

Marek Szlęzak, MELEX Sp. z o. o., Mielec  
Sławomir Taubert, Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa

## EMISJA WODORU W UKŁADACH MAGAZYNOWANIA ENERGII WIELOKROTNEGO ŁADOWANIA – WYBRANE PRZYPADKI

### HYDROGEN EMISSION IN RECHARGEABLE ENERGY STORAGE SYSTEM – SELECTED CASES

**Streszczenie:** Problematyka emisji wodoru jest związana z typem zastosowanego układu do magazynowania energii wielokrotnego ładowania. Zagadnienie to nabiera istotnego znaczenia w obliczu ewolucji na skalę przemysłową pojazdów z napędem spalinowym na elektryczny i ich bezpieczną eksploatację w zróżnicowanym środowisku. W pracy dokonano analizy stanu wymogów prawnych dla pojazdów elektrycznych, a w szczególności dla kategorii L7e, na podstawie aktualnych rozporządzeń delegowanych Komisji UE, jak również Regulaminu 100 EKG ONZ. Artykuł prezentuje wyniki oceny emisji wodoru metodą analityczną, jak również alternatywną metodą badań. Zaproponowana alternatywna metoda badań pomiaru wartości emisji wodoru z układów magazynowania energii w oparciu o ważenie stanowi próbę odniesienia się do metody opisanej w regulaminie, jak również do metody analitycznej. Alternatywna metoda badań emisji wodoru z układów magazynowania energii stanowi istotę w przypadku braku dostępu na rynku krajowym do specjalistycznej komory z dedykowaną aparaturą badawczą. Praca opisuje również problemy i rozwiązania symulacji stanów awarii urządzenia ładowania układu magazynowania energii opartego o baterię małej trakcji typu otwartego. W podsumowaniu zawarto dalsze kierunki rozwoju metodologii pomiaru emisji wodoru.

**Abstract:** The subject of hydrogen emission is associated with the type of system used for rechargeable energy storage. This issue is gaining importance in the face of the evolution, on an industrial scale, of the vehicles with combustion engines into the electric ones and their safe operation in a diverse environment. The study analyzes the state of the legal requirements for electric vehicles and in particular for the L7e category based on the current regulations of the delegated EU committees as well as the UN-ECE Regulation No. 100. The article presents the results of the evaluating hydrogen emission, by analytical method as well as an alternative test method. The proposed alternative test method of measuring the emissions of hydrogen from energy storage systems, based on the weighting, is an attempt to refer to the method described in the regulations as well as the analytical method. An alternative method of testing hydrogen emission from the energy storage systems is an essence in the absence of access, on the domestic market, to the specialized chamber with dedicated testing equipment. The paper also describes the problems and solutions of the fault simulation of the charging device of the energy storage system based on the open type semi-traction battery. The summary provides further directions of the development of methodology for measuring hydrogen emission.

**Słowa kluczowe:** emisja wodoru, baterie, prostowniki, pojazdy elektryczne  
**Keywords:** hydrogen emission, batteries, chargers, electric vehicles

#### 1. Wstęp

Układy magazynowania energii w pojazdach elektrycznych stanowią jeden z kluczowych podzespołów mających wpływ na zasięg pojazdu, dynamikę jazdy czy też możliwości współpracy z systemami V2G (ang. vehicle to grid). W pojazdach kategorii L7e zakres wymogów dla układów magazynowania energii wielokrotnego ładowania (w dalszej części artykułu nazywany REESS) opisuje rozporządzenie 3/2014 [1] oraz Regulamin 100 EKG ONZ [2]. Jednym z badań, jakie nowe pojazdy tej kategorii muszą przejść, jest pomiar emisji wodoru w trakcie ładowania w przypadku baterii trakcyjnych typu otwartego. Badania emisji

wodoru należy wykonać zgodnie z metodą opisaną w załączniku nr 7 do Regulaminu 100 EKG ONZ. Istotnym elementem metody bazowej jest specjalistyczna aparatura analityczna do pomiarów stężenia wodoru wraz z gazo-szczelną komorą pomiarową, która aktualnie nie jest dostępna na rynku krajowym, co zmusza do poszukiwania alternatywnych metod. W celu sprawdzenia zgodności z przepisami stosowanych przez firmę Melex układów REESS, w Instytucie Transportu Samochodowego, we współpracy z firmą Melex, została opracowana alternatywna metoda pomiaru emisji wodoru.

