



Autobus Elektryczny Doświadczenia z projektowania i budowy

Dariusz Gackowski
Dział Projekt E-mobility

Warszawa, marzec 2019 r.

70 LAT HISTORII RAFAKO – SOLIDNE FUNDAMENTY DALSZEGO WZROSTU

Etap 1

Tworzenie podstaw 1949 – 1970

- › Budowa fabryki
- › Produkcja pierwszych kotłów (1952)

Etap 2

Budowanie pozycji 1971 – 1990

- › Rozwój eksportu
- › Pozyskiwanie licencji
- › Istotne realizacje (np. Opole, Bełchatów, Kozienice, Rybnik, Turów, PAK)

Etap 3

Nowa rzeczywistość 1991– 2000

- › Prywatyzacja i debiut na GPW
- › Nowy inwestor (Elektrim)
- › Proekologiczne rozwiązania dla energetyki (m. in kotły fluidalne i instalacji odsiarczania spalin)
- › Dostawy kotłów dla spalarni odpadów

Etap 4

Nowe możliwości od 2001

- › Rozwój własnych technologii i dalsze działania R&D
- › Pozyskanie licencji zew.
- › Nowy inwestor (PBG)
- › Nowe istotne kontrakty (m. in. Pątnów, Jaworzno, Wilno itd.)
- › Wejście w sektor oil & gas.

RAFAKO w roku 2019:

- › Średnio **2 000** pracowników (Grupa RAFAKO)
- › Średnio **1,2 mln** godzin zdolności produkcyjnych p.a.
- › Średnio **350 tys.** godzin zdolności inżynierskich p.a.





PRZEZNACZENIE

Autobus MINI z napędem elektrycznym:

- miejski
- podmiejski
- szkolny

Do wykorzystania:

- w centrach miast,
- w strefach zeroemisyjnych,
- w starej zabudowie (wąskie ulice),
- jako pojazd uzupełniający w sieciach dojazdowych na obrzeżach,
 - na trasach podmiejskich,
- na terenie gmin, jako pojazd dowozu dzieci lub do obsługi linii gminnych.



ZAŁOŻENIA KONCEPCYJNE

ZAŁOŻENIA KONCEPCYJNE:

- 1) Projekt i wykonanie autobusu, jako dedykowane pod napęd elektryczny.
- 2) Autobus wyposażony w akumulatory zamontowane pod podwoziem, co obniży środek ciężkości pojazdu i wpłynie na poprawę stabilności toru jazdy (na zachowanie autobusu w czasie pokonywania zakrętów), poprawi jego parametry trakcyjne, wpłynie to na bezpieczeństwo jazdy, nie wymusi dodatkowego wzmocnienia konstrukcji powyżej linii podwozia,
- 3) Umieszczenie magazynu energii pod podwoziem pojazdu ma zapewnić maksymalną wysokość do 3,2 m
- 4) Dach autobusu, szkielet ścian pojazdu będą wykonane z lekkich materiałów,
- 5) Szkielet wykonany w technologii samonośnej (bez oddzielnej ramy nośnej) z elementów ze stali nierdzewnej ,
- 6) W elektrycznym układzie napędowym zastosowanie silnika wielofazowego,
- 7) Zastosowanie 2 falowników do zasilania silnika ,
- 8) Zastosowanie w wariacie podstawowym baterii NMC,
- 9) Zastosowanie w wariacie drugim baterii szybkiego ładowania typu LTO (Lithium Titanium Oxide), szybkie ładowanie w 15 minut do 90% pojemności, ilość cykli ładowania: powyżej 10.000
- 9) Modułowa budowa pakietów baterii umożliwi ich łatwą wymianę na nowocześniejsze i bardziej zaawansowane technologicznie, możliwość wykorzystania w linii pojazdów (MIDI , MAXI, MEGA)
- 10) Zmaksymalizowanie przestrzeni wnętrza umożliwiający umożliwi swobodną aranżację i łatwe przystosowanie pojazdu do różnych zadań przewozowych.
- 11) Silnik centralny synchroniczny z magnesami trwałymi – z parametrami umożliwiającymi wykorzystanie w linii pojazdów (MIDI , MAXI, MEGA)
- 12) Pojazd przystosowany do przewozu osób niepełnosprawnych



