



INSTYTUT NAFTY I GAZU

Państwowy Instytut Badawczy



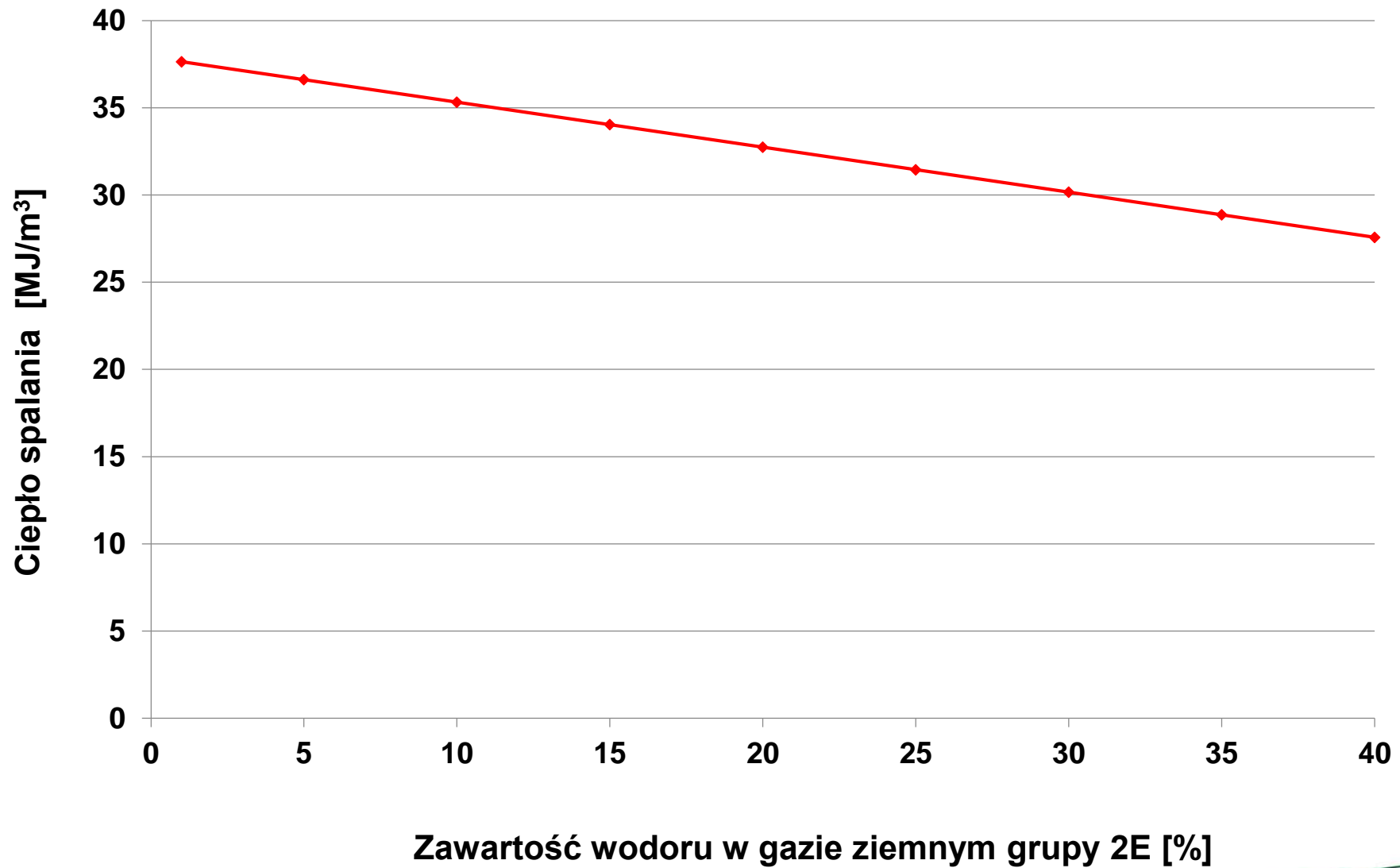
Wybrane zagadnienia dotyczące wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na elementy systemu gazowniczego

