



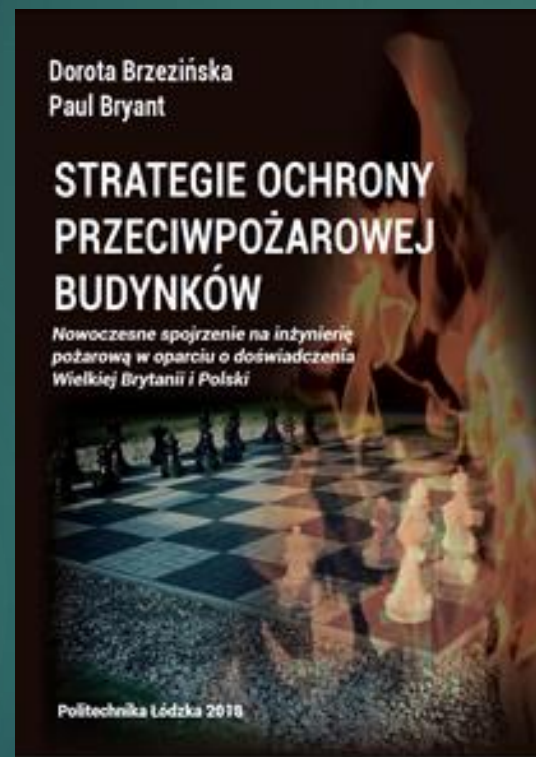
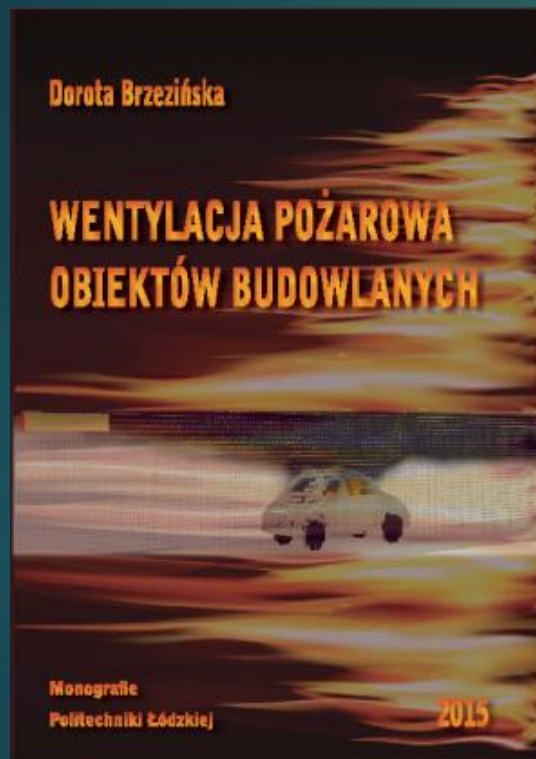
Wentylacja awaryjna jako narzędzie do zapobiegania pożarom w garażach, w których dozwolony jest wjazd samochodów napędzanych paliwami gazowymi



Dr inż. Dorota Brzezińska

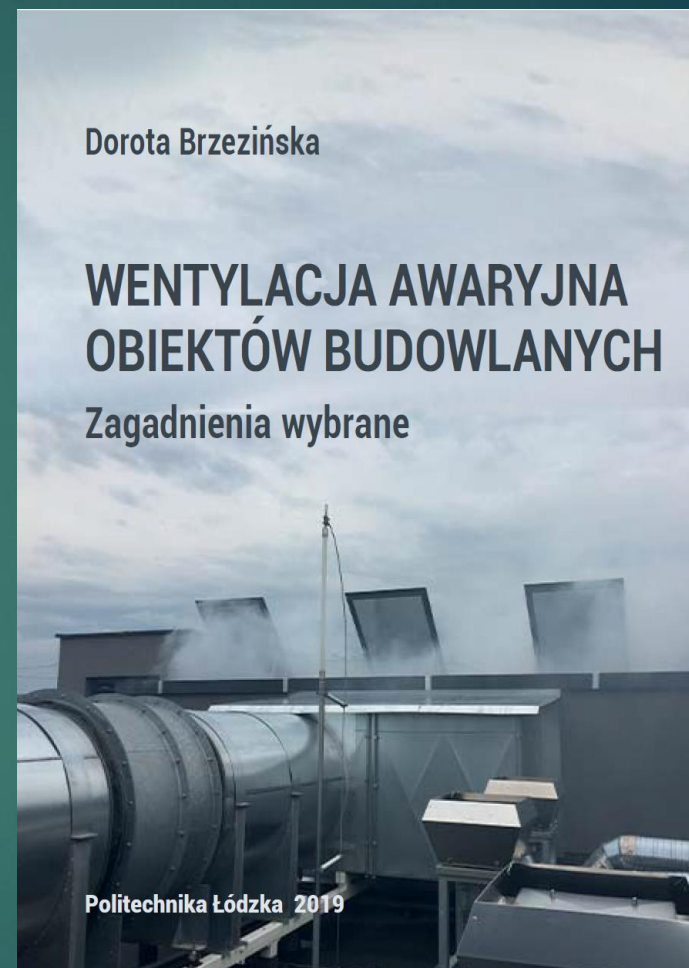
dr inż. Dorota Brzezińska

Publikacje książkowe



Książka, w której omówione są zagadnienia przedstawione w prezentacji

2



Do nabycia na:

<https://wydawnictwo.p.lodz.pl/katalog/wentylacja-awaryjna-objektow-budowlanych>

LPG w garażach podziemnych

Stan prawny w Polsce

ROZPORZADZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY

z dnia 12 kwietnia 2002 r.