ZAŁOŻENIA TECHNICZNE

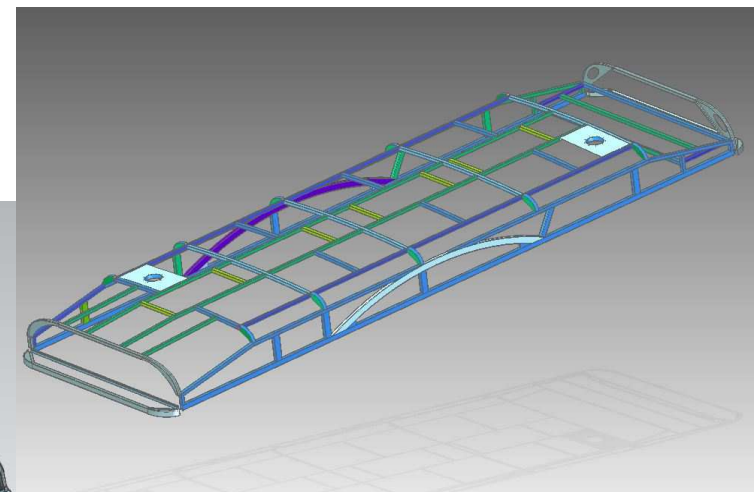
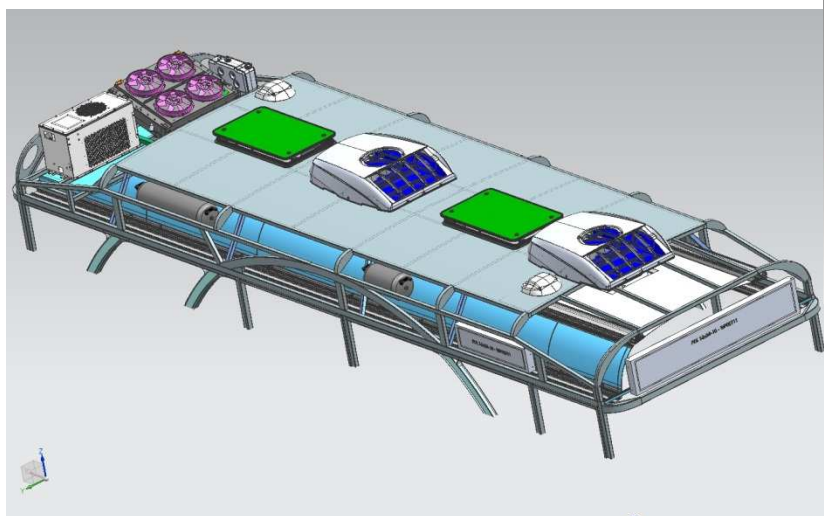
SPECYFIKACJA POJAZDU:

- Wymiary zewnętrzne:
Długość 8490*Szerokość 2450*Wysokość 3200
- Układ drzwi 1-2-0
- DMC ok. 16 500 kg
- Ilość miejsc siedzących w zależności od wersji od 20-40
- Baterie:
 - wersja szkolnej NMC 144 kWh + ładowarka pokładowa,
 - wersja podmiejska NMC 144 kWh + ładowarka podkładowa,
 - wersja miejska LTO 61 kWh
- Zasięgi: LTO 63 km – NMC 121 km
- Silnik centralny synchroniczny z magnesami trwałymi o mocy 140 kW



KONSTRUKCJA POJAZDU

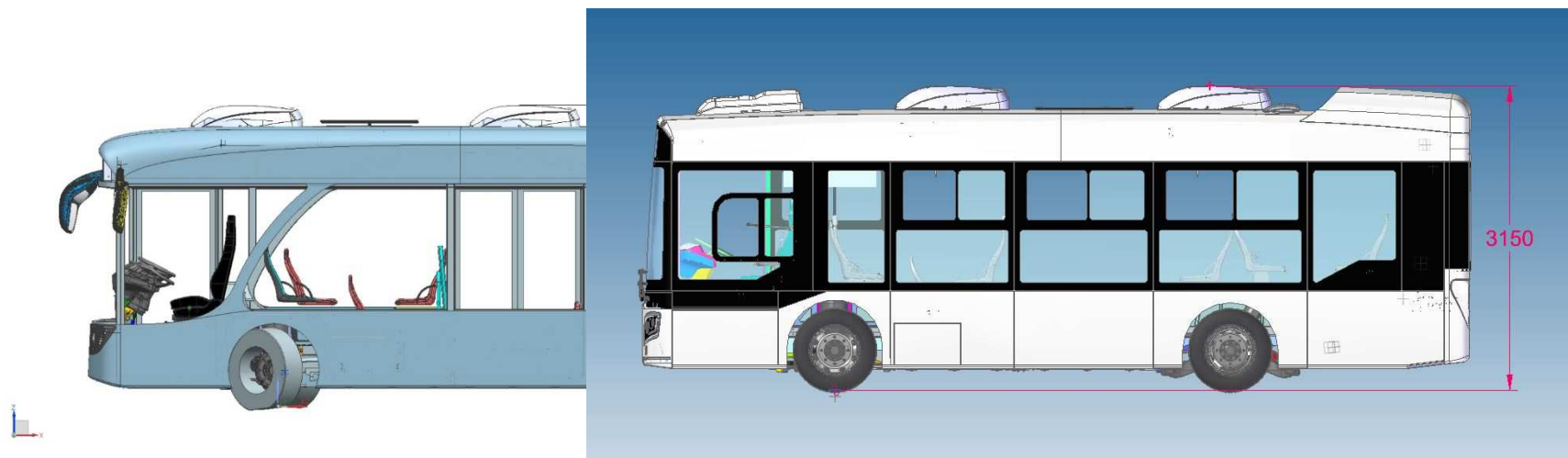
Minimalnie zabudowany dach



Minimalne obciążenie dachu generuje ekonomiczne wykonanie szkieletu i ścian pojazdu, co zmniejszy masę pojazdu.