Jacek Jaworski
Ewa Kukulska-Zajac
Paweł Kułaga

9 grudnia 2020 roku

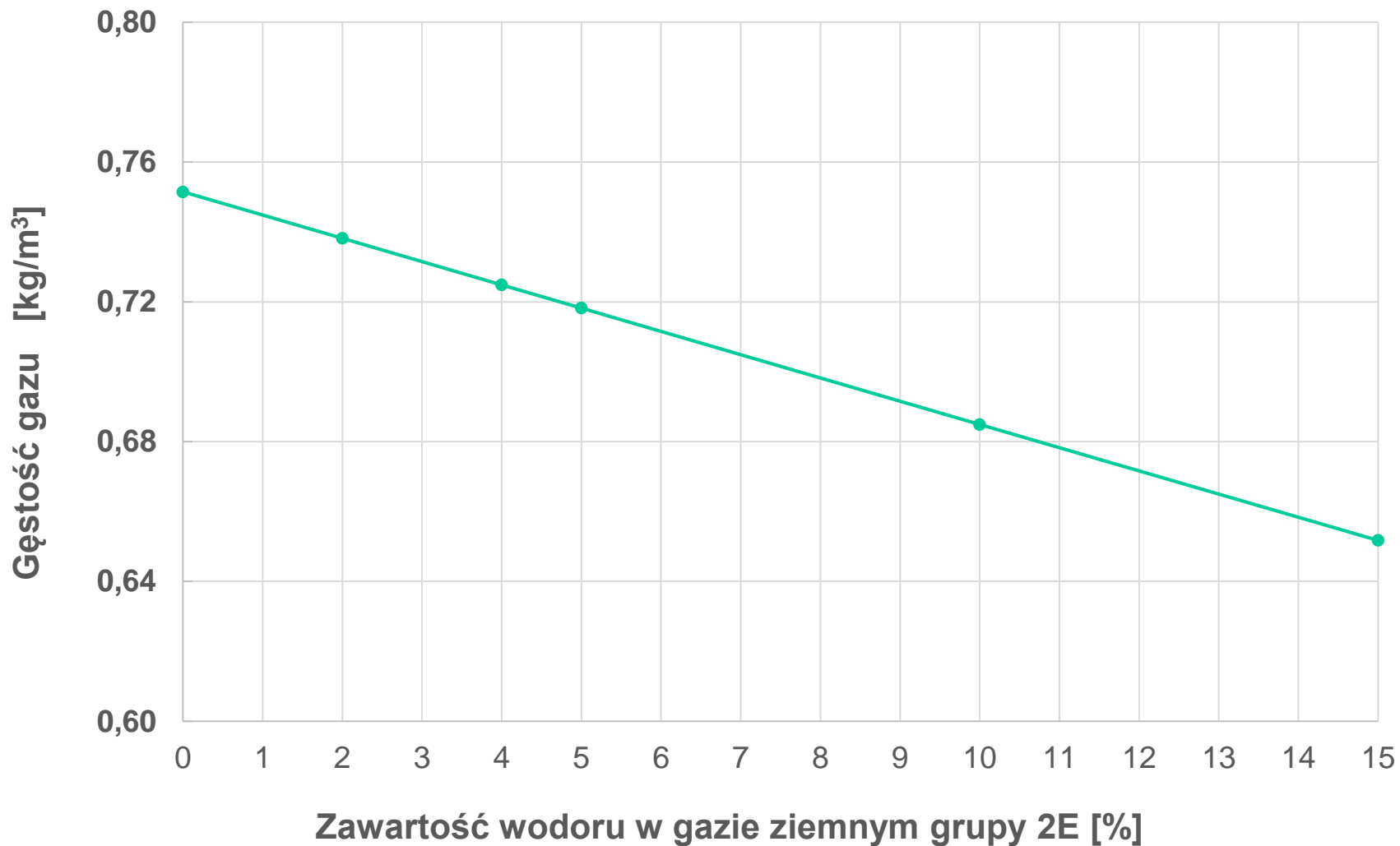


Ciepło spalania gazu ziemnego grupy E po dodaniu wodoru





Gęstość gazu ziemnego grupy E po dodaniu wodoru





Badania INiG-PIB dotyczące wpływu dodatku wodoru

Badania wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na:

- urządzenia gazowe użytku domowego oraz komercyjnego
- jakość paliw gazowych
- rozliczenia i pomiary paliw gazowych
- gazomierze miechowe i termiczne
- reduktory średniego ciśnienia
- szczelność połączeń mechanicznych instalacji i sieci gazowych
- nawanianie paliw gazowych
- mieszalnie gazów



Cel

Zbadanie wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na pracę wybranych urządzeń gazowych użytku domowego oraz komercyjnego

Pytania

- Jaką procentową ilość wodoru można zatłoczyć do gazu ziemnego by urządzenia gazowe pracowały prawidłowo i bezpiecznie?
- Jaką procentową ilość wodoru można zatłoczyć do gazu ziemnego by urządzenia gazowe pracowały efektywnie?



- Gaz ziemny wysokometanowy 2E

Mieszanki gazu ziemnego 2E z wodorem:

- 90% gazu 2E + 10 % wodoru (oznaczenie gazu GH10)
- 85% gazu 2E + 15 % wodoru (oznaczenie gazu GH15)
- 77 % gazu 2E + 23 % wodoru (oznaczenie gazu GH23)



Urządzenia spalające - badane urządzenia

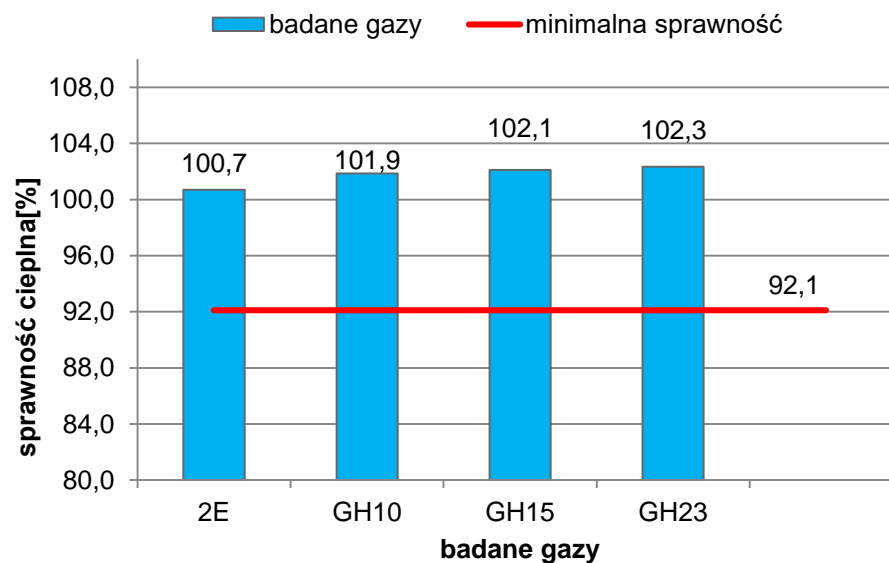
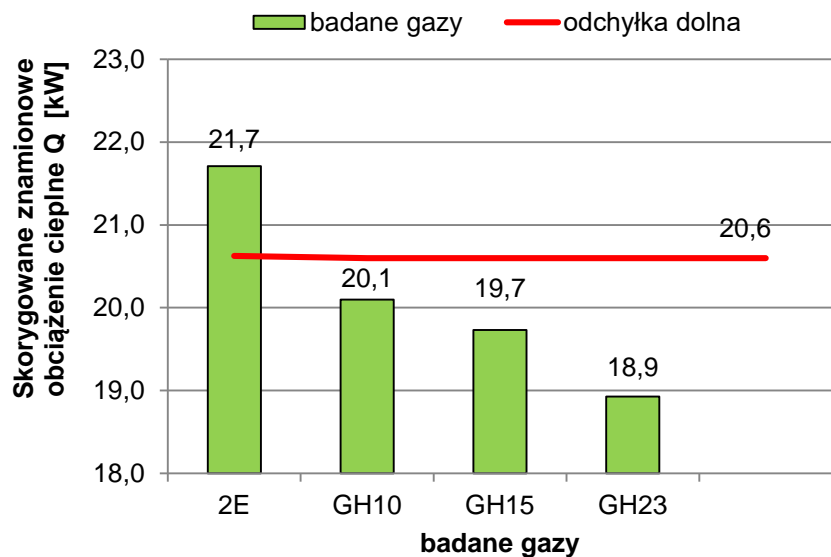
- Kuchenki
- Kotły grzewcze
- Ogrzewacze przepływowe
- Płyty
- Taborety
- Ogrzewacze pomieszczeń
- Kominki
- Nagrzewnice
- Promienniki