**w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i
ich usytuowanie.**

(Dz. U. z dnia 15 czerwca 2002 r.)

§ 108. 1. W garażu zamkniętym należy stosować wentylację:

(...)

1. 4). mechaniczną, sterowaną czujkami niedopuszczalnego poziomu stężenia gazu propan-butan - w garażach, w których dopuszcza się parkowanie samochodów zasilanych gazem propan-butan i w których poziom podłogi znajduje się poniżej poziomu terenu.

(...)

Brak jest szczegółowych wytycznych w zakresie projektowania tych systemów

Ciężar właściwy gazów



Wodór

0,082 kg/m³

Metan
(CNG)

0,656 kg/m³

POWIETRZE

1,20 kg/m³

LPG (GAZ)

2,46 kg/m³

LPG w stanie gazowym
jest 2 razy cięższe od
powietrza!

CNG w stanie gazowym
jest 2 razy lżejsze od
powietrza!

H₂ w stanie gazowym
jest ~14 razy lżejszy od
powietrza!

Właściwości LPG

LPG rozprężając się ochładza się, rozprzestrzenia przy podłożu podobnie jak woda i odparowuje.

1 litra LPG → 250 litrów gazu!

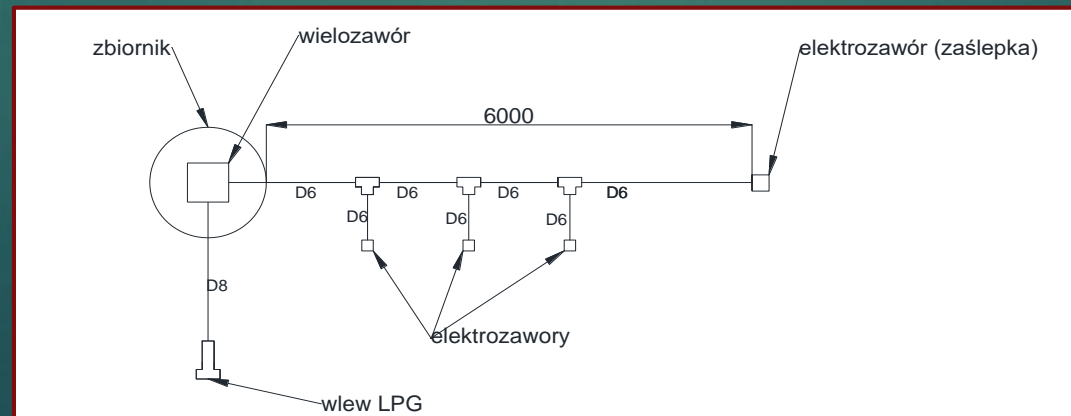


0,17 l cieczy
↓
42,5 l gazu ($\rho=100\%$)
↓
425 l gazu ($\rho=10\%$)
↓
2125 l gazu ($\rho=2\%$)