Wygospodarowanie wolnej przestrzeni na dachu pojazdu pozwoli umieścić na nim panele fotowoltaiczne, wspomagające elektryczne obwody pojazdu.

Wysokość pojazdu



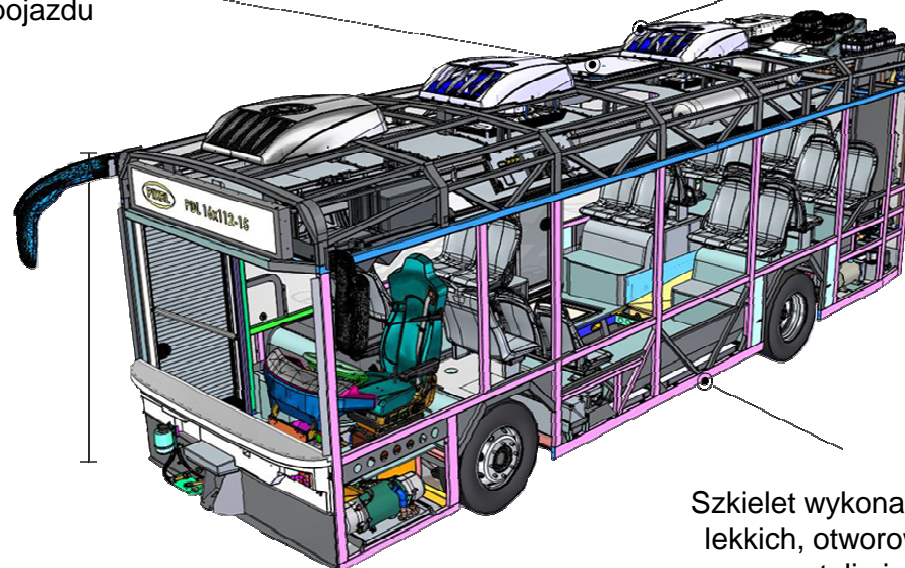
Wysokość pojazdu w przedziale 3150 mm - 3200 mm

KONSTRUKCJA POJAZDU

Wygospodarowanie wolnej przestrzeni na dachu umożliwia umieszczenie dodatkowych paneli fotowoltaicznych, wspomagających elektryczne obwody pojazdu

Minimalnie zabudowany dach zmniejsza wagę pojazdu

Wysokość pojazdu:
3,15 m



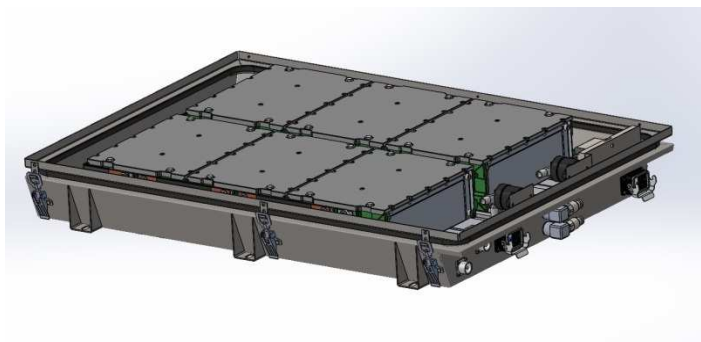
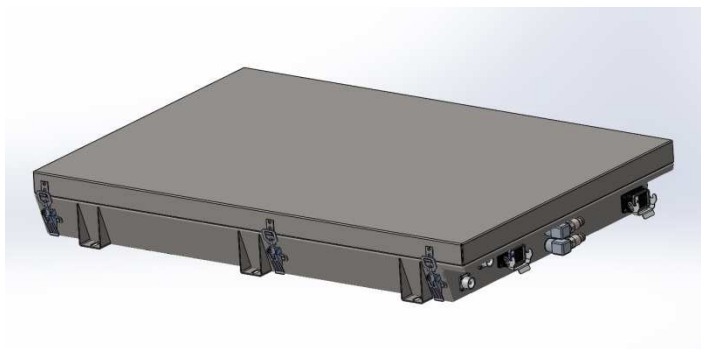
Szkielet wykonany w technologii samonośnej lekkich, otworowanych i giętych elementów ze stali nierdzewnej oraz z lekkich i wytrzymałych elementów z laminatów poliestrowych



