraz konieczność wyposażenia pojazdów w oświetlenie, które zwiększało masę oraz stopień skomplikowania konstrukcji [6].



Rys. 9. Model specjalny [6]

Tabela 3

Podstawowe dane techniczne roweru  
Zg-Nr. S35011 (rys. 9)[6]

Model	Zg-Nr. S35011
Długość całkowita [mm]	1900
Wysokość [mm]	500
Masa własna [kg]	90
Ładowność [kg]	300

Pośród zalet przedstawionych rowerów kopalnianych należy wymienić możliwość szybkiego transportu osób oraz niewielkich ładunków na znaczne odległości w stosunkowo krótkim czasie, przez co zwiększenie efektywności pracy oraz minimalizację zmęczenia pracownika wynikającego z konieczności pieszego przemieszczania się, a także możliwość błyskawicznej ewakuacji pracownika, który uległ wypadkowi. Wadami, które doprowadziły ostatecznie do zaniechania stosowania rowerów były natomiast konstrukcja, która uniemożliwiała szybki montaż i demontaż urządzenia, co sprawiało, że wymijanie było skomplikowaną operacją, duży wpływ deformacji spągu na stan torów oraz kolizyjność rozwiązań konstrukcyjnych z przepisami prawa górniczego (aluminiowa konstrukcja, brak oświetlenia). Dodatkowym czynnikiem, który przyczynił się do zniknięcia rowerów z podziemnych wyrobisk, był wzrost popularności kolejek podwieszanych i zastępowanie przez nie kolejek spągowych.

Tabela 4

Podstawowe dane techniczne przyczepy  
S-3501 (rys. 9)[6]

Model	Przyczepa S-3501
Długość całkowita [mm]	2060
Wysokość [mm]	680
Masa własna [kg]	42
Ładowność [kg]	150

## 2. KONCEPCJA NOWEGO INDYWIDUALNEGO ŚRODKA TRANSPORTU<sup>1</sup> WYKORZYSTUJĄCEGO TOR KOPALNIANEJ KOLEI PODWIESZANEJ (PATENT)

Obserwując historyczne wynalazki oraz wykorzystując aktualną technologię, opracowano koncepcję nowego środka transportu kopalnianego. Nowy „rower kopalniany” jest urządzeniem wykorzystującym zalety indywidualnych środków transportu stosowanych w przeszłości, przystosowanym do aktualnych rygorów bezpieczeństwa oraz wykorzystującym powszechnie stosowanego wyposażenia poziomych wyrobisk kopalń podziemnych.

Aktualnie do transportu materiałów oraz załogi w górniczych wyrobiskach podziemnych często stosowane są kolejki podwieszane. Do napędu po szynie

<sup>1</sup> Dalej IŚT.

torowiska kolei podwieszanej wykorzystywane są zespoły napędowe cierno-zębate. Takie napędy ciągników kolejek wyposażone są w poziome napędowe koła cierne, współpracujące ze środnikiem szyn torowiska i zawieszane są kołami jezdnyymi na stopce szyny torowiska – docisk poziomych kół napędowych do środnika szyn torowiska umożliwia zróżnicowanie regulowanej siły pociągowej pojazdu podwieszanego w zależności od nachylenia trasy czy też kierunku transportu, a więc pchania lub ciągnięcia zestawów.

W górnictwie polskim daje się zauważyć tendencję do stałego wydłużania się dróg transportowych pomiędzy wyrobiskami eksploatacyjnymi a szybami. Nie stwarza to znacznego problemu w odniesieniu do transportu towarów masowych oraz znacznej liczebnie załogi na zwiększające się odległości, jednakże powstaje problem transportu niewielkich gabarytowo ładunków, czy też pojedynczych osób, na znaczne odległości poza normalnymi przewozami pociągowymi za pomocą kolejek podwieszanych. Rozwiązanie tego problemu ma istotne znaczenie praktyczne i ekonomiczne.

