

Wrocław, 05.06.2018 r.

# Zastosowanie analizatorów laserowych w pomiarach gazów z uwzględnieniem trudnych aplikacji

Prowadzący

Tomasz Kolago

Kamil Kołodziejczak

# Optyczna spektroskopia absorpcyjna



- Optyczna spektroskopia absorpcyjna:
  - oparta na prawie Lamberta Beer'a:

$$T = \exp(-Sg(f)NL)$$

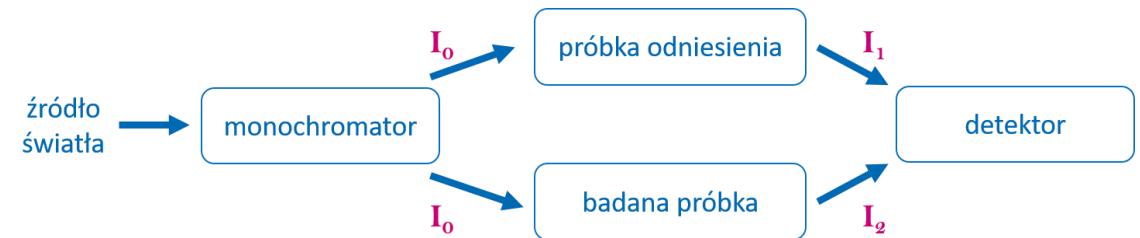
T – transmisja sygnału

S – poziom absorpcji

g(f) - funkcja liniowa

N - koncentracja cząsteczek gazu, które absorbują

L – długość drogi optycznej

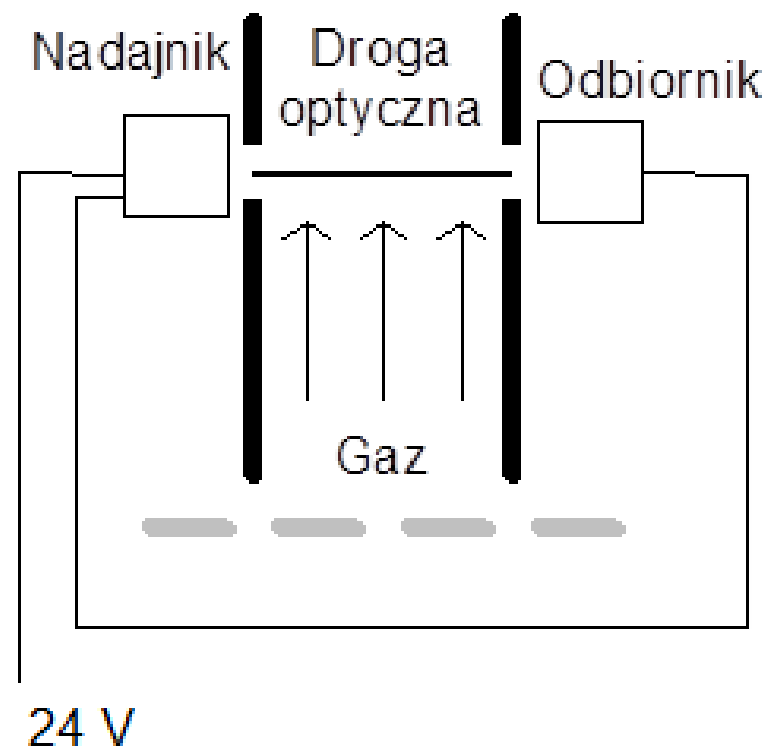


Zasada pomiaru przy użyciu spektroskopii absorpcyjnej.

- stosowana w zakresie UV oraz IR
- techniki szerokopasmowe - czułość ograniczona jest przez substancje zakłócające pomiar

# Technika TDLAS – co to jest?

- TDLAS = Tuneable Diode Laser Absorption Spectroscopy spektroskopia absorpcyjna pojedynczej linii przy użyciu strojonych laserów diodowych,
- transmisja podczerwonego światła laserowego pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem,
- technika pomiarowa oparta jest na pomiarze absorpcji pojedynczej linii światła podczerwonego przez cząsteczki gazu,
- długość fali lasera zależy od jego temperatury.



Transmisja światła laserowego z nadajnika do odbiornika.