## 2. Układ magazynowania energii wielokrotnego ładowania (REESS)

Zgodnie z definicją rozporządzenia [1] do badania REESS wytypowano akumulator trakcyjny stanowiący układ magazynowania energii elektrycznej z możliwością jego wielokrotnego ładowania oraz pokładowe urządzenie do ładowania, które dostarczało energię elektryczną (rys. 1).



Rys. 1. Układ REESS

### 2.1. Akumulator trakcyjny

Do badań został przyjęty moduł akumulatorowy typu otwartego o pojemności znamionowej 215 Ah w cyklu 5 godz. (260 Ah w cyklu 20 godz.) i napięciu 6 V (rys. 2). Akumulator trakcyjny stanowił zespół elektrycznie połączonych ośmiu modułów akumulatorowych do zasilania obwodu trakcyjnego.



Rys. 2. Dane znamionowe modułu akumulatorowego

Badany REESS typu otwartego podczas ładowania wytwarza wodór gazowy, który jest uwalniany do atmosfery. Ze względów bezpieczeństwa wielkość tej emisji jest limitowana przez przepisy. Wyznaczana jest ona w ściśle określonych warunkach badania.

### 2.2. Pokładowe urządzenie do ładowania

W badanym układzie REESS pokładowym urządzeniem do ładowania był przekształtnik energoelektryczny, którego dane znamionowe przedstawiono na rys. 3.

Type	48V 30A	Prog. BB220im:5
Art.Nr.	0036437A	
Sn.	1641197	
In	1x230V 50Hz 7A	CE
Out	48V 30A DC	IP20

Rys. 3. Dane znamionowe pokładowego urządzenia do ładowania

Na potrzeby badań pokładowe urządzenie do ładowania zostało zaprogramowane do parametrów wytypowanego akumulatora trakcyjnego (rys. 4).

Switch position	Battery Voltage	Battery type	Max Charging Current = I1	Battery capacity	Currents I2	Currents I3	Charging curve
0				NO ALGORITHM			
1	48 V	Unsealed	30,0 A	145-175Ah	8,0A	8,0A	LK10-06
2	48 V	Unsealed	30,0 A	176-210Ah	9,7A	9,7A	LK10-06
3	48 V	Unsealed	30,0 A	211-250Ah	11,5A	11,5A	LK10-06

Rys. 4. Nastawy urządzenia do ładowania [4]

## 3. Opis metod pomiaru emisji wodoru

### 3.1. Metoda z Regulaminu 100 EKG ONZ

Procedura pomiaru emisji wodoru w czasie ładowania REESS opisana jest w załączniku 7 do [2]. Badaniu mogą podlegać całe pojazdy lub tylko REESS. Badanie obejmuje następujące etapy:

- przygotowanie pojazdu / REESS,
- rozładowanie REESS,
- oznaczenie emisji wodoru w trakcie ładowania normalnego,
- rozładowanie REESS,
- oznaczenie emisji wodoru w trakcie ładowania za pomocą uszkodzonego urządzenia do ładowania.

#### 3.1.1. Wyposażenie pomiarowe stosowane w pomiarach emisji wodoru

Badanie emisji wodoru przeprowadza się w gazoszczelnej komorze pomiarowej zdolnej pomieścić cały pojazd lub REESS. Wewnętrzna powierzchnia komory musi być nieprzepuszczalna dla wodoru oraz nie wchodzić z nim w reakcje chemiczne. Układ regulacji temperatury wewnątrz komory musi umożliwiać utrzymywanie zadanej temperatury z dokładnością  $\pm 2K$ . W celu uwzględnienia zmian objętości na skutek emisji wodoru oraz zapobieżenia zmianom ciśnienia wewnątrz komory pomiarowej konieczne jest stosowanie układów kompensujących zmiany objętości.