Wyniki badań – obciążenie cieplne i sprawność

Kocioł gazowy



Wyniki pomiaru sprawności dla kotła pracującego w reżimie temperaturowym 50/30°C



Cel

Wykazanie, jaki maksymalny dodatek wodoru do gazu ziemnego nie spowoduje przekroczenia wartości dopuszczalnych dotyczących jakości paliw gazowych



Jakość paliw gazowych - obliczenia maksymalnej zawartości wodoru

Warianty

Wariant	Gaz	Parametry fizykochemiczne gazu				Warunki odniesienia
		Liczba Wobbego [MJ/m ³]	Ciepło spalania [MJ/m ³]	Wartość opałowa [MJ/m ³]	Gęstość względna	
1 (rozp. systemowe, rozp. CNG, PN-C-04752, IRiESP, IRiSD)	E	45,0 – 56,9	>34,0	Brak	Brak	t1=298,15K
	Lw	37,5 – 45,0	>30,0	Brak	Brak	t2=273,15K
	Ls	32,5 – 37,5	>26,0	Brak	Brak	p=101,325 kPa
2 (IRiESP, IRiESD)	E	45,0 – 56,9	>38,0	Brak	Brak	t1=298,15K t2=273,15K p=101,325 kPa
3 (PN-C-04753)	E	45,0 – 56,9	>34,0	>31,0	Brak	t1=298,15K
	Lw	37,5 – 45,0	>30,0	>27,0	Brak	t2=273,15K
	Ls	32,5 – 37,5	>26,0	>24,0	Brak	p=101,325 kPa
4 (rozp. biogazowe)	E	45,0 – 54,0	>34,0	Brak	Brak	t1=298,15K t2=273,15K p=101,325 kPa
5 (PN-EN 16726)	E	Brak	Brak	Brak	0,555-0,700	t1=288,15K t2=288,15K p=101,325 kPa
6 (PN-EN 16726, PN-EN 437)	E	45,6-54,7	Brak	Brak	0,555-0,700	t1=288,15K t2=288,15K p=101,325 kPa



Jakość paliw gazowych - wyniki obliczeń

- Maksymalne możliwe dodatki wodoru uzyskano:
 - dla gazu E w Wariancie 1 i 4 (26,1%)
 - dla gazu LNG w Wariancie 1 (36,1%)
 - dla gazu Lw w Wariancie 1 (15,1%)
 - dla gazu Ls w Wariancie 1 (23,0%)

- Zawartość wodoru w mieszaninie gaz ziemny-wodór na maksymalnym poziomie 36%, stanowiła podstawę do dalszych rozważań



Gazomierze miechowe i termiczne – cel badań

Cel

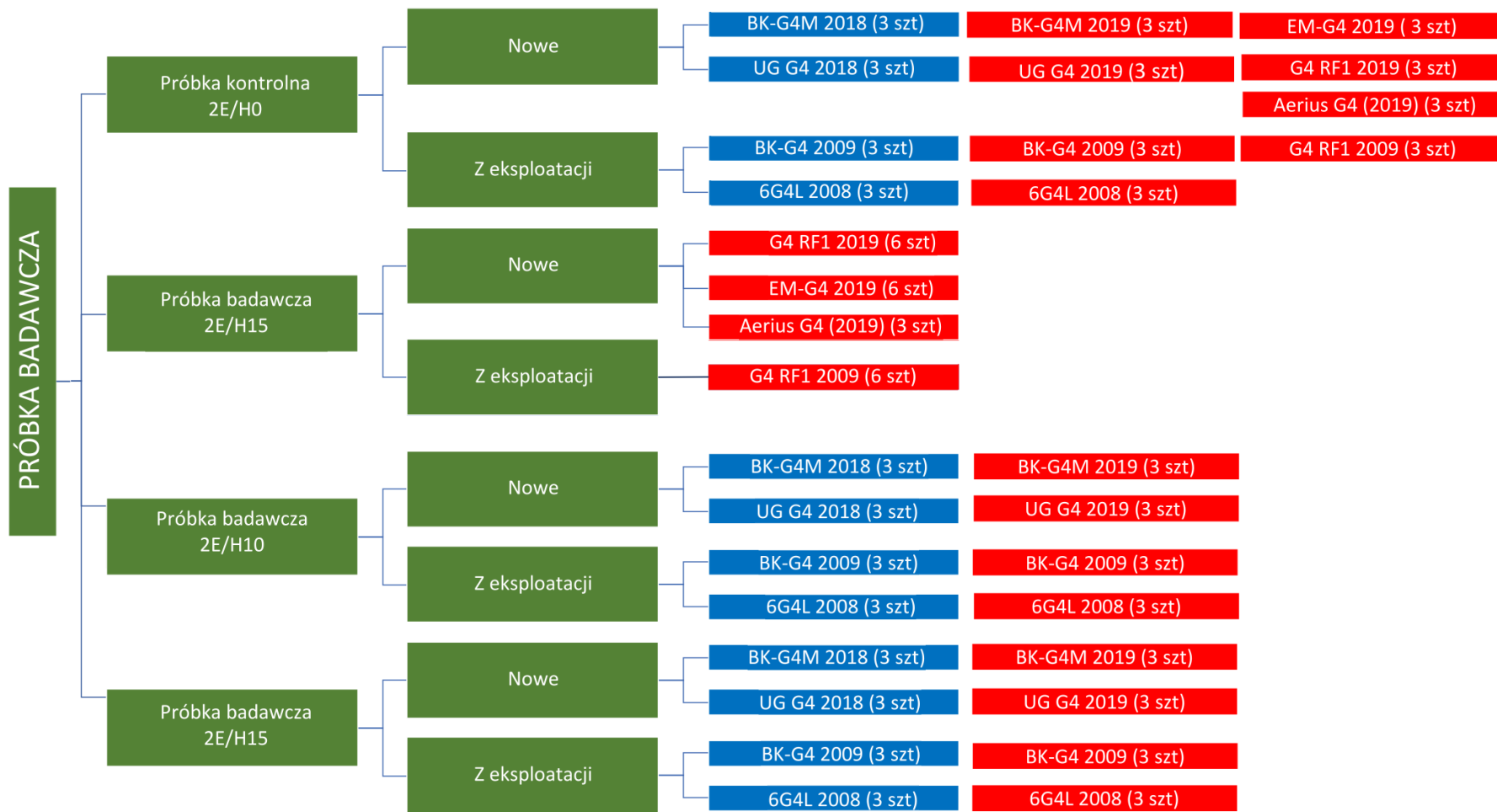
Wykazanie, czy dodatek wodoru do gazu ziemnego wysokometanowego będzie miał wpływ na bezpieczeństwo eksploatacji i dokładność wskazań gazomierzy miechowych i termicznych