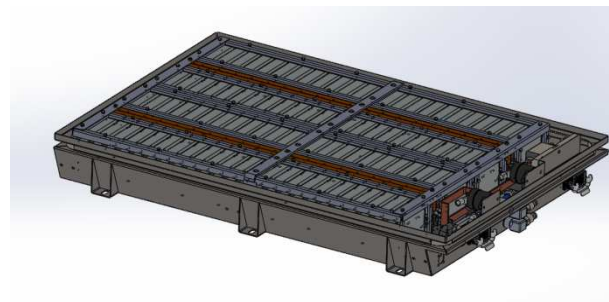
BUDOWA I UMIEJSCOWIENIE PAKIETÓW BATERII

Budowa pakietów NMC i LTO

Jednakowe OBUDOWY baterii dla rozwiązania LTO i NMC

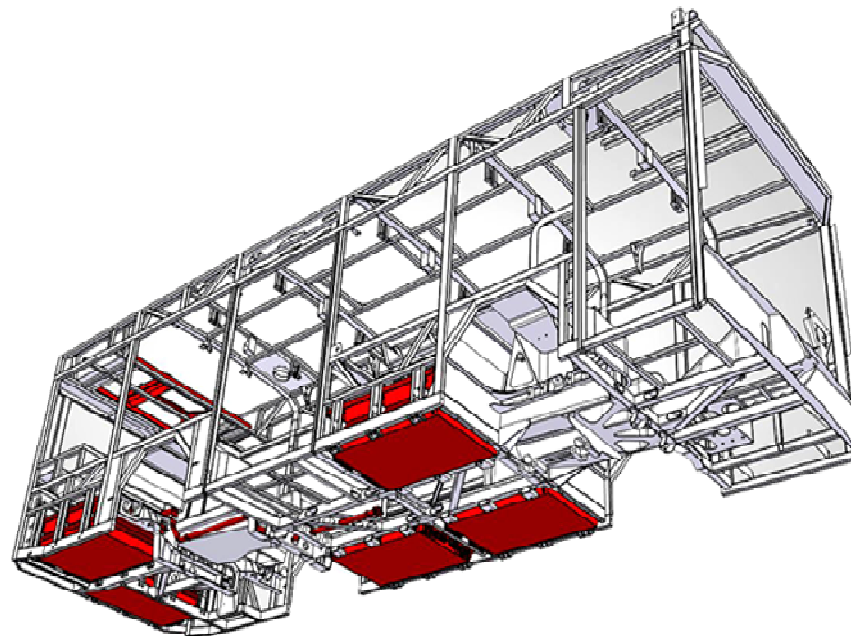


Modułowa budowa pakietów baterii umożliwi ich łatwą wymianę na nowocześniejsze i bardziej zaawansowane technologicznie




- LTO i NMC:
- W obu przypadkach system składa się z dwóch równoległe połączonych stringów bateryjnych.
- Każdy ze stringów może pracować samodzielnie (pojemność systemu i dostępna moc równe ½ całkowitej).
- Jeden string składa się z 4 kontenerów a połączenie jest realizowane za pomocą zespolonego MasterBox'a ze StringBox'em
- W MasterBox znajduje się stycznik główny oraz system Pre-Charge.

Umieszczenie baterii i pakiety



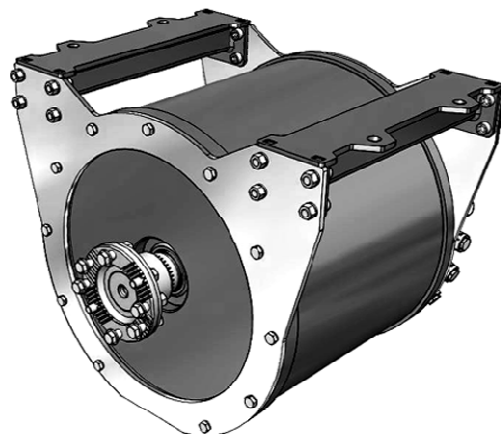
Umieszczenie pakietów baterii w kratownicy podłogi i na tylnym zwisie zapewniający stabilne parametry trakcyjne.

Modułowa budowa pakietów baterii umożliwi ich łatwą wymianę na nowocześniejsze i bardziej zaawansowane technologicznie.