Różnica między ciśnieniem wewnątrz komory, a ciśnieniem atmosferycznym musi się zawierać w przedziale  $\pm 5$  hPa. Do pomiaru stężenia

wodoru w komorze dopuszczalne jest stosowanie albo analizatora wodoru albo chromatografu z detektorem ciepłoprzewodnościowym. Próbkę powietrza z komory pobiera się ze środkowego punktu na jednej ze ścian bocznych lub na ścianie górnej komory. W trakcie przeprowadzania badań powinny być mierzone i rejestrowane temperatury powietrza wewnątrz komory oraz w pobliżu REESS, różnica pomiędzy ciśnieniem wewnątrz komory a ciśnieniem atmosferycznym, napięcie na urządzeniu do ładowania oraz natężenie prądu ładowania. Temperaturę wewnątrz komory mierzy się w dwóch punktach za pomocą czujników temperatury połączonych ze sobą w taki sposób, aby pokazywały wartość średnią. Rejestracja tych parametrów musi być dokonywana z częstotliwością co najmniej raz na minutę.

### 3.1.2. Przygotowanie pojazdu lub REESS do badań

Przed rozpoczęciem badań REESS powinien być odpowiednio postarzony. W przypadku badań pojazdu należy nim przejechać dystans co najmniej 300 km w ciągu siedmiu dni poprzedzających badanie. Jeżeli warunek ten nie jest spełniony, należy dwukrotnie przeprowadzić poniższą procedurę starzenia.

Procedura rozpoczyna się od rozładowania REESS pojazdu w czasie jazdy na hamowni podwoziowej zgodnej z wymaganiami określonymi w Regulaminie 83 EKG ONZ [3] ze stałą prędkością wynoszącą  $(70 \pm 5)\%$  maksymalnej trzydziestominutowej prędkości pojazdu. Zatrzymanie pojazdu następuje w przypadku spełnienia jednego z poniższych warunków:

- gdy pojazd nie jest w stanie jechać z prędkością wynoszącą 65% maksymalnej trzydziestominutowej prędkości pojazdu; lub
- gdy standardowe przyrządy pokładowe pokazują kierowcy, iż należy zatrzymać pojazd; lub
- po przejechaniu odcinka o długości 100 km.

Taką samą procedurę rozładowania wykonuje się przed każdym ładowaniem, podczas którego wykonuje się pomiary emisji wodoru.

Po zakończeniu fazy rozładowania rozpoczyna się ładowanie REESS. Ładowania dokonuje się za pomocą urządzenia do ładowania przeznaczonego do badanego pojazdu oraz w temperaturze otoczenia z zakresu 20 - 30°C. Kryterium zakończenia ładowania REESS jest automatyczne wyłączenie ładowania przez urządzenie do ładowania.

W przypadku badań samego REESS przed rozpoczęciem badań emisji wodoru powinien on być poddany co najmniej pięciu standardowym cyklom. Standardowy cykl składa się z dwóch faz: standardowego rozładowania z następującym po nim standardowym rozładowaniem. Jeżeli nie określono inaczej, rozładowanie następuje prądem 1C. Kryterium zakończenia rozładowania jest osiągnięcie wartości napięcia, którą określa producent REESS. Po rozładowaniu następuje co najmniej 30-minutowa przerwa, po której rozpoczyna się faza standardowego ładowania. Jeżeli nie określono inaczej, ładowania dokonuje się prądem C/3. Kryterium zakończenia ładowania określane jest przez producenta REESS.

### 3.1.3. Pomiar emisji wodoru w trakcie ładowania

Zgodnie z przepisami pomiaru emisji wodoru dokonuje się dla dwóch przypadków: ładowania normalnego oraz ładowania z zasymulowanym uszkodzeniem urządzenia do ładowania. Uszkodzenie polega na ładowaniu REESS maksymalnym prądem jeszcze przez 30 minut od momentu osiągnięcia napięcia na zaciskach REESS, przy którym ładowarka zaczyna zmniejszać natężenie prądu ładowania. Oba testy składają się z dwóch faz:

- ładowania przy stałej mocy;
- przeładowania przy stałym natężeniu lub ładowania przy maksymalnym natężeniu prądu, zgodnie z zaleceniami producenta, przez 30 minut; w czasie trwania tej fazy urządzenie do ładowania musi dostarczać prąd o maksymalnym natężeniu zgodnie z zaleceniami producenta.