Badane cechy

- trwałość gazomierzy
- odporność chemiczna membran gazomierzy miechowych



Gazomierze miechowe i termiczne - gazy i próbki badawcze



Próbki badane w 2018

Próbki uzupełnione w 2019



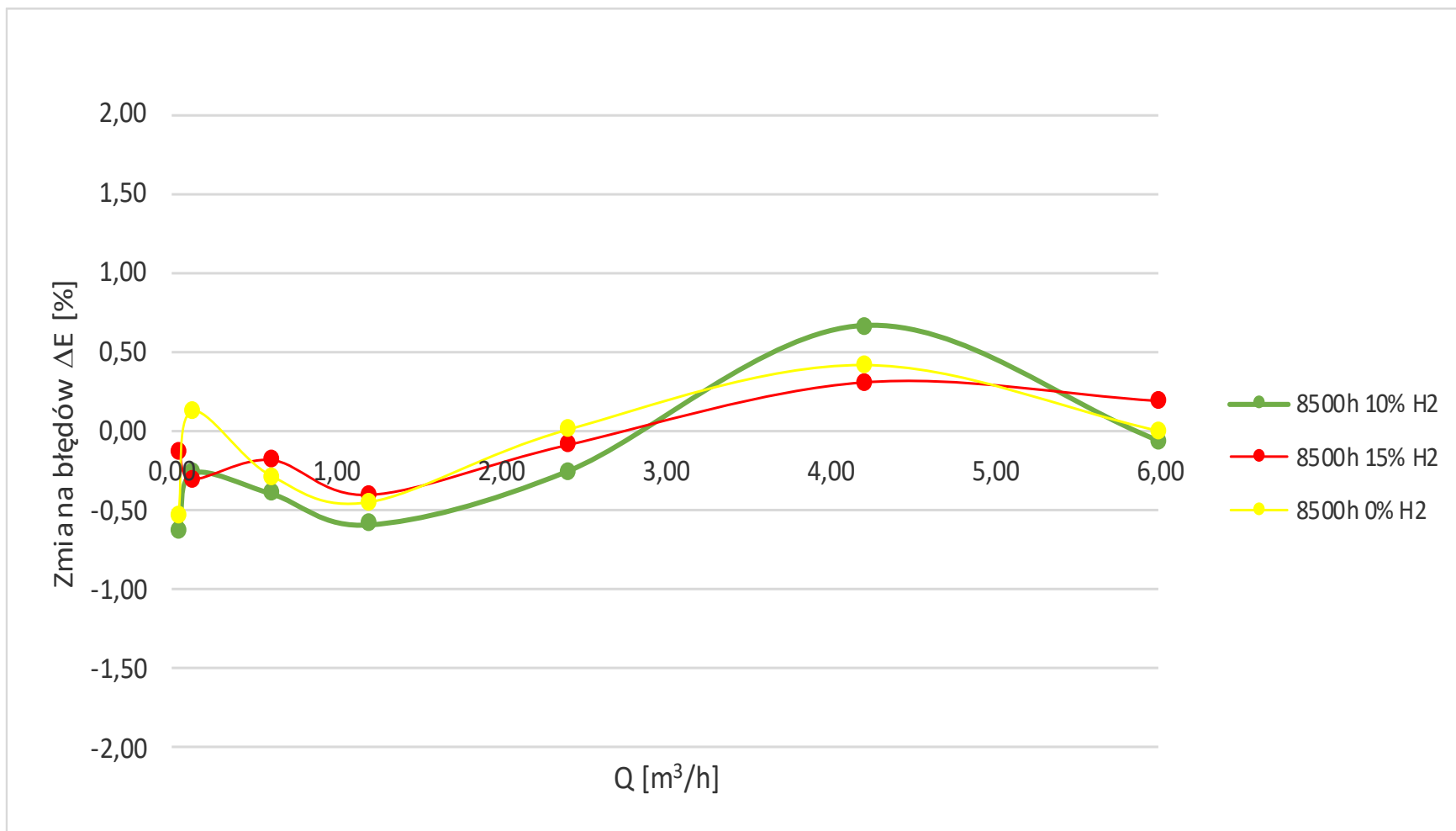
Gazomierze mechaniczne i termiczne- stanowisko badawcze



Widok instalacji badawczej do badania trwałości gazomierzy z użyciem mieszaniny gazu ziemnego z wodorem



Gazomierze miechowe - przykładowe wyniki badań



Średnia zmiana błędów wskazań gazomierzy XXG4 z 2009r. po badaniu trwałości (8500h) w funkcji strumienia dla różnych zawartości wodoru w gazie



Cel

Wykazanie, czy dodatek wodoru (15%) do gazu ziemnego wysokometanowego będzie miał wpływ na bezpieczeństwo eksploatacji reduktorów

Badane cechy

- trwałość
- odporność chemiczna membran
- ciśnienie wyjściowe
- urządzenia zabezpieczające