LPG: Dolna Granica Wybuchowości – 2%
Górna Granica Wybuchowości – 10%

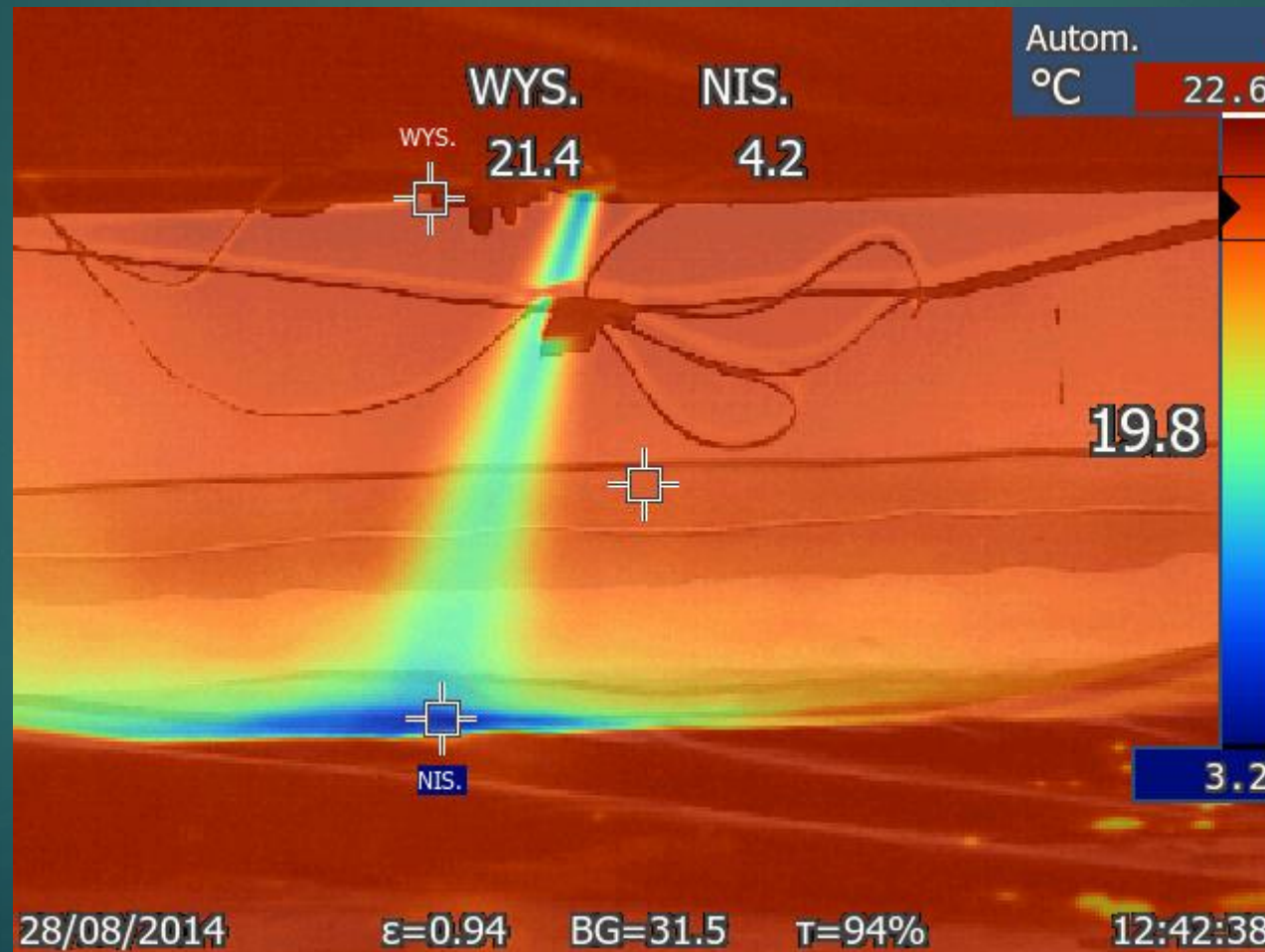
Pomiar stężenia LPG w garażu

Pomiar I - 28.08.2014 r.



Pomiar stężenia LPG w garażu

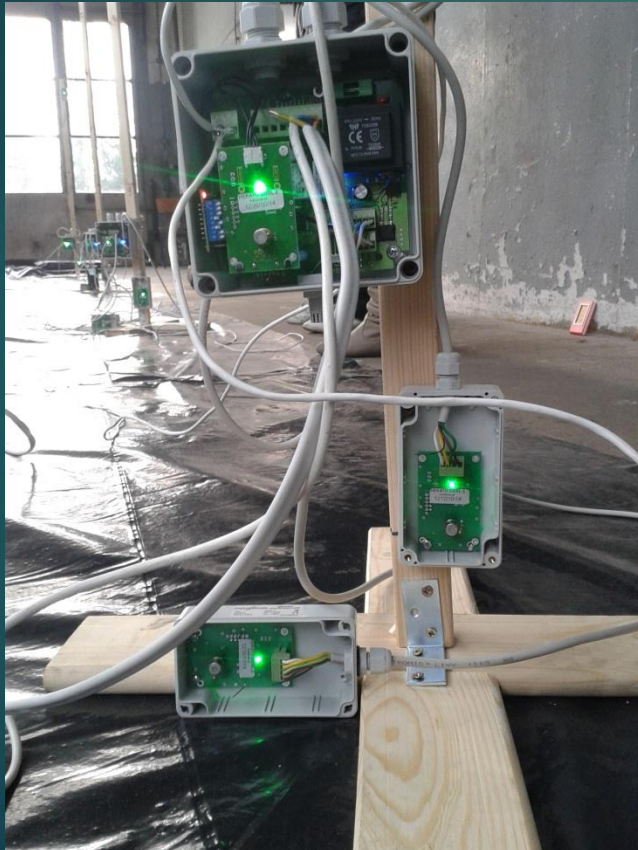
Wyniki badań - zdjęcie z kamery termowizyjnej
Foto. 4 JRG Łódź



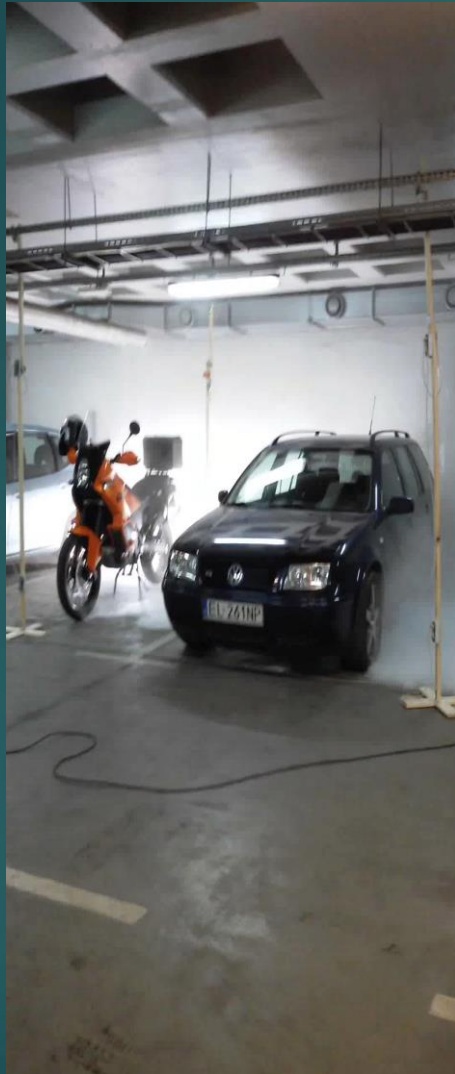
Badania - Etap III

14.12.2014 r.

Emisja LPG otworem $\varnothing 1$ mm przez 60 s, detektory na wysokości 2, 10 i 30 cm, przeprowadzonych 12 badań.