Przed rozpoczęciem pomiaru emisji prowadzonym na pojeździe należy rozładować REESS zgodnie z procedurą opisaną w punkcie 3.1.2. W przypadku badań samego REESS jego rozładowanie dokonuje się przy  $(70 \pm 5)\%$  mocy nominalnej układu. Następnie badany obiekt umieszczony jest w pomieszczeniu, w którym utrzymywana jest stała temperatura.

Kondycjonowanie przeprowadza się w stałej temperaturze  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  przez okres od 12 do 36 godzin. Bezpośrednio przed rozpoczęciem pomiaru komora jest przewietrzana aż do osiągnięcia stabilnego poziomu stężenia wodoru. Badany obiekt należy umieścić w komorze i podłączyć do układu do ładowania. W ciągu maksimum dwóch minut od podłączenia należy komorę uszczelnić. Od tego momentu rozpo-

czyną się proces ładowania. Na początku tego procesu mierzone są wartości początkowe stężenia wodoru, temperatury i ciśnienia w komorze ( $C_{H2i}$ ,  $T_i$ ,  $p_i$ ). Temperatura w komorze musi być utrzymywana w przedziale 18 - 22°C. Po zakończeniu mierzone są wartości końcowe stężenia wodoru, temperatury i ciśnienia w komorze ( $C_{H2f}$ ,  $T_f$ ,  $p_f$ ).

Kryteria zakończenia ładowania REESS odpowiadają automatycznemu wyłączeniu ładowania przez urządzenie do ładowania po czasie ładowania  $t_1 + t_2$ . Powyższy czas ładowania musi być ograniczony do  $t_1 + 5$  godz., nawet jeżeli odpowiednie przyrządy wskazują wyraźnie, że REESS nie został jeszcze całkowicie naładowany. Procedura pomiaru emisji wodoru w trakcie ładowania za pomocą uszkodzonego urządzenia do ładowania musi się rozpocząć w ciągu 7 dni od zakończenia procedury pomiaru emisji wodoru w trakcie ładowania normalnego.

### 3.1.4. Obliczenie emisji wodoru w trakcie ładowania

Obliczenie emisji wodoru dokonuje się na podstawie zmierzonych wartości początkowych i końcowych stężenia wodoru, temperatury i ciśnienia w komorze oraz objętości komory. Masę wyemitowanego wodoru oblicza się na podstawie zależności:

$$M_{H2} = k \times V \times 10^{-4} \times \left( \frac{\left(1 + \frac{V_{out}}{V}\right) \times C_{H2f} \times p_f}{T_f} - \frac{C_{H2i} \times p_i}{T_i} \right) \quad (1)$$

gdzie:

$M_{H2}$  - masa wodoru, w gramach

$C_{H2}$  - zmierzone stężenie wodoru w komorze, w ppm obj.

$V$  - objętość netto komory w metrach sześciennych ( $m^3$ ) skorygowana o objętość pojazdu z opuszczonymi szybami i otwartym bagażnikiem; jeżeli objętość pojazdu nie jest określona, odejmuje się objętość  $1,42 m^3$

$V_{out}$  - objętość wyrównawcza w  $m^3$ , w warunkach badawczych temperatury i ciśnienia

$T$  - temperatura otoczenia w komorze, w K

$P$  - ciśnienie bezwzględne w komorze, w kPa

$k = 2,42$

gdzie indeksy oznaczają:

$i$  - wartość początkową

$f$  - wartość końcową

### 3.2. Metoda analityczna

W ramach tej metody producent modułów akumulatorowych określa zależność poziomu emi-

sji wodoru od czasu ładowania oraz pojemności na celę dla danej fazy procesu ładowania. Zależność ta jest silnie powiązana z typem modułów akumulatorowych jak prezentuje to poniższe zestawienie [5].