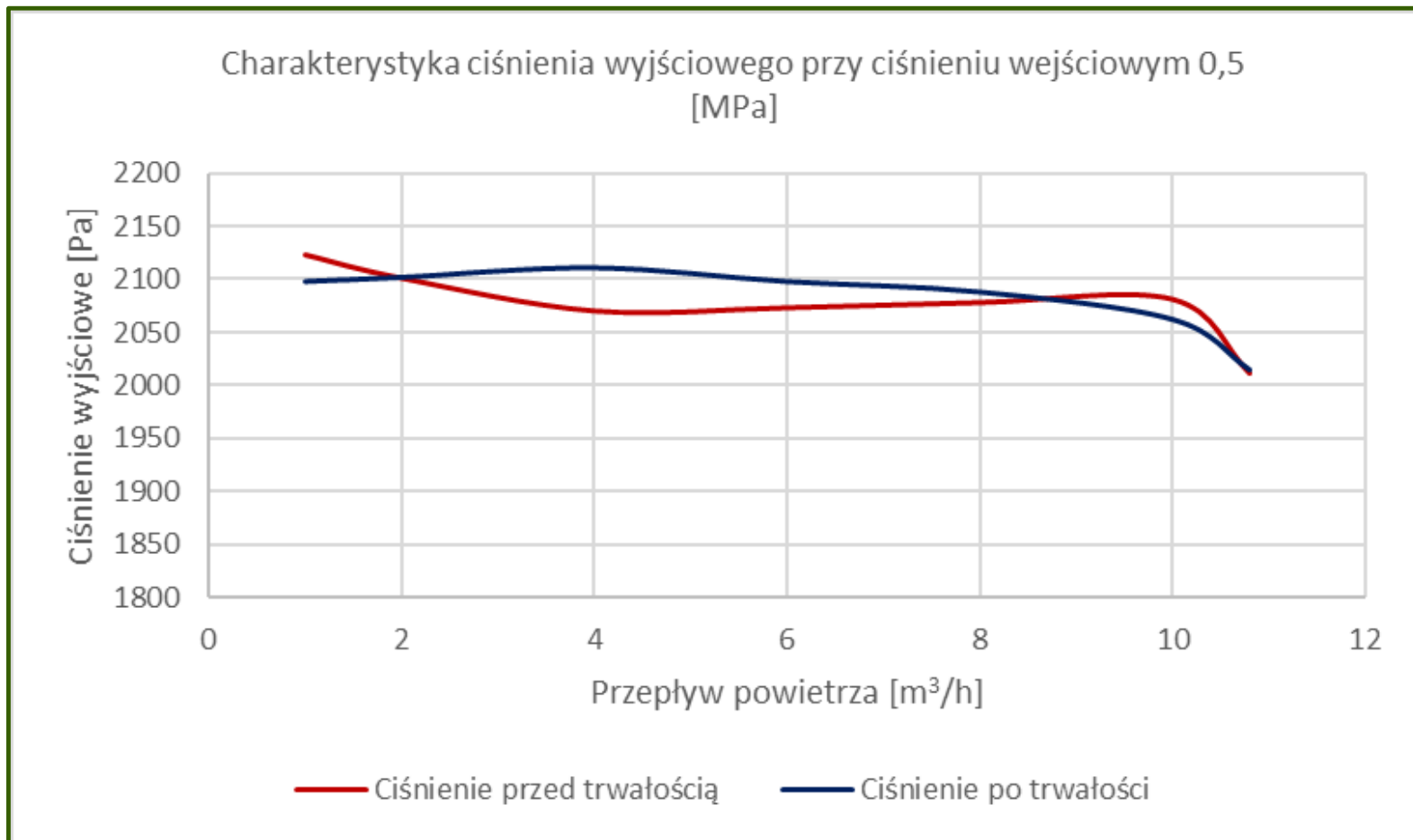
Reduktory średniego ciśnienia - stanowisko badawcze



Widok instalacji badawczej do badania trwałości reduktorów z użyciem mieszaniny gazu ziemnego z wodorem



Reduktory średniego ciśnienia - przykładowe wyniki badań



Ciśnienie wyjściowe reduktora nr 4



Cel

Wstępna weryfikacja przydatności gazomierzy termicznych do rozliczeń gazu ziemnego z większą zawartością wodoru w momencie, gdy projekty *Power-to-gas* zostaną wdrożone w polskim gazownictwie

Badane cechy

- dokładność gazomierzy
 - w temperaturze otoczenia 20 °C z użyciem powietrza, gazu ziemnego i gazu ziemnego z wodorem,
 - w deklarowanej temperaturze otoczenia i gazu -25°C i 55°C z użyciem powietrza



Gazomierze termiczne - próbki i metody badawcze

Oznaczenie próbki	Metoda badania / zastosowana mieszanina
Powietrze	PN-EN 1359:2004 – medium powietrze
0% H ₂	PN-EN 1359:2004 – medium gaz ziemny grupy E bez dodatku wodoru
2% H ₂	PN-EN 1359:2004 – medium gaz ziemny grupy E + 2% wodoru
4% H ₂	PN-EN 1359:2004 – medium gaz ziemny grupy E + 4% wodoru
5% H ₂	PN-EN 1359:2004 – medium gaz ziemny grupy E + 5% wodoru
10% H ₂	PN-EN 1359:2004 – medium gaz ziemny grupy E + 10% wodoru
15% H ₂	PN-EN 1359:2004 – medium gaz ziemny grupy E + 15% wodoru