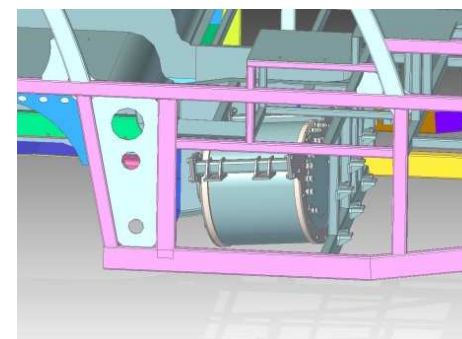
SILNIK SYNCHRONICZNY Z MAGNESAMI TRWALYMI PMSM

Silnik synchroniczny z magnesami trwałymi PMSM



Wielofazowy silnik synchroniczny z magnesami trwałymi :

- Zwiększy się sprawność silnika trakcyjnego w porównaniu do innych typów silników
- Zwiększy się chwilowa przeciążalność silnika
- Dla układów wielofazowych poprawi się niezawodność napędu z uwagi na możliwość pracy napędu elektrycznego przy zasilaniu tylko 1 z 2 układów gwiazdowych uzwojenia twornika
- Poprawie ulegną charakterystyki trakcyjne napędu i w efekcie osiągi pojazdu (przyspieszenie, siła uciągu, prędkość maksymalna)

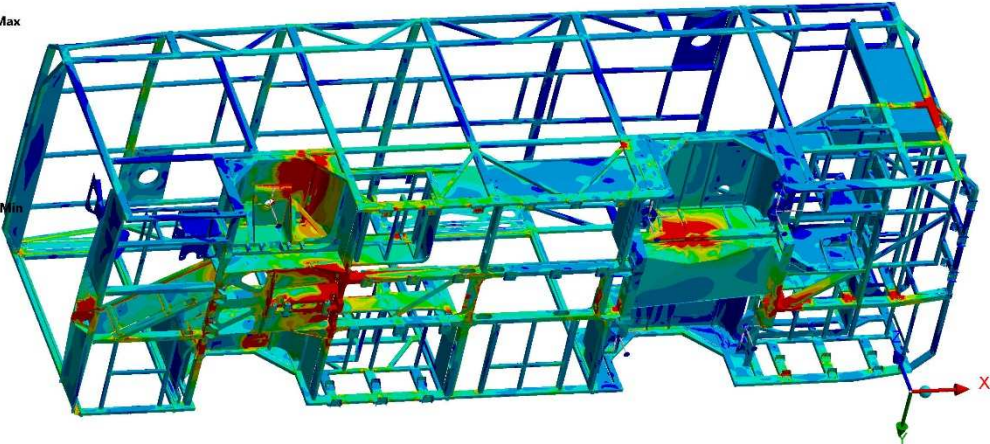
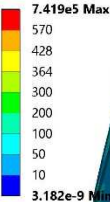




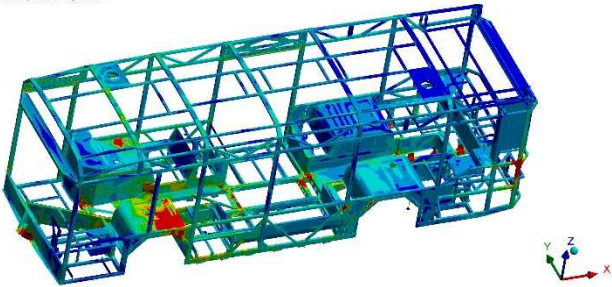
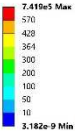
BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE

Na każdym etapie prac przeprowadzaliśmy badania symulacyjne
MES
prowadzone przez wewnętrzną komórkę RAFAKO

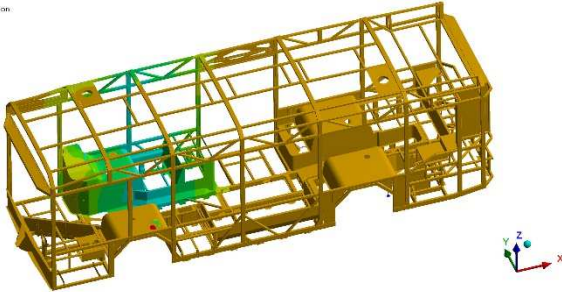
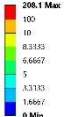
G: Static Structural
Equivalent Stress LS2
Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom
Unit: MPa
Time: 2



G: Static Structural
Equivalent Stress LS2
Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom
Unit: MPa
Time: 2