Skuteczność działania wentylacji w aspekcie odprowadzania LPG



Went. kanałowa



Went. strum.
I bieg



Went. strum.
II bieg

Wentylacja

Siatka 10 cm, wyptyw gazu 4 s, wentylacja po 27 s



Brak wentylacji

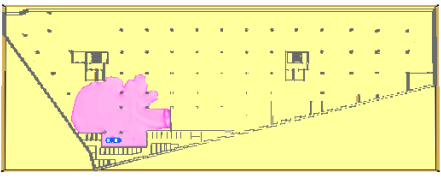
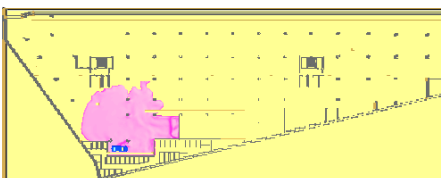
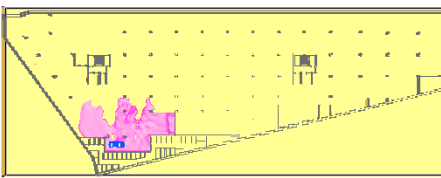
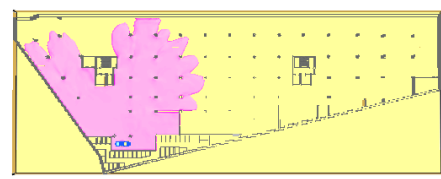
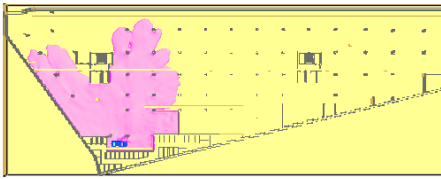
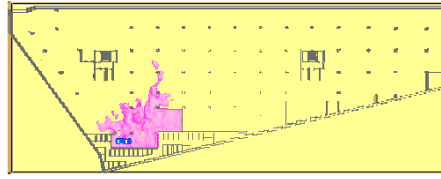
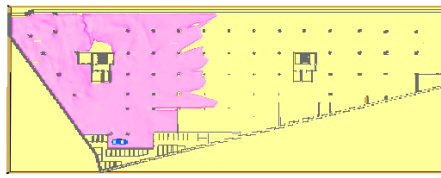
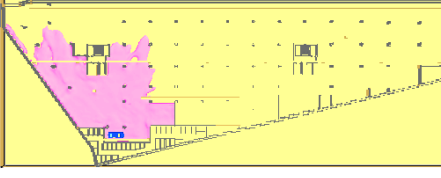
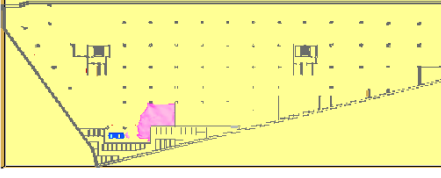
Wentylacja czynna



Obserwacje: Wentylacja ma zasadniczy wpływ na odprowadzanie uwolnionego gazu LPG z garażu.

Wpływ wentylacji na odprowadzanie LPG

Zasięg stężenia wybuchowego w przypadku rozszczelnienia zbiornika samochodowego, w zależności od rodzaju wentylacji garażu.

Czas	Brak wentylacji	Wentylacja kanałowa	Wentylacja strumieniowa
T=60 s			
T=180 s			
T=300 s			

Obserwacje: Wentylacja strumieniowa w znacznie krótszym czasie rozrzedza LPG poniżej stężenia wybuchowego (kolor różowy) niż wentylacja kanałowa

LPG w garażach podziemnych - Wnioski

1. W przypadku rozszczelnienia się instalacji LPG w samochodzie należy spodziewać się krótkotrwałego wystąpienia atmosfery wybuchowej (~10÷30 s).

2. Gaz LPG gromadzi się przy posadzce a jego stężenie na wysokości 10 cm znacznie przewyższa stężenie na 30 cm, co oznacza, że detektory powinny być umieszczane jak najbliżej posadzki.

3. Tylko wentylacja strumieniowa jest w stanie skutecznie odprowadzić uwolniony w garażu gaz LPG, konieczne jest jednak uruchamianie jej w trybie awaryjnym, na drugim biegu.