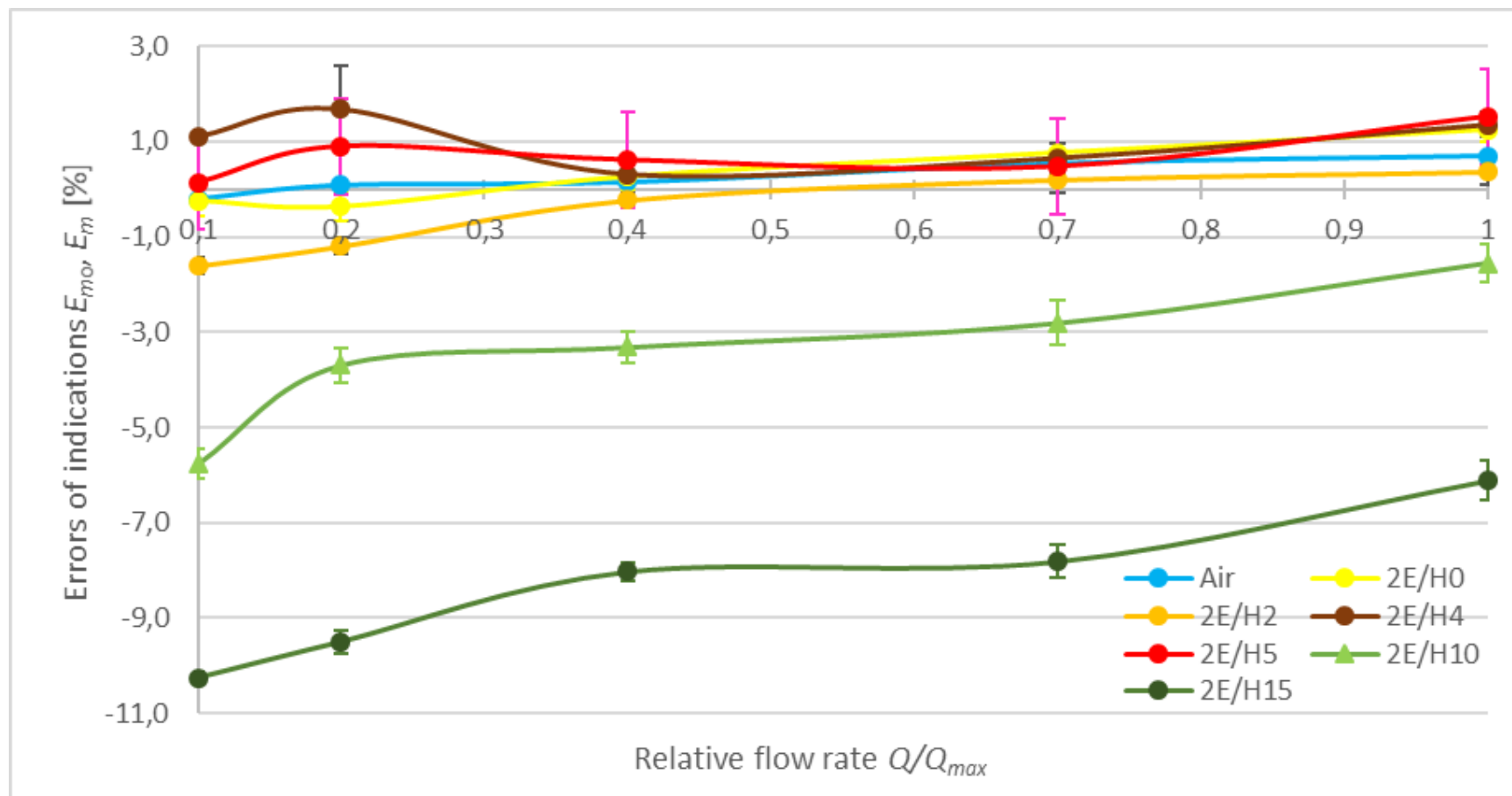
Gazomierze termiczne – stanowisko badawcze



Stanowisko badawcze do badań charakterystyk metrologicznych gazomierzy termicznych z wykorzystaniem gazów palnych o różnym składzie



Gazomierze termiczne – przykładowe wyniki badań



Błędy pomiaru gazomierzy termicznych w funkcji strumienia objętości dla wszystkich mieszanin badawczych



Cel

Ocena czy dodatek wodoru do gazu ziemnego będzie miał negatywny wpływ na szczelność połączeń mechanicznych w sieciach (MOP 10 bar) i instalacjach gazowych

Badane cechy

- połączenia mechaniczne elementów instalacji gazowych w budynkach
- połączenia mechaniczne elementów sieci gazowych



Szczelność połączeń – próbki do badań



Połączenia gwintowane ze szczelnością uzyskiwaną na gwincie z zastosowaniem nici i taśm teflonowych, jako materiałów uszczelniających



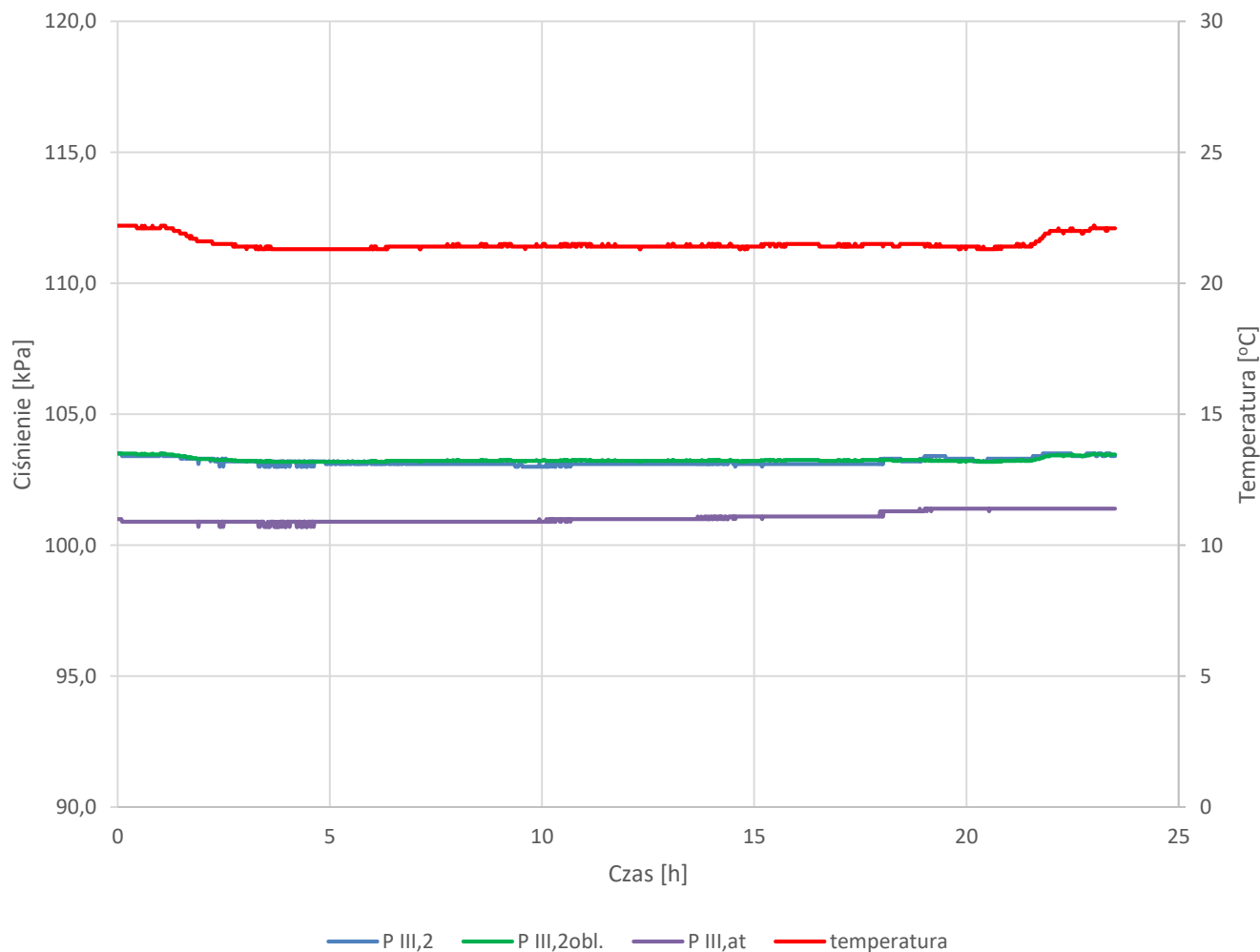
Połączenia kołnierzowe stalowe i z polietylenu MOP 5 bar