# Technika TDLAS – zasada pomiarowa

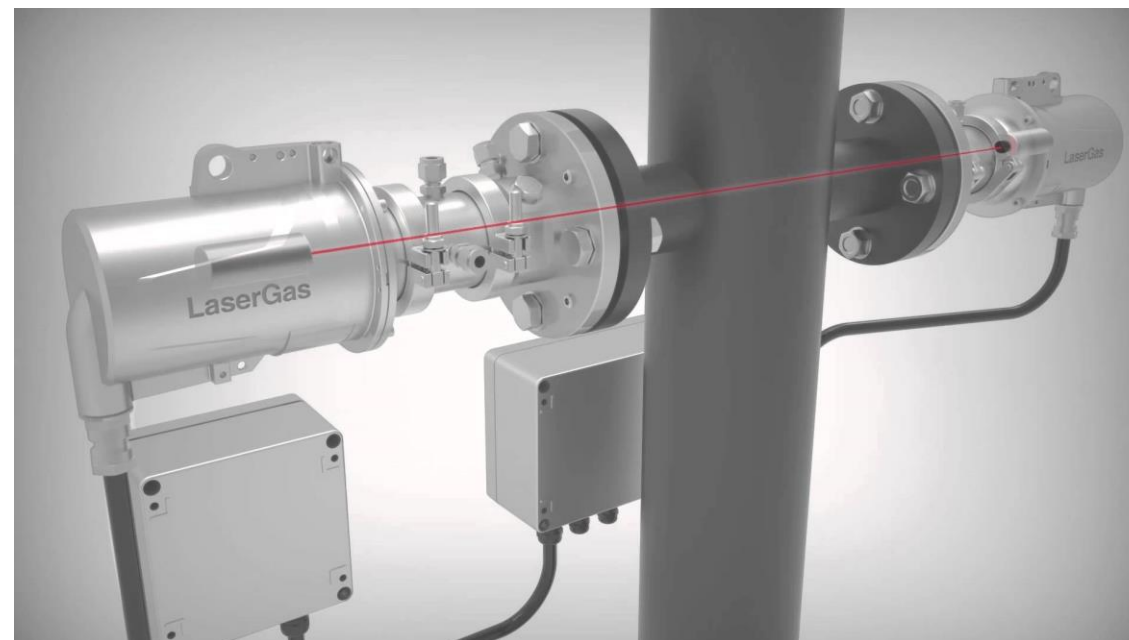


- skanowany jest tylko określony zakres długości fali,
- natężenie mierzonego światła zmienia się w funkcji długości fali lasera,
- technika modulacji długości fali celem zwiększenia czułości pomiaru,
- sygnał z detektora spektralnie rozkładany na komponenty częstotliwości jako harmoniczne częstotliwości modulacji lasera,
- do pomiaru koncentracji absorbującego gazu wykorzystywana jest druga harmoniczna sygnału,
- koncentracja gazu jest proporcjonalna do amplitudy linii absorpcyjnej.

# Technika TDLAS – zasada pomiarowa



- nie występują bezpośrednie zakłócenia od innych gazów (wybierana jest charakterystyczna dla danego gazu długość fali)
- automatyczna kompensacja zmian linii absorpcyjnej - analizator jest niewrażliwy na obecność innych gazów