- Flooded batteries:
  - ✓ Float Charging (2.25 VPC @ 25°C) 1.0 to **2.5** cc/hr/Ah/cell
  - ✓ Absorption Charging (2.47VPC @ 25°C) 2.5 to **4.5** cc/hr/Ah/cell
  - ✓ Equalize Charging (2.70VPC @ 25°C) 4.5 to **14.0** cc/hr/Ah/cell
- VRLA batteries:
  - ✓ Float Charging (2.25 VPC @25°C) 0.010 to **0.019** cc/hr/Ah/cell
  - ✓ Absorption Charging (2.45VPC @ 25°C) 0.019 to **0.025** cc/hr/Ah/cell
  - ✓ Boost Charging (2.39 VPC @25°C) 0.013 to **0.015** cc/hr/Ah/cell

gdzie:

cc – objętość emisji wodoru na  $1 cm^3$

hr – czas w godz.

Ah – średni prąd dla cyklu

cell – liczba ogniw w baterii

Dla przyjętego akumulatora trakcyjnego, który został poddany cyklowi ładowania normalnego (Rys. 5, 6) wyliczona wartość emisji wodoru wyniosła 1,6 g.

Tablica 1. Zestawienie wyliczeń

	cc	hr	Ah	cell	cm3	H2m	
Float	2,5	2,9	30	24	5220	0,51625	
Absorption	4,5	2,5	19,6	24	5292	0,52337	
Equalize	14	1,5	11,5	24	5796	0,57321	
					total	1,61283	g

W przypadku wyliczeń przemysłowych (2) najczęściej przyjmuje się granicę napięcia gazowania danego typu akumulatora trakcyjnego od której mierzy się emisję wodoru.

$$M_{H2-I} = I_{avg} * hr * n_{cell} * c_{fmg} \quad (2)$$

gdzie:

$M_{H2-I}$  – masa emisji wodoru w metodzie przemysłowej,

hr – czas w godz.,

$n_{cell}$  – liczba ogniw w baterii,

$c_{fmg}$  – stała konwersji 4,49E-02.

W badanym przypadku akumulatora (Rys. 5, 6) wartością graniczną było napięcie 2,33 Vpc. Średni prąd ładowania wyniósł 15 A w okresie 3,5 godz., podczas którego napięcie było powyżej punktu gazowania.

Dla zmierzonych wartości wyliczona emisja wodoru wyniosła 56,53 g.

### 3.3. Metoda ważenia

Metoda ważenia polega na wyznaczeniu zmiany masy REESS w trakcie procesu ładowania. Zmiana ta wynika z dysocjacji części wody i jej rozłożenia na wodór i tlen. Stąd masa wyemitowanego wodoru stanowi 1/9 różnicy masy REESS wyznaczonej przed rozpoczęciem procedury ładowania oraz po jej zakończeniu.

$$M_{H2} = \frac{M_i - M_f}{9} \quad (3)$$

gdzie:

$M_i$  – masa REESS przed rozpoczęciem procesu ładowania,

$M_f$  – masa REESS po zakończeniu procesu ładowania.

Procedury przygotowania obiektu do badania i warunki badania są takie same, jak w metodzie opisanej w punkcie 3.1 powyżej.

#### 4. Wyniki badań metodą ważenia

##### 4.1. Wyposażenie pomiarowe użyte w badaniach

Do badań były stosowane:

- waga Mettler-Toledo typ PBD655-B120, numer seryjny B638062889,
- stacja akwizycji danych firmy Alfa Progetti typu Smart IC2 T200, numer seryjny B14SE00080 3,
- tester akumulatorów firmy EMA typu TAT-01, numer fabryczny 4,
- termohigrobarometr firmy LABEL typ LB-701, wersja M z panelem odczytowym LB-702B.