Instalacja doświadczalna podwyższonego średniego ciśnienia MOP 10 bar



Szczelność połączeń – przykładowe wyniki badań



Przebieg próby szczelności połączeń elementów gwintowanych instalacji gazowej (85% CH₄+15% H₂)



Cel

- Ocena wpływu dodatku wodoru do gazu sieciowego z grupy E na stabilność mieszanin THT z metanem i gazem ziemnym, zawierającymi w swoim składzie do 15% wodoru
- Docelowo określenie wrażliwości analizatorów tetrahydrotiofenu (THT) na obecność wodoru w gazie

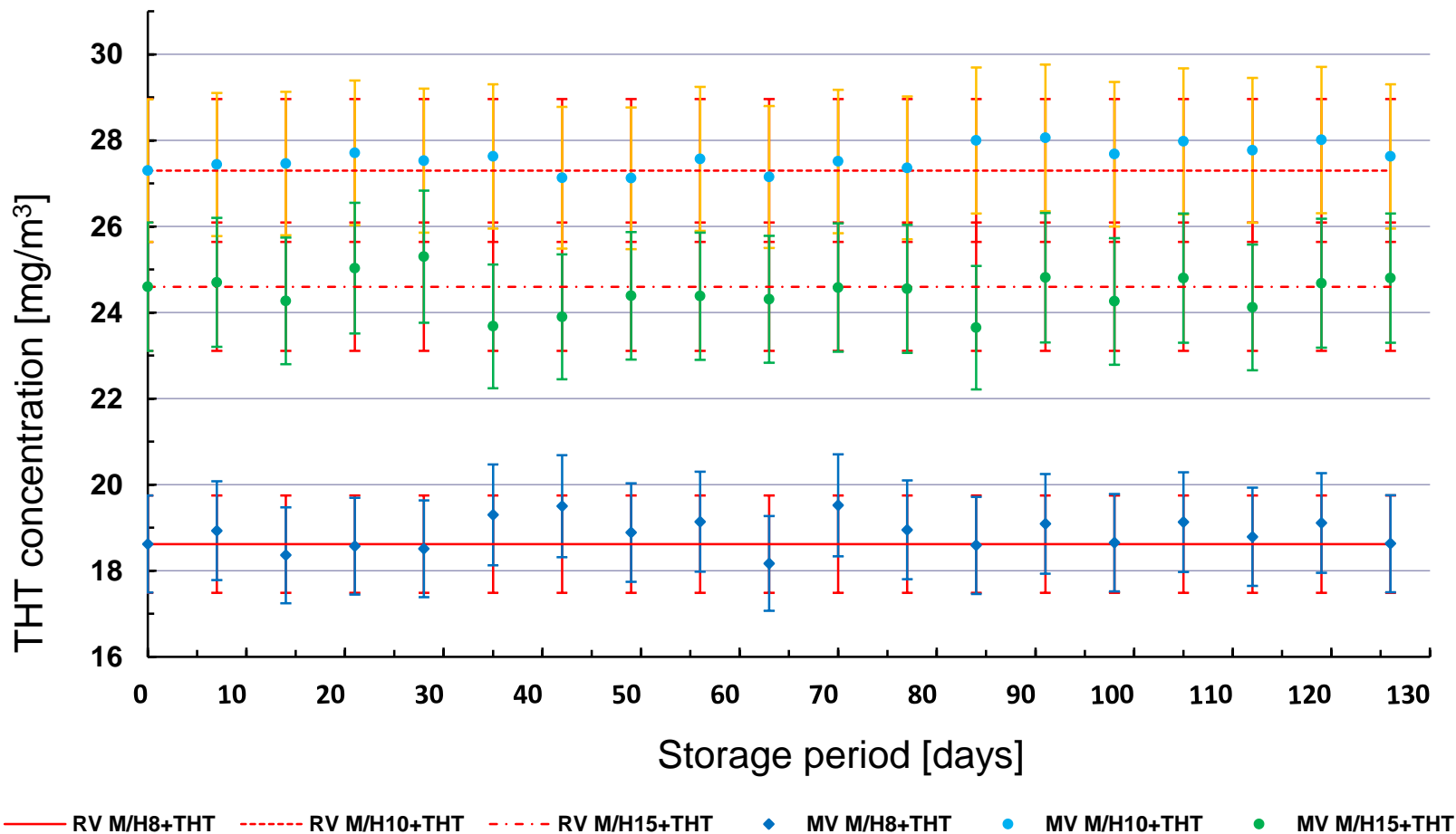


- Mieszaniny metanu i wodoru o następujących składach:
 - metan : wodór o zawartości wodoru wynoszącej wg certyfikatu:
15,009 ± 0,450% (mol/mol)
 - metan : wodór o zawartości wodoru wynoszącej wg certyfikatu:
10,002 ± 0,300% (mol/mol)
 - metan : wodór o zawartości wodoru wynoszącej wg certyfikatu:
8,013 ± 0,240% (mol/mol)
 - gaz ziemny wysokometanowy (E) : wodór o zawartości wodoru 2%
(V/V)
 - gaz ziemny wysokometanowy (E) : wodór o zawartości wodoru 15%
(V/V)

- Wszystkie uzyskane mieszaniny poddano nawonieniu za pomocą tetrahydrotiofenu (THT)