G: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 2





WIZUALIZACJE

Rafako Ebus – autobus miejsko/podmiejski wariant A



Rafako E-Bus wersja miejsko/podmiejska wariant A

Rafako Ebus – autobus miejsko/podmiejski wariant A



Rafako E-Bus wersja miejsko/podmiejska wariant A

Rafako Ebus – autobus szkolny Wariant B

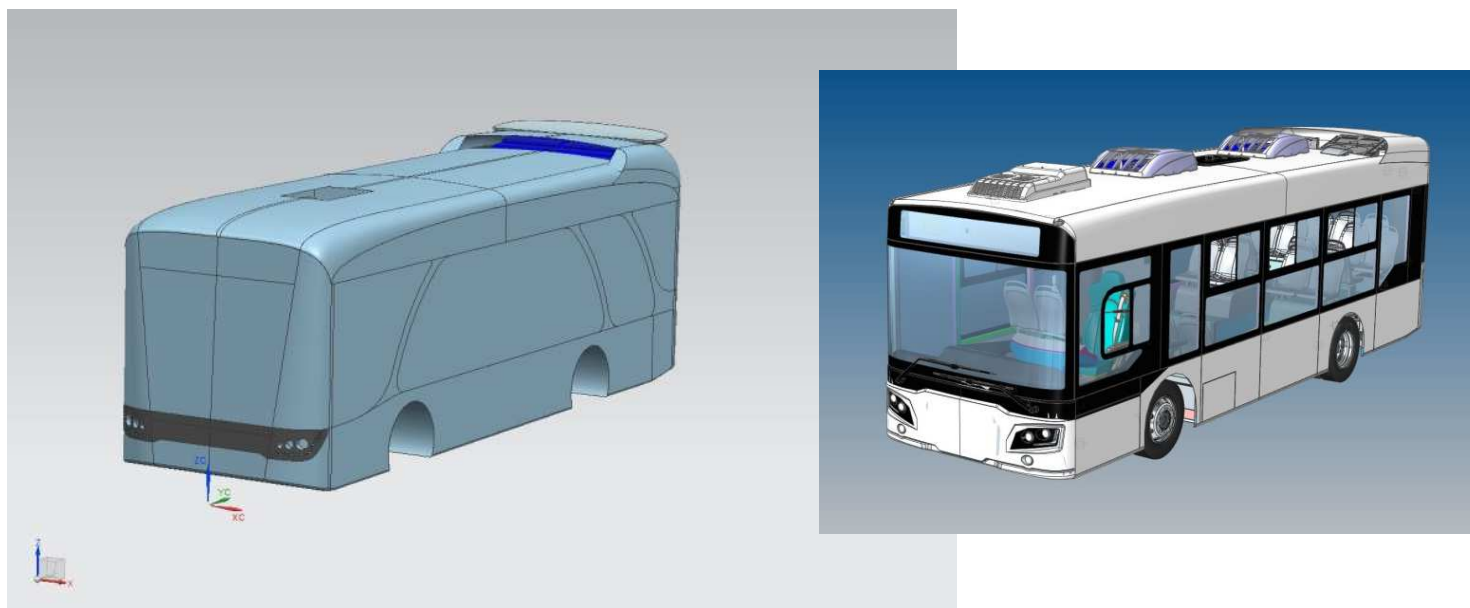


Rafako E-Bus wersja szkolna



EWOLUCJA KONSTRUKCJI

Rafako Ebus – autobus miejsko/podmiejski wariant A



Rafako E-Bus wersja miejsko/podmiejska wariant A

Rafako Ebus – autobus miejsko/podmiejski wariant A



Rafako E-Bus wersja miejsko/podmiejska wariant A

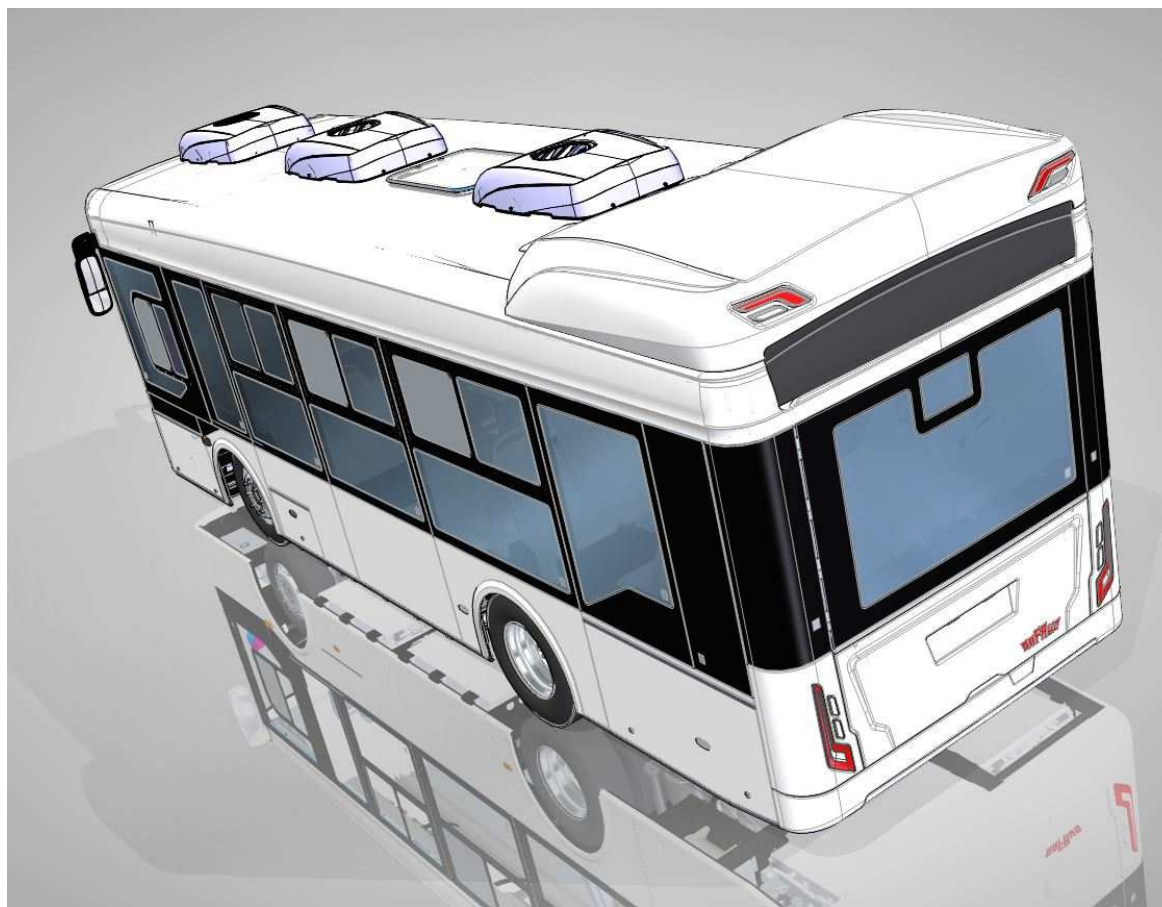


WERSJA OSTATECZNA

Rafako Ebus – autobus miejsko/podmiejski



Rafako Ebus – autobus miejsko/podmiejski



Rafako Ebus – autobus miejsko/podmiejski



Rafako Ebus – autobus miejsko/podmiejski