Celem koncepcji było opracowanie konstrukcji takiego środka transportowego z własnym napędem dla kolejki podwieszanej, który będzie mógł być użyty poza zorganizowanym transportem zestawami kolejki podwieszanej, a przy tym będzie mobilny i bezpieczny. Proponowany środek transportowy z własnym napędem do kolejki podwieszanej, charakteryzuje się tym, że platforma nośna osadzona jest na dolnym końcu belki nośnej zawieszanej na szynie torowiska, przy czym belka nośna wyposażona jest na górnym końcu w zespół przemieszczających rolek jezdnych o zasadniczo poziomych osiach obrotu, oraz posiada co najmniej jedno dociskane do środnika szyny, z możliwością odchylenia. Koło napędowe połączone z napędem umieszczonym na platformie nośnej. Istota rozwiązania polega na tym, że w części górnej pionowa belka nośna ma wzdłużne, sztywne łączniki zakończone pionowymi wspornikami wyposażonymi w otwarte od góry obejmy, w których zamocowane są wahliwie, w płaszczyźnie prostopadłej do szyny torowiska, pary rolek jezdnych posadowionych na dolnych półkach szyny.

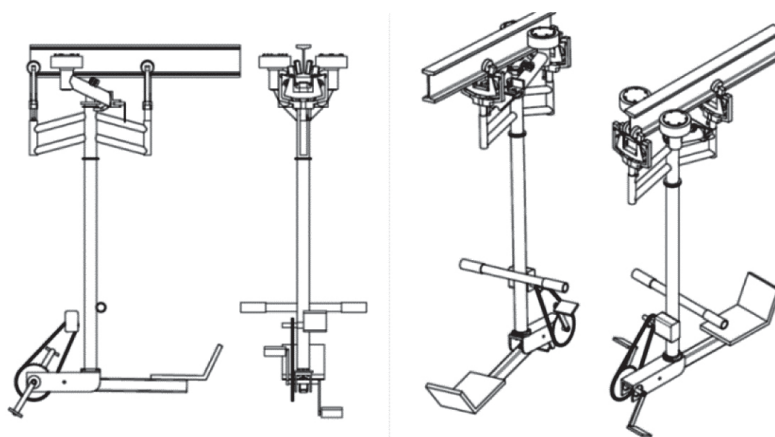
Proponowany środek transportu może być zawieszony na szynie trasy kolejki podwieszanej w każdym miejscu trasy, a także w dowolnym miejscu zdjęty z torowiska. Przedstawiony rower może być użyty jako wózek osobowy, służący do przemieszczania członków załogi górniczej na znaczne odległości, bez wykorzystania zestawu kolejki podwieszanej, czy też jako wózek do przemieszczania narzędzi lub sprzętu, co spowoduje ograniczenie pracy ręcznej, względnie jako wózek do porządkowania dróg transportowych. W swoich założeniach jest zbliżony do historycznych rowerów górniczych, jednak jego konstrukcja i zasto-

sowanie są prostsze. Jako urządzenie lekkie może być przez jedną osobę osadzany na torowisku i zdejmowany z szyn torowiska w dowolnie wybranym miejscu, nie wymaga także zdobywania żadnych uprawnień bądź odbywania dodatkowych szkoleń. Zamiast napędu nożnego może być wykorzystany napęd elektryczny z zastosowaniem akumulatorów[13].