Nawanianie paliw gazowych – przykładowe wyniki badań



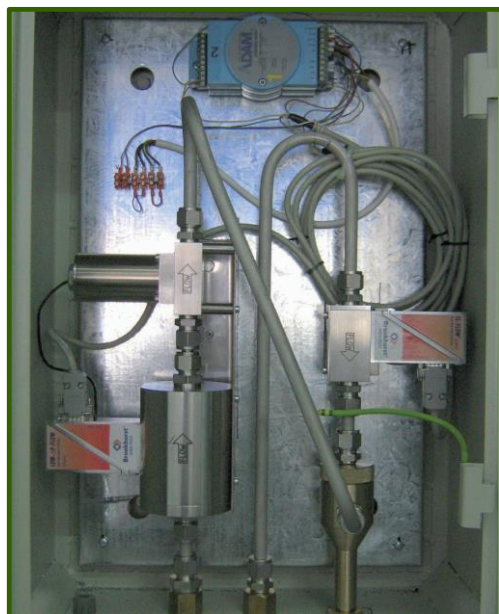
Ocena stabilności mieszanin wzorcowych THT w metanie z dodatkiem wodoru



Mieszalnia gazów - tworzenie mieszanin do badań

Po co?

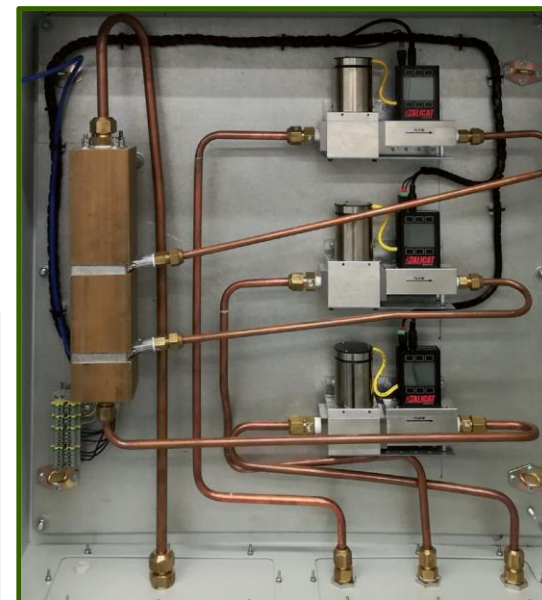
- Gaz odniesienia, jak i gazy graniczne są niejednokrotnie wieloskładnikowymi mieszaninami
- Zakup gotowych mieszanek generuje wysokie koszty
- Możliwość dostosowania parametrów mieszalni do potrzeb badawczych lub technologicznych, tak pod względem ilości i rodzaju mieszanych składników, jak również wielkości strumienia gazu wypływającego z mieszalni
- Możliwość tworzenia mieszanin gazów z wodorem



Dwuskładnikowa
mieszalnia gazów



Zespół czterech mieszalni



Trójskładnikowa
mieszalnia gazów



Mieszalnia gazów – cechy i zalety

- Skalowalna ilość składników – dotychczasowe realizacje: mieszalnie 2, 3, 5, 7 oraz 9 składnikowe
- Gazy składowe konfigurowane przez użytkownika
- Spersonalizowany interfejs użytkownika odpowiedni do zastosowania
- Możliwe wykonanie w obudowie przeciwwybuchowej
- Możliwość regulacji składu i/lub parametrów energetycznych albo fizycznych mieszaniny
- Możliwa regulacja zawartości procentowej składników lub jednego z parametrów mieszaniny (np. dolnej liczby Wobbego, wartości opałowej, gęstości)



Dopuszczalne poziomy zawartości wodoru w gazie ziemnym – istniejące sieci gazowe – propozycje INiG-PIB

Jakość paliw gazowych

- Rozporządzenie MG (Dz.U. 2010 nr 133 poz. 891)
- PN-EN ISO 6976
- IRESO oraz IRESP

≤36%

Ciepło spalania
Liczba Wobbego



Urządzenia spalające paliwa gazowe



≤23%

Bezpieczeństwo procesów spalania



≤15%

Efektywność energetyczna

Pomiary i rozliczenie paliw gazowych



≤10%

Metody obliczania wsp. ściślności



≤8%

Exi

- Nawanianie (techniki pomiaru)



W trakcie weryfikacji wyników





Wykaz projektów zrealizowanych w INiG-PIB do 2019r

- Zastosowanie istniejących układów pomiarowych oraz algorytmów obliczeniowych do pomiarów objętości wodoru.
- Analiza wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na pracę domowych urządzeń gazowych.
- Analiza wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na pracę urządzeń gazowych.
- Ocena jakości paliw gazowych w kontekście wprowadzania wodoru do sieci gazowych.
- Wpływ dodatku wodoru do gazu ziemnego na bezpieczeństwo eksploatacji i dokładność wskazań gazomierzy miechowych.
- Wpływ dodatku wodoru do gazu ziemnego na bezpieczeństwo eksploatacji i dokładność wskazań gazomierzy miechowych.
- Analiza wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na pracę reduktorów średniego ciśnienia.
- Analiza wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na pracę reduktorów średniego ciśnienia.
- Wpływ zmiany składu gazu na dokładność gazomierzy termicznych.
- Analiza wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na szczelność połączeń elementów sieci.
- Badania wpływu wodoru na pracę analizatorów ANAT-M.
- Opracowanie koncepcji modułowej mieszalni gazów palnych.
- Analiza jakości działania wielostopniowej mieszalni gazów.



Wykaz projektów zrealizowania w 2020r. w INiG-PIB

- Opracowanie wytycznych do kontroli jakości wodoru
- Analiza wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego na szczelność połączeń elementów sieci gazowych podwyższonego średniego
- Wpływ dodatku wodoru do gazu ziemnego na charakterystykę ciśnienia wyjściowego reduktorów średniego ciśnienia
- Analiza wpływu dodatku wodoru do gazu ziemnego zaazotowanego na pracę domowych urządzeń gazowych
- Analiza możliwości spalania czystego wodoru w palnikach domowych kuchni gazowych
- Wpływ dodatku wodoru do gazu ziemnego na bezpieczeństwo eksploatacji i dokładność wskazań gazomierzy miechowych
- Badania wpływu wodoru na skuteczność nawaniania paliw gazowych
- Opracowanie metodyki przygotowywania mieszanin wzorcowych THT w matrycach zawierających wodór



Dziękujemy

za

uwagę