ZESPOŁY PROJEKTU

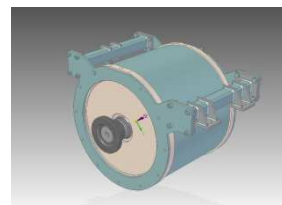
Zespoły projektu Rafako Ebus – styczeń 2017



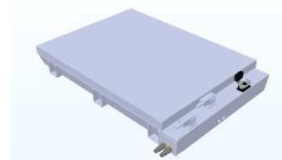
Projekt autobusu



Projekt i wykonanie silnika asynchronicznego z magnesami trwałymi



Projekt i wykonanie pakietów baterii



Nadzór nad projektem, wykonanie prototypów



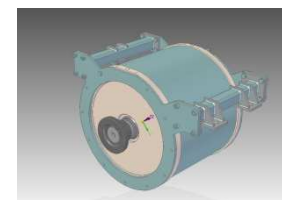
Zespoły projektu Rafako Ebus od maja 2018



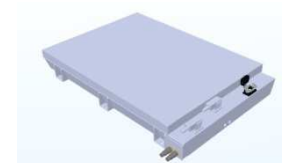
Projekt autobusu,
wykonanie prototypów



Projekt i wykonanie
silnika asynchronicznego
z magnesami trwałymi



Projekt i wykonanie pakietów
baterii





BUDOWA PROTOTYPU

Budowa prototypu

Bydgoszcz - biuro konstrukcyjne (08/2017 – 08/2018)



Budowa prototypu

Solec Kujawski – prototypownia (hala + biuro projektowe) od 08/2018



Budowa prototypu

Z elementów przygotowanych
w zakładzie produkcyjnym...