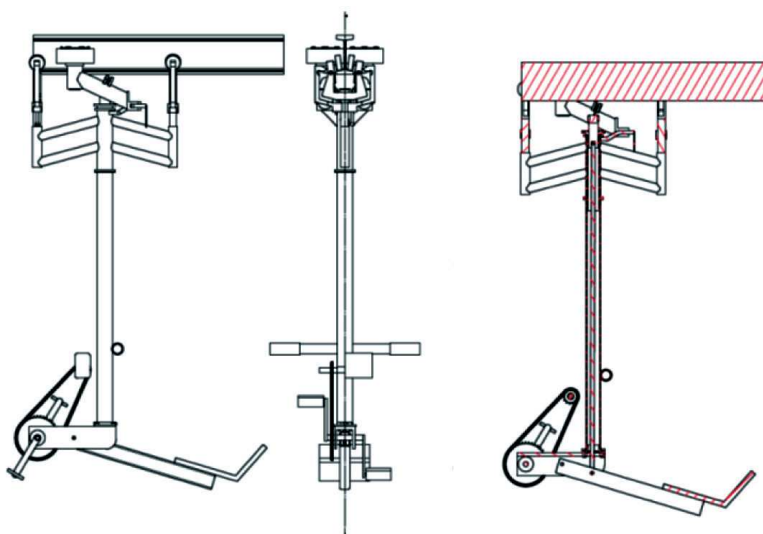
## 2.1. Budowa

Wewnątrz pionowej belki nośnej osadzone jest przesuwne suwadło połączone jednym dolnym końcem z platformą nośną z siedziskiem, a drugim, wystającym z belki nośnej, górnym końcem połączone przegubowo z przynajmniej jednym, zamocowanym wahliwie w płaszczyźnie poziomej do tejże belki, ramieniem wyposażonym w element napędowy koła napędowego o pionowej osi obrotu. Element napędowy połączony jest z przekładnią hydrostatyczną połączoną z układem zasilającym, zamocowanym na belce poziomej w przedniej części platformy nośnej. Dobrym rozwiązaniem jest, że każda obejma osadzona na pionowym wsporniku ma prześwit większy od szerokości dolnych półek szyny torowiska, zaś na końcach ramion ma osadzone wahliwie, w płaszczyźnie prostopadłej do szyny, woziki z zamocowanymi obrotowo na ich górnych końcach rolkami jezdnyymi. Jednocześnie na obejmę zachodzi od dołu osadzona przesuwne na wsporniku klamra ryglująca, zakończona poziomymi występami usytuowanymi poniżej wozików (rys. 10).

Korzystne jest, gdy każdy z wozików ma trzonek zamocowany obrotowo na osi umieszczonej w otworze usytuowanym w ramieniu obejmmy oraz ma kształtowe odsadzenie. W górnej części każdego trzonka zamocowana jest obrotowo rolka jezdna o osi obrotu prostopadłej do osi umieszczonej w otworze, a dolna część trzonka jest w ślizgowym styku z krawędzią dolnej półki szyny. Wyprofilowaną górną krawędzią opiera się o poziomy występ klamry ryglującej, a zewnętrzne ścianki obejmmy są zbieżne ku jej otwarciu, przy czym szerokość obejmmy jest większa niż odległość między końcami poziomych występów klamry ryglującej. Obejma zawiera rygiel klamry ryglującej. Koło napędowe osadzone jest w elemencie napędowym zamocowanym do ramienia, które wyposażone jest w uchwyt połączony sztywnym ciągiadłem z górnym końcem suwadła osadzonego wewnątrz pionowej belki nośnej. Dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie dwóch kół napędowych usytuowanych symetrycznie względem środnika szyny oraz konstrukcja siedziska platformy nośnej w postaci wahliwej belki (rys. 11). Szczegóły techniczne zostały szczegółowo przedstawione w opisie patentowym [13].



Rys. 10. IŚT z napędem własnym



Rys. 11. Napęd IŚT

### 3. PROTOTYP ŚRODKA TRANSPORTU WYKORZYSTUJĄCEGO TOR KOPALNIAŃ KOLEI PODWIESZANEJ

Analizując cechy, jakie powinien posiadać indywidualny środek transportu, pracownicy Przedsiębiorstwa Budowy Szybów S.A. wykonali jego prototyp w celu sprawdzenia poprawności założeń i propozycji rozwiązań przedstawionych w opisie patentowym (punkt trzeci).

Budowa prototypu odbyła się w dwóch etapach: przeprowadzenie symulacji komputerowych i przeprowadzenie prób dołowych.

W pierwszym kroku został wykonany wirtualny model, na podstawie którego przeprowadzono symulacje pracy roweru, wykorzystując program „Working model”. Celem przeprowadzenia symulacji było określenie charakterystyki technicznej indywidualnego środka transportu. Przede wszystkim dokonano próby określenia prędkości, z jaką może poruszać się osoba jadąca „rowerem”, określić maksymalny kąt

wzniosu, po jakim może się poruszać oraz określić średni wymagany nacisk na pedały. Model prototypu został przedstawiony na rysunku 12.

Obserwując jazdę tradycyjnym rowerem, stwierdzono, że nacisk na pedały w początkowej fazie jazdy jest większy niż po rozpoczęciu ruchu. Na podstawie tej obserwacji została wyznaczona zależność, która określa siłę nacisku na pedały w chwili  $t_0$  i jej późniejszy stopniowy spadek do 50% wartości początkowej (rys. 13 i 14).