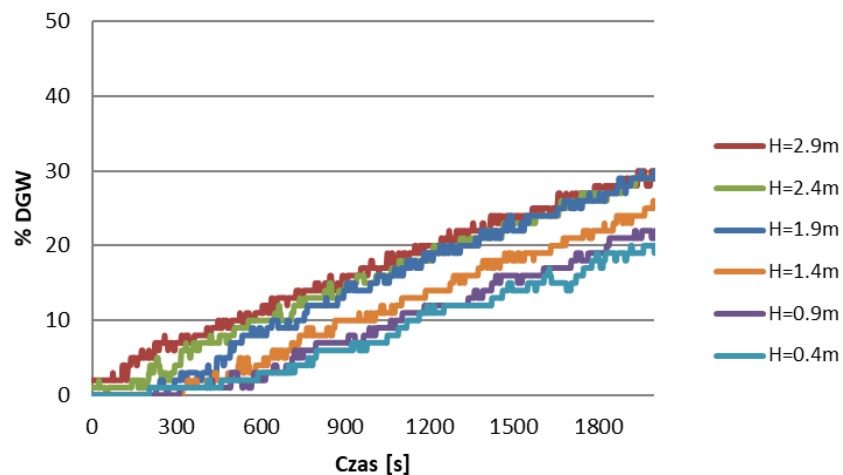
Pomiary stężenia wodoru



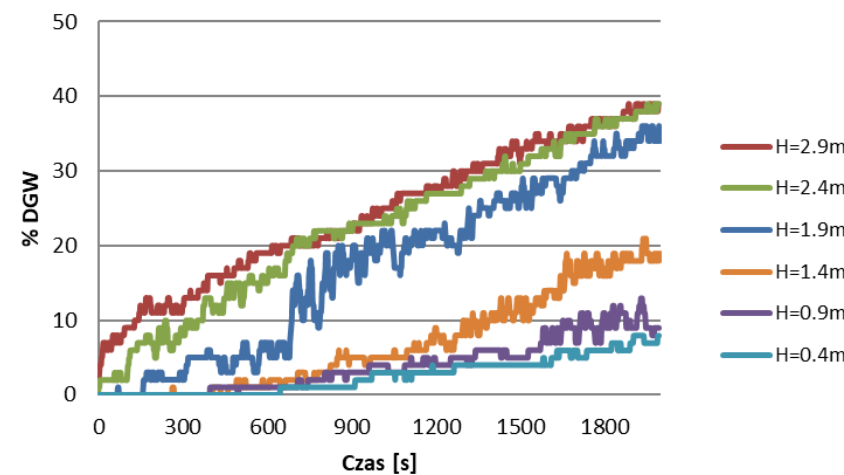
Pomiar stężenia wodoru z wykorzystaniem 6 detektorów rozmieszczonych nad w pobliżu źródła emisji. Dostarczanie wodoru z butli, za pośrednictwem przepływomierza. Rejestracja stężeń wodoru i przepływu.

Stężenie wodoru w zależności od rodzaju emisji

Stężenie wodoru ponad źródłem emisji powierzchniowej



Stężenie wodoru ponad źródłem emisji punktowej



Obserwacje

Emisja powierzchniowa:

Wodór równomiernie wypełnia kubaturę pomieszczenia i nie gromadzi się pod sufitem!

Emisja punktowa:

Wodór gromadzi się pod sufitem!

Samochody na wodór dlaczego jest to atrakcyjne?

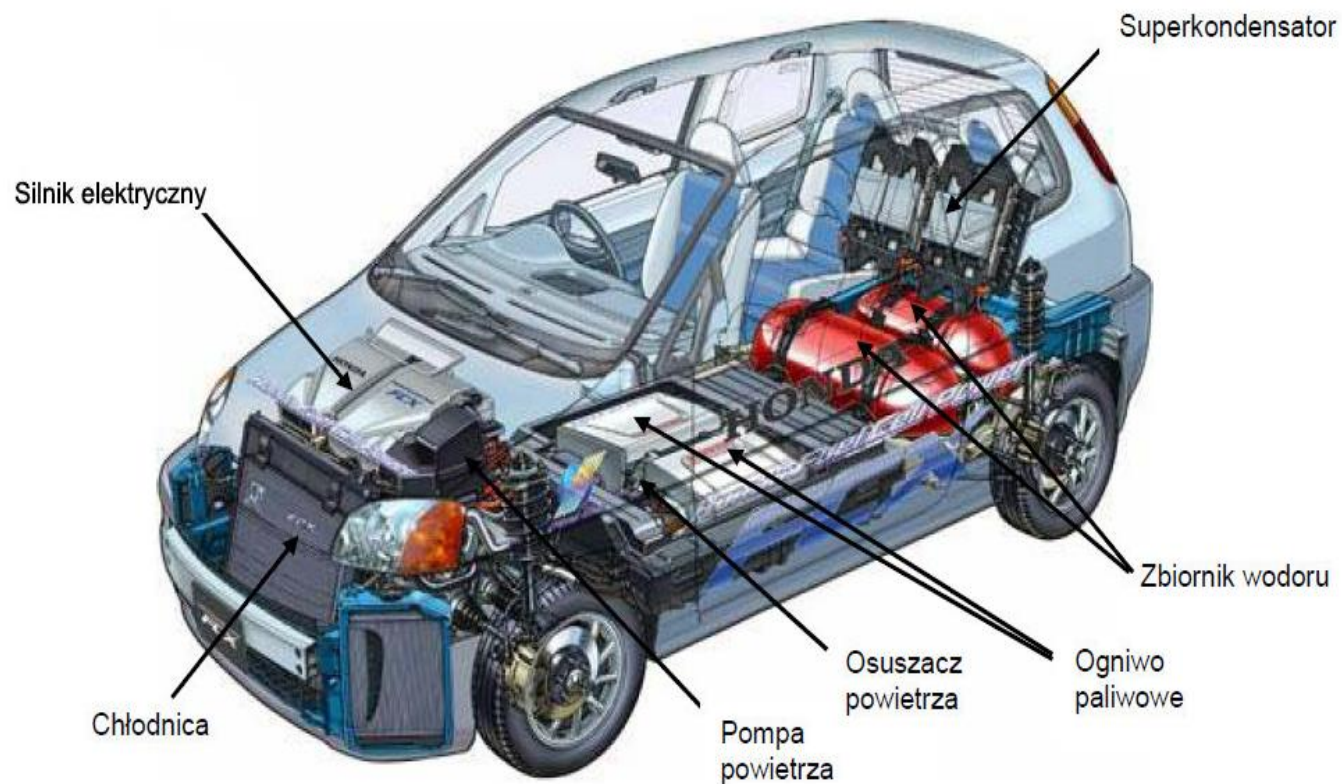
Wartość opałowa różnych paliw

Paliwo	Wartość opałowa (przy $t=25^{\circ}\text{C}$ i $p=1\text{atm}$) [kJ/g]
Wodór	119,93
Metan	50,02
Propan	45,6
Benzyna	44,5
Olej napędowy	42,5
Metanol	18,05

Jak to działa?

► Problemy:

- Wodór w zbiorniku jest w fazie ciekłej i zajmuje 846 razy mniejszą objętość niż w stanie gazowym przy temperaturze 0°C i ciśnieniu 1 atm;
- Musi być ochładzany do temperatury -253°C ;
- Samochód nie może więc stać długo bez uruchamiania.
Szacunkowo po ok. 9–14 dniach wodór rozgrzeje się do tego stopnia, że zamieni się w gaz i ulotni się ze zbiornika.