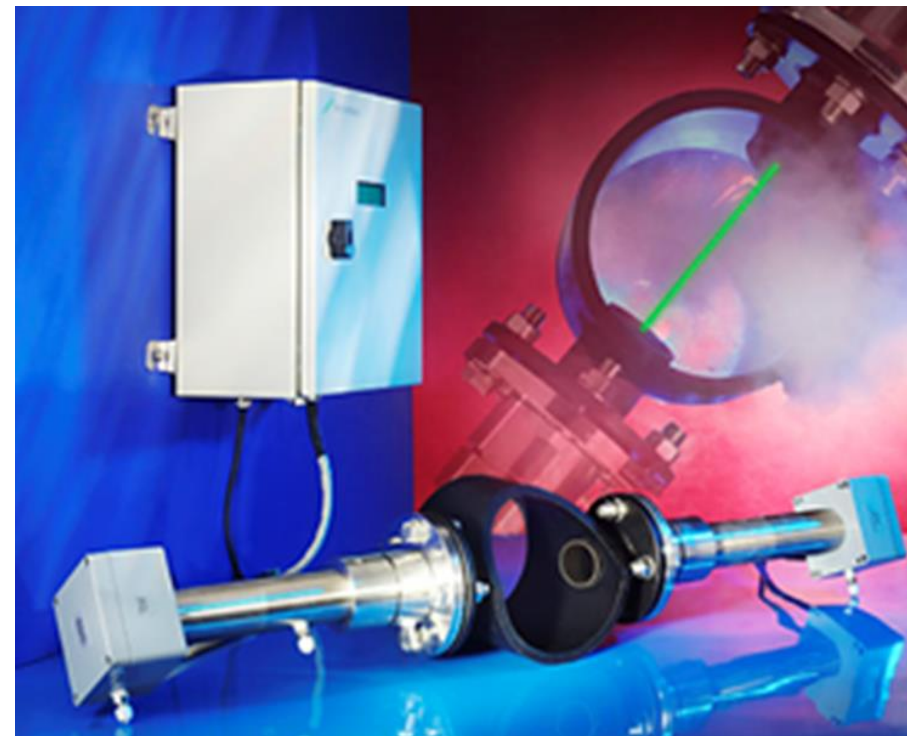


Analizator LaserGas® firmy NEO Monitors.

# Technika TDLAS – zasada pomiarowa



- Analizator LaserGas® mierzy wyłącznie koncentrację WOLNYCH cząsteczek specyficznego gazu,
- Nie jest czuły na cząsteczki związane z innymi cząsteczkami w kompleksy,
- Nie jest wrażliwy na cząsteczki przyłączone do cząsteczek stałych i kropli lub w nich rozpuszczone.



Analizator LaserGas® firmy Neo Monitors



# Przegląd analizatorów laserowych firmy Neo Monitors

# Przegląd analizatorów



## LaserGas® II SinglePath

Pomiar na całej średnicy kanału do 20,0 m

- **Przeznaczenie**

- CEMS
- kontrola procesowa
- systemy bezpieczeństwa

- **Opcje**

- ATEX Strefa 2G (Ex-p)
- Strefa 3G (Ex-n)
- QAL 1 TUV
- Compact

- **Mierzone gazy**

NH<sub>3</sub>, HCl, HF, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O(%), H<sub>2</sub>O(ppm), CO(%), CO(ppm)  
CO<sub>2</sub>(%), CO<sub>2</sub>(ppm), NO, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, HCN, NH<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O  
HCl+H<sub>2</sub>O, CO+CO<sub>2</sub>, CO+H<sub>2</sub>O, CO+CH<sub>4</sub> i inne



LaserGas® II SinglePath



# Przegląd analizatorów



## LaserGas II MultiPass

Analizator ekstrakcyjny z kuetą pomiarową do długości 11,4 m

- **Przeznaczenie**
  - Analiza gazów czystych na poziomie ppm i ppb
- **Opcje**
  - ATEX Strefa 2 (Ex-n)
- **Mierzone gazy**  
O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, HCN, NH<sub>3</sub>, HCl.



LaserGas® II MultiPass

# Przegląd analizatorów

## LaserGas® II R2P

Analizator ekstrakcyjny do zabudowy w szafie

- **Przeznaczenie:**
  - Pomiary laboratoryjne
  - Pomiary Ekstrakcyjne
  - Badania i rozwój
- **Opcje**
  - Ogrzewana kuweta pomiarowa
- **Mierzone gazy:**  
O<sub>2</sub>, HCl, NH<sub>3</sub>, HF, CO, NO, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S



LaserGas® II R2P



# Przegląd analizatorów



## LaserGas® II OpenPath

Monitoring otwartej ścieżki pomiarowej do 500 m.

- **Przeznaczenie:**  
Detekcja gazów niebezpiecznych na otwartej przestrzeni.
- **Opcje:**
  - ATEX Strefa 2G (Ex-p);
  - ATEX Strefa 3G (Ex-n).
- **Mierzone gazy:**  
 $\text{NH}_3$ , HF, CO,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .



LaserGas® II OpenPath

# Przegląd analizatorów



## LaserGas® III SinglePath

Pomiar na całej średnicy kanału do 20 m

- **Przeznaczenie**

- CEMS
- kontrola procesowa
- systemy bezpieczeństwa

- **Wersje**

- ATEX Strefa 2G (Ex-d)
- SIL 2

- **Mierzone gazy**

O<sub>2</sub>, CO (ppm), CO + CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O



LaserGas® III SinglePath