Symulacje zostały wykonane w kilkunastu wariantach, w których zmieniano parametry, takie jak nachylenie szyny, nacisk na pedały, wpływ dodatkowego obciążenia na parametry poruszania się indywidualnego środka transportu. Do przeprowadzenia symulacji przyjęto masę własną prototypu IŚT wynoszącą 40 kg oraz masę osoby poruszającej się „rowerem” – 80 kg.

Dodatkowo symulacje były przeprowadzane w dwóch odmianach kół, kolejno dla kół stalowych oraz dla kół stalowych w otulinie gumowej. Przykłady symulacji zostały przedstawione na rysunkach 15 i 16.

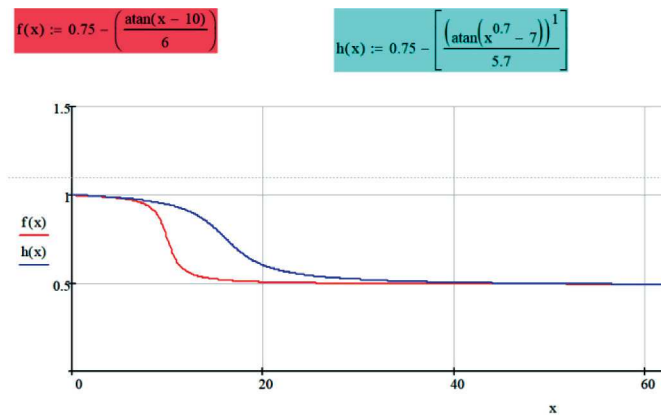


Na podstawie przeprowadzonych symulacji stwierdzono m.in., że zdecydowanie lepiej sprawdzają się koła w otulinie gumowej, ponieważ w przypadku kół stalowych rozpoczęcie ruchu wymaga znacznie więk-

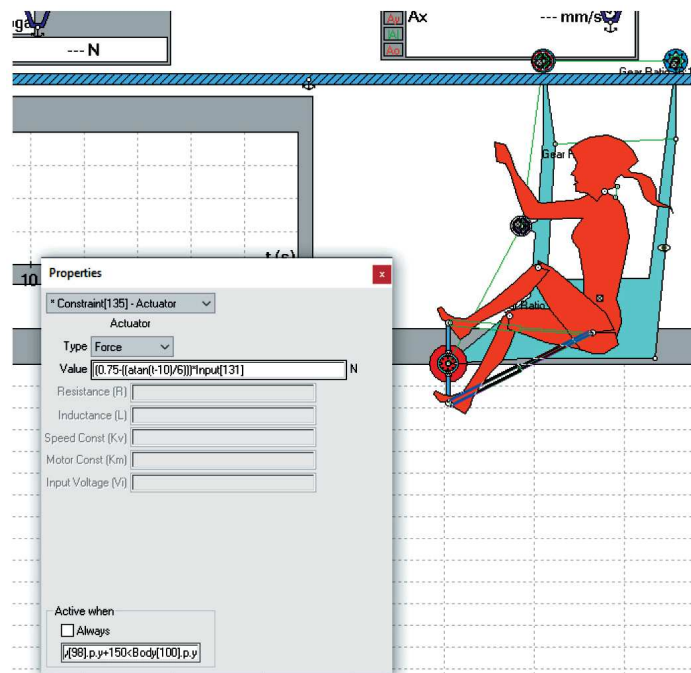
szej siły z powodu tarcia stali po stali. Ustalono także, że w przypadku zastosowania kół stalowych w otulinie gumowej maksymalne wzniesienie, po jakim może się poruszać IŚT wynosi  $10^\circ$ .