Istniejące modele samochodów H2



Mercedes GLC F-Cell
hybryda wodorowo-elektryczna

BMW 7 Hydrogen



Hyundai Nexo

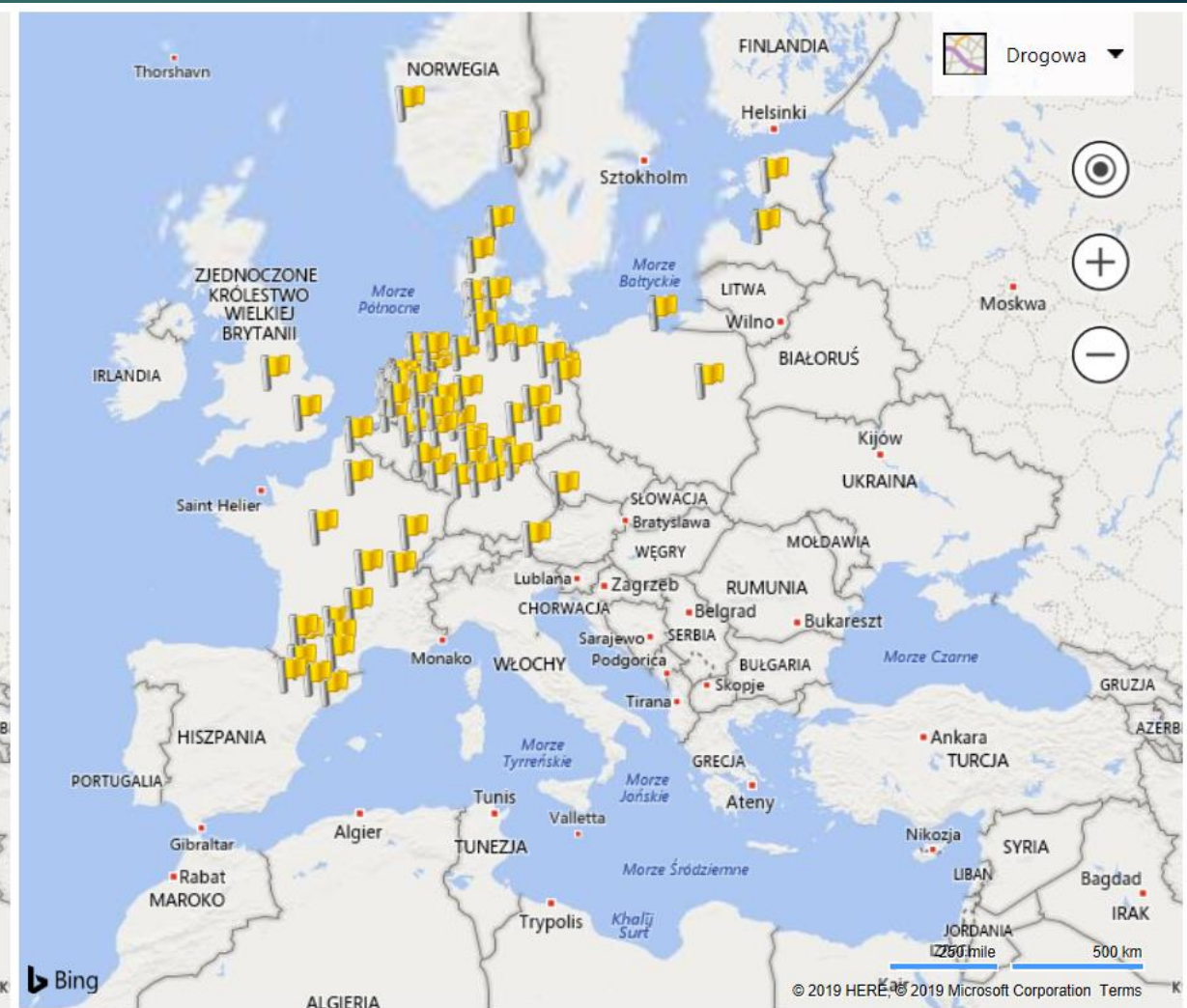


Toyota MIRAI

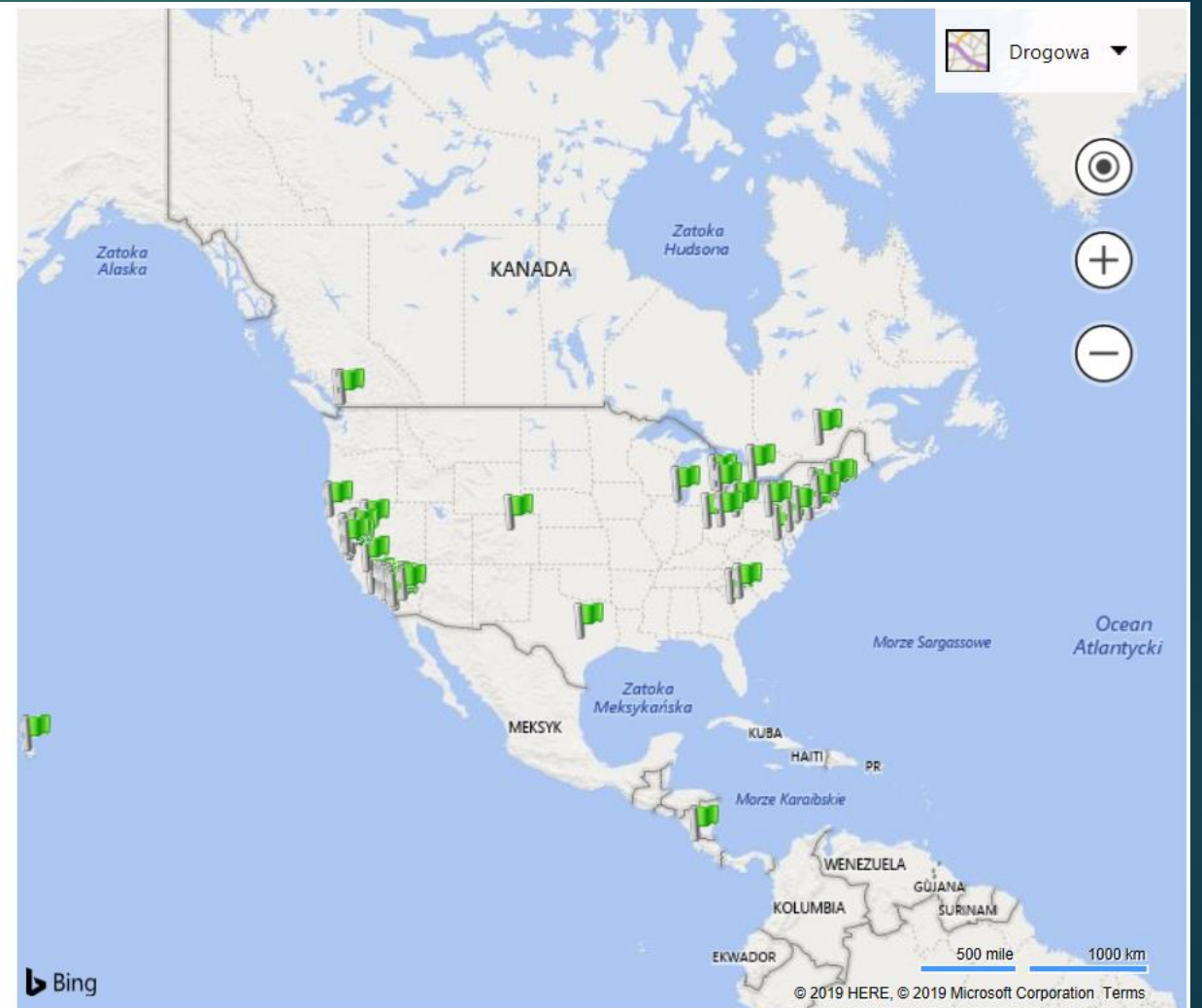
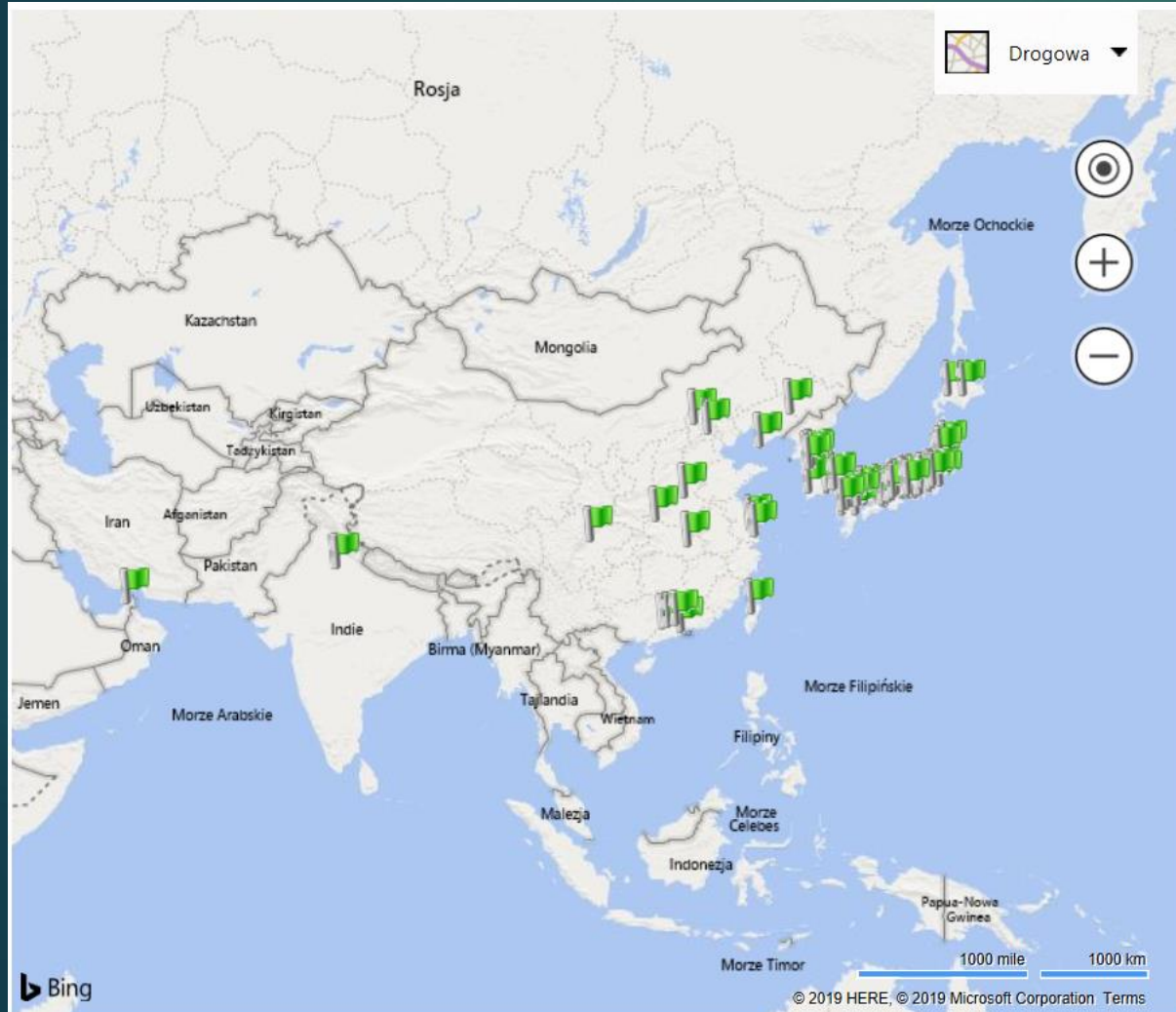