##### 4.2. Przebieg i wyniki badań

Badania emisji wodoru przeprowadzono na układzie magazynowania energii wielokrotnego ładowania typu REESS48MEL. Układ ten zbudowany jest z zestawu 8 akumulatorów TROJAN T-145. Przygotowanie układu do badań oraz warunki badań były zgodne z metodą opisaną w Regulaminie 100 EKG ONZ, seria 02 poprawek. Rozładowanie było przerywane po osiągnięciu napięcia minimalnego równego 1,75 V/cele. Do wyznaczenia masy wyemitowanego wodoru posłużono się metodą wagową. Ze względu na zakres pomiarowy użytej wagi możliwy był jednoczesny pomiar masy tylko trzech akumulatorów. Wartości masy akumulatorów przed procesem ładowania i po jego zakończeniu przedstawiono w tablicach 2 i 3.

Tablica 2. Wyniki pomiarów masy akumulatorów [kg] w trakcie procesu ładowania normalnego

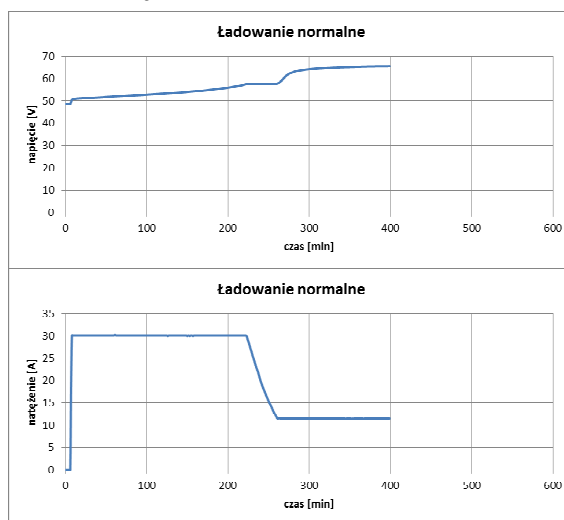
Akumulatory	Masa przed rozpoczęciem ładowania $m_p$	Masa po zakończeniu ładowania $m_k$
1, 2, 3	99,210	99,156
4, 5, 6	99,476	99,424
7, 8	66,450	66,414

SUMA	265,136	264,994
Różnica ( $m_p - m_k$ )	<b>0,142</b>	

Tablica 3. Wyniki pomiarów masy akumulatorów [kg] w trakcie procesu ładowania za pomocą uszkodzonej ładowarki

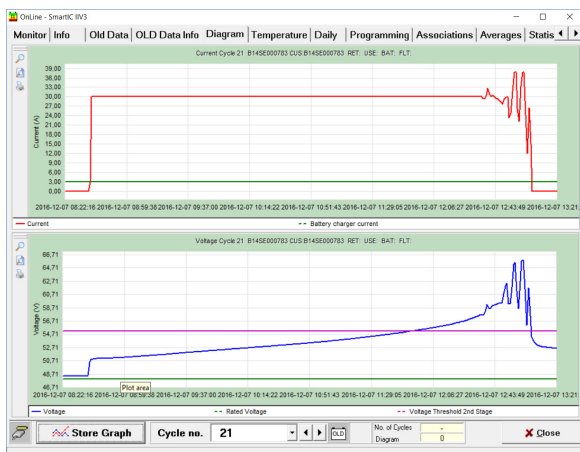
Akumulatory	Masa przed rozpoczęciem ładowania $m_p$	Masa po zakończeniu ładowania $m_k$
1, 2, 3	99,154	99,140
4, 5, 6	99,414	99,406
7, 8	66,408	66,406
SUMA	264,976	264,952
Różnica ( $m_p - m_k$ )	<b>0,024</b>	

Na rys. 5 i 6 przedstawiono przebieg zmian napięcia na zaciskach zestawu akumulatorów oraz natężenia prądu ładowania w trakcie procesu ładowania normalnego oraz ładowania za pomocą uszkodzonej ładowarki.



Rys. 5. Przebieg zmian napięcia na zaciskach zestawu akumulatorów oraz natężenia prądu ładowania w trakcie procesu ładowania normalnego

Zmiana masy REESS w trakcie procesu ładowania normalnego, wynikająca z dysocjacji części wody i jej rozłożenia na wodór i tlen, wyniosła 142 g, natomiast w trakcie procesu ładowania za pomocą uszkodzonej ładowarki 24 g. W związku z tym, zgodnie z zależnością (3), masa wyemitowanego wodoru wyniosła odpowiednio 16 g i 3 g. W tablicy 4 zestawiono wartości emisji wodoru uzyskane metodą wagową i analityczną. Ze względu na brak odpowiedniego wyposażenia pomiarowego nie wykonano pomiarów metodą opisaną w [2].