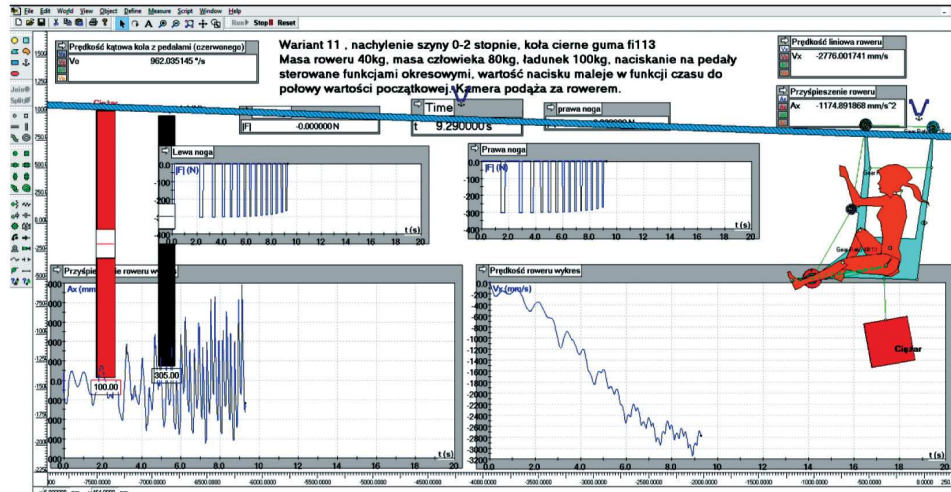
Rys. 12. Komputerowy model prototypu IŚT



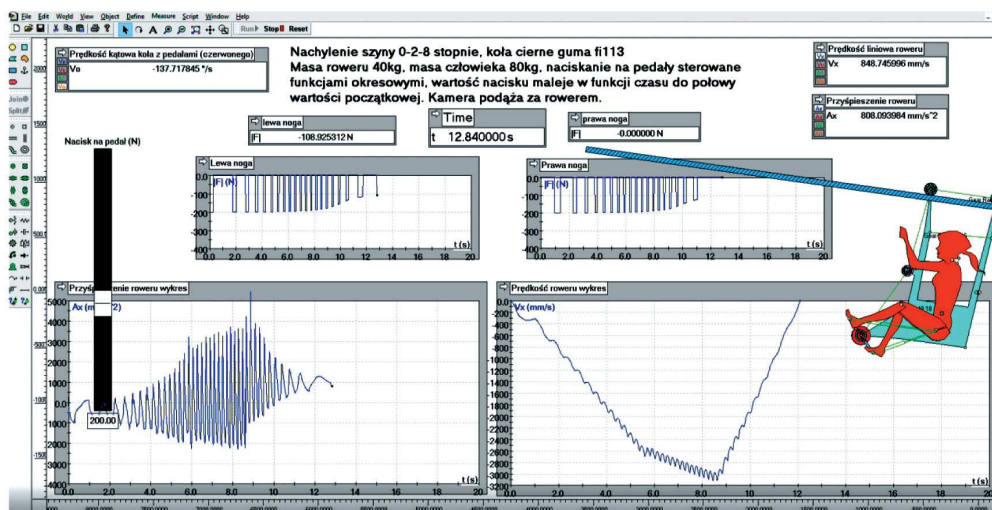
Rys. 13. Funkcja określająca siłę nacisku w czasie



Rys. 14. Zastosowanie funkcji w programie „Working Model”



Rys. 15. Przykład symulacji z dodatkowym obciążeniem



Rys. 16. Przykład symulacji wykonanej w programie „Working Model”

Pierwsze próby dołowe wykonano w kopalni Jastrzębie-Bzie<sup>2</sup>, na podstawie obserwacji wyciągnięto następujące wnioski:

- Masa prototypu roweru (36 kg) jest za duża, aby była możliwość samodzielnego podwieszenia (bez pomocy drugiej osoby).
- Montaż segmentów roweru w całość jest możliwy do wykonania przez jedną osobę, ale szybciej montaż przebiega w dwie osoby. Pod rozważenie należy wziąć przyspawanie do łba śruby pręta i wydanie wszędzie nakrętek motylkowych, tak aby nie było potrzeby używania dodatkowych narzędzi (kluczy).
- Po obciążeniu roweru masą osoby kierującej stabilność jest bardzo dobra (nisko umieszczony środek ciężkości minimalizuje ewentualne odchylenia boczne). Pedałowanie również nie wprowadzało dodatkowych bocznych wahań roweru.
- Należy wzmocnić ramiona, zabezpieczając przed wyłamywaniem dodatkowymi płaskownikami bocznymi.

- Przeprowadzone próby pokazały, że do jazdy wystarczy napęd na jedno koło.
- Koła metalowe mają tendencje do poślizgu już na prostym odcinku.
- Próby przeprowadzono z dwoma przełożeniami na osi środkowej; 46/16 i drugie 22/16 zębów w kołach łańcuchowych. Stwierdzono, że pierwsze przełożenie może wymagać nadmiernego wysiłku przy pokonywaniu wzniesień natomiast drugie daje za małą szybkość przemieszczania się roweru. Optymalnym będzie zastosowanie koła o pośredniej liczbie zębów – 34 lub 36.