Hyundai FCEV

Stacje tankowania H2



Stacje tankowania H2



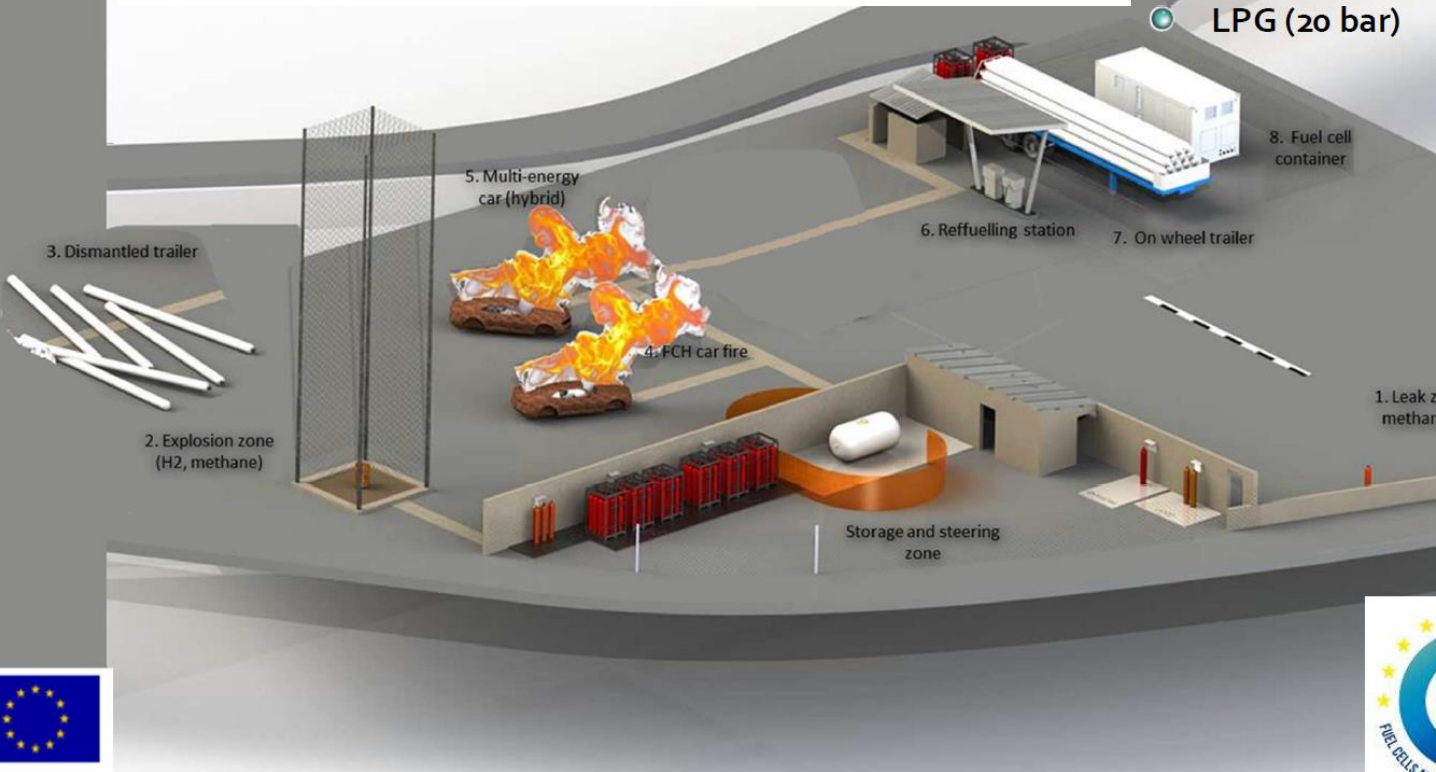
Samochody na wodór w garażach – czy to bezpieczne?



Ćwiczenia operacyjne VR

- 2500 m² platform
- More than 109 scenarios
- Fuel comparison
 - H₂ (700, 350, 200 bar)
 - CNG (200 bar)
 - LPG (20 bar)

Europejska Platforma bezpieczeństwa Wodorowego (EHSTP)



W Polsce?

Solaris autobus wodorowy nowej generacji



H2 i inne paliwa gazowe w garażach podziemnych

Stan prawny w Polsce

?

?

?

?

?

?

Wnioski

- ▶ W najbliższych latach należy się spodziewać w Polsce pojazdów napędzanych paliwami alternatywnymi, poza LPG będą to H₂, CNG,
- ▶ Każdy z tych gazów stanowi zagrożenie pożarowe i wybuchowe;
- ▶ Gazy te mają różne właściwości chemiczne i różnie zachowują się w przypadku uwolnienia;
- ▶ Czy będziemy w stanie zapewnić bezpieczeństwo pożarowe w garażach podziemnych?





Dziękuję za uwagę

Dorota Brzezińska

d.brzezinska@grid-lodz.pl