...w prototypowni zmontowano strukturę
pojazdu



Budowa prototypu

Baterie – produkcja pakietów

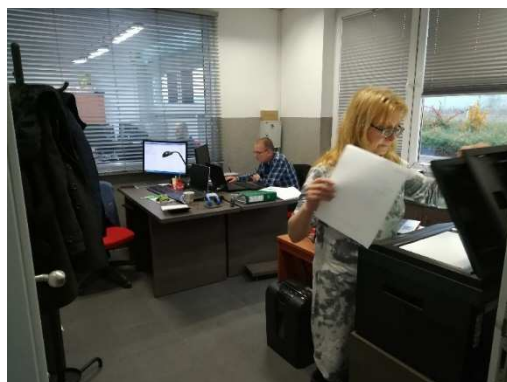


Silnik elektryczny testowy



Budowa prototypu

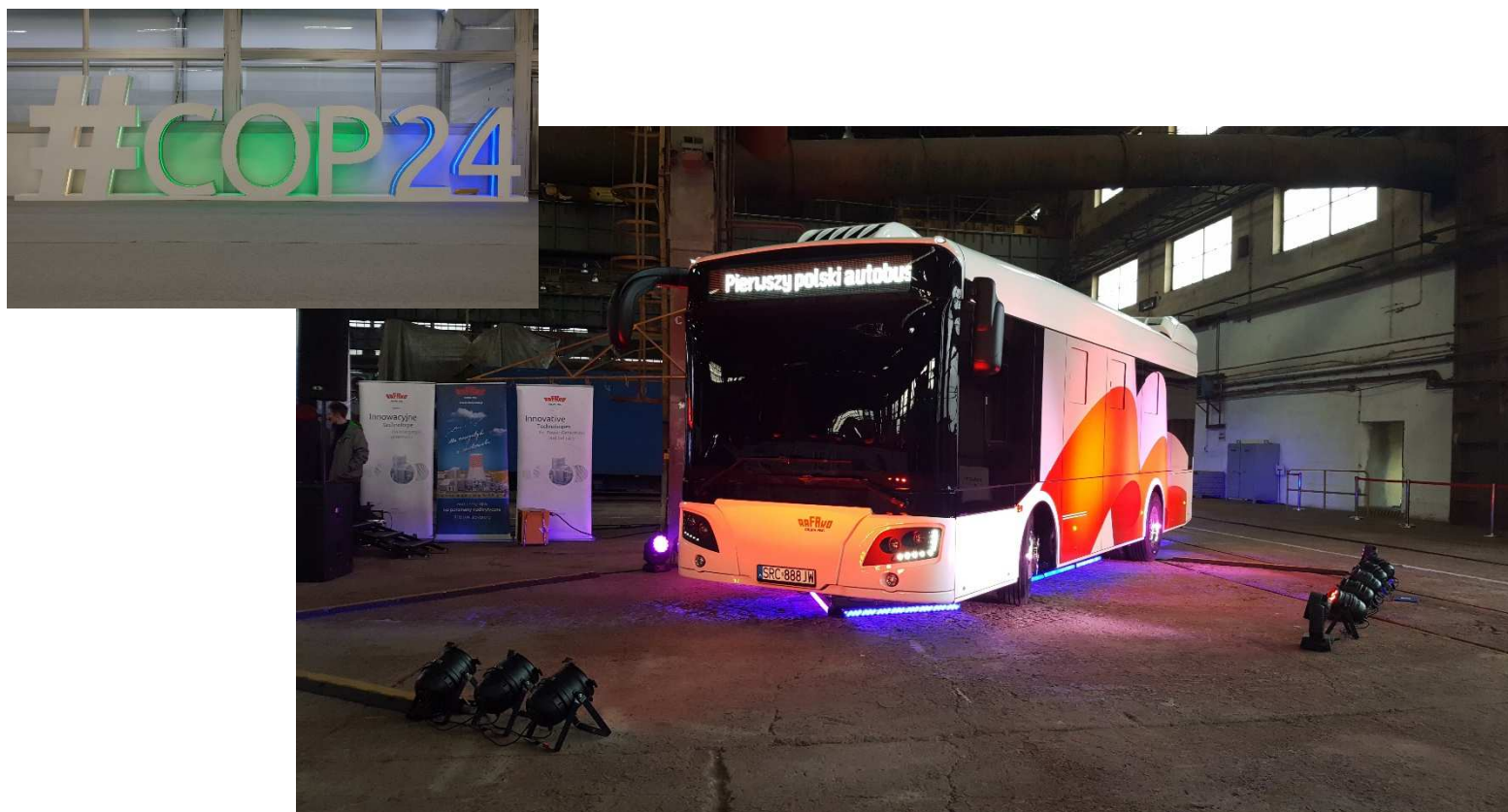
...w prototypowni prowadzono dalsze prace nad pojazdem



Budowa prototypu – grudzień 2018

Pierwsza prezentacja
na #COP24

I oficjalny pokaz autobusu w siedzibie firmy w
Raciborzu



Budowa prototypu

Przygotowany do targów, testów i prób homologacyjnych





PLAN NA 2019

PLAN PRAC NA 2019

I kwartał 2019:

- uruchomienie i testy prototypu

II kwartał 2019:

- prezentacja podczas targów Silesia 2019 – Sosnowiec
- przygotowanie do homologacji

III kwartał 2019:

- testy,
- przygotowanie do targów w Belgii
- konferencja podsumowująca testy

IV kwartał 2019:

- zakończenie homologacji,
- targi w Belgii BUSWORLD – Bruksela 2019,
- prezentacje (jazdy testowe) u klientów
- rozpoczęcie procedur sprzedażowych



ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY

RAFAKO S.A.
ul. Łąkowa 33
47-400 Racibórz
www.rafako.com.pl
www.e-bus.rafako.com.pl

KONTAKT:

Biuro Projekt E-mobility
ebus@rafako.com.pl
+48 32 410 10 19