Dokumentacja fotograficzna z prób dołowych została przedstawiona na rysunkach 17 i 18.

Na podstawie drugich prób dołowych, które zostały wykonane w kopalni LW Bogdanka, wyciągnięto wnioski bardzo zbliżone do obserwacji przeprowadzonych w kopalni Jastrzębie-Bzie. Dodatkowo stwierdzono, że dla dalszych prób należy rozważyć możliwość wylaminowania kół bocznych prowadzących.

<sup>2</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=2IniLx2nJU8>.



Rys. 17. Prototyp IŚT



Rys. 18. IŚT podczas prób dołowych

#### 4. PODSUMOWANIE

Urządzenie przeznaczone jest dla pracowników, którzy ze względu na specyfikę wykonywanej pracy często samodzielnie muszą pokonywać znaczne odległości podziemnymi wyrobiskami kopalń. Zastosowanie IŚT zdecydowanie ograniczy poziom zmęczenia pracowników oraz może mieć pozytywny wpływ na podniesienie efektywnego czasu pracy.

Wykonany prototyp powinien być rozwijany w zgodzie z obowiązującymi przepisami oraz w porozumieniu z zainteresowanymi przedsiębiorstwami, tak aby

jego użycie nie budziło wątpliwości co do użyteczności i bezpieczeństwa. Dalsza praca nad projektem IŚT skupia się nad możliwością zastosowania napędu elektrycznego lub hydraulicznego.

#### Literatura

- [1] <https://www.karldrais.de/?lang=en> [20.04.2020].
- [2] König, J.-G.: *Fahrradfahren. Von der Draisine bis zum E-Bike*, Reclam Verlag 2017.
- [3] <http://www.schwebebahn-wtal.de/tramenglish/indexgb.html> [20.04.2020].
- [4] Bianculli A.J.: *Iron Rails in Garden State Tales of New Jersey Railroading*, Indiana University Press 2008.

- [5] US Patent Office Specification forming part of Letters Patent No. 488,201, December 20, 1892.
- [6] SCHARF. Materiały reklamowe – Grubendahrrader, Grubendahrrader 1955.
- [7] <http://www.geocities.ws/draisinen1/scharffolder.html> [20.04.2020].
- [8] Krischer R.: *Alweg-Bahn: Technik, Geschichte und Zukunft der legendären Einschienenbahn*, Transpress 2013.
- [9] Richards B.: *New Movement in Cities*, Sterling Publishing Company 1966.
- [10] Lis A.J.: *Rewolucja przemysłowa w Europie, na ziemiach polskich i Górnym Śląsku*, „Górnictwo – Perspektywy i Zagrożenia” 2016, 1(13): 314–322.
- [11] Główny Instytut Górnictwa: *Rowery kopalniane*, „Nowości w Górnictwie” 1956, 13: 32.
- [12] Volz V.: *Mit Muskelkraft auf schaler Spur: Grubenfahrradaus Hamm*, „Bahn-Express” 1994: 192–203.
- [12] *Heise-Herbst-Fritzche. Bergbaukunde; zweite band*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1950.
- [13] Patent PL P.418208 „Środek transportowy z własnym napędem do kolejki podwieszanej”.

*mgr inż. KAZIMIERZ KUŹMA*

*KRZYSZTOF PYREK*

*mgr inż. WOJCIECH KOCIK*

*mgr inż. PIOTR KALINOWSKI*

*Przedsiębiorstwo Budowy Szybów S.A.*

*ul. Hutnicza 5-9, 42-600 Tarnowskie Góry*

*{kkuzma, kpyrek, wkocik, pkalinowski}@jswpbsz.pl*

*dr inż. PAWEŁ KAMIŃSKI*

*Przedsiębiorstwo Budowy Szybów S.A.*

*ul. Hutnicza 5-9, 42-600 Tarnowskie Góry*

*Akademia Górniczo-Hutnicza*

*im. Stanisława Staszica w Krakowie*

*ul. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

*pkaminski@jswpbsz.pl, pkamin@agh.edu.pl*