Rys. 6. Przebieg zmian napięcia na zaciskach zestawu akumulatorów oraz natężenia prądu ładowania w trakcie procesu ładowania przy pomocy uszkodzonej ładowarki

Tablica 4. Zestawienie wyników masy wyemitowanego wodoru [g] badanego REESS

Typ ładowania	Metoda wagowa	Metoda analityczna	Limit
normalne	16	24	78
za pomocą uszkodzonej ładowarki	3	?	42

Niepewność pojedynczego pomiaru masy za pomocą zastosowanej wagi wynosi  $\pm 1,2$  g. W związku z tym niepewność wyznaczenia masy wodoru wyemitowanego w poszczególnych procesach ładowania wynosi  $\pm 2,9$  g.

## 5. Podsumowanie

Metoda wagowa nie wymaga skomplikowanego i drogiego w utrzymaniu wyposażenia pomiarowego takiego, jak komora pomiarowa i analizator wodoru. Przepisy dopuszczają stosowanie innej metody analitycznej niż ta opisana w [2], jednak musi ona być zwalidowana i ma dawać równoważne wyniki z metodą zalecaną. Metoda ważenia opiera się na założeniu, że zmiana masy REESS w trakcie ładowania wynika tylko z dysocjacji części wody i jej rozłożenia na wodór i tlen. Jednak zmiana masy może wynikać również z odparowania części wody. Wyniki pomiaru emisji wodoru w trakcie ładowania REESS mogą być z tego powodu zawyżone. Ze względu na prosty pomiar i niedrogi wyposażenie pomiarowe może być ona stosowana do wstępnego sprawdzenia, czy dany REESS spełnia wymagania w zakresie emisji wodoru. W przypadku badanego REESS emisja wodoru metodą ważenia wyniosła ( $16 \pm 2,9$ ) g w trakcie procesu ładowania normalnego

oraz ( $3 \pm 2,9$ ) g w trakcie procesu ładowania za pomocą uszkodzonej ładowarki i była znacznie mniejsza od wartości dopuszczalnych wynoszących odpowiednio 78 g oraz 42 g. Można więc na podstawie wykonanych pomiarów stwierdzić, że badany REESS spełnia wymagania w zakresie emisji wodoru.

W celu zmniejszenia niepewności wyniku pomiaru emisji wodoru należy zastosować wagę o większym zakresie pomiarowym pozwalającym wykonywać jednokrotne ważenie całego REESS. Przy założeniu zbliżonej niepewności pojedynczego pomiaru masy należy spodziewać się zmniejszenia niepewności z 3 g do ok. 1,7 g. W celu uznania metody wagowej za równoważną z metodą analityczną opisaną w [2] należy przeprowadzić badania porównawcze emisji wodoru i sprawdzić, czy obie w/wym. metody dają równoważne wyniki.

## 6. Literatura

- [1]. ROZPORZĄDZENIE DELEGOWANE KOMISJI (UE) NR 3/2014 z 24.10.2013 r.
- [2]. Regulamin 100.02 EKG ONZ z 15.07.2013 r.
- [3]. Regulamin 83.07 EKG ONZ z 25.01.2015 r.
- [4]. The Charging Algorithms of the Program BB220Im, PrimePower
- [5]. Materiały techniczne producenta baterii Trojan

## Autorzy

dr inż. Marek Szlęzak  
Melex Sp. z o.o.  
ul. Wojska Polskiego 3, 39-300 Mielec  
marek.szlęzak@melex.com.pl

mgr inż. Sławomir Taubert  
Instytut Transportu Samochodowego  
ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa  
slawomir.taubert@its.waw.pl

## Informacje dodatkowe

Źródłem finansowania powstałej pracy naukowej, są środki firmowe Melex sp. z o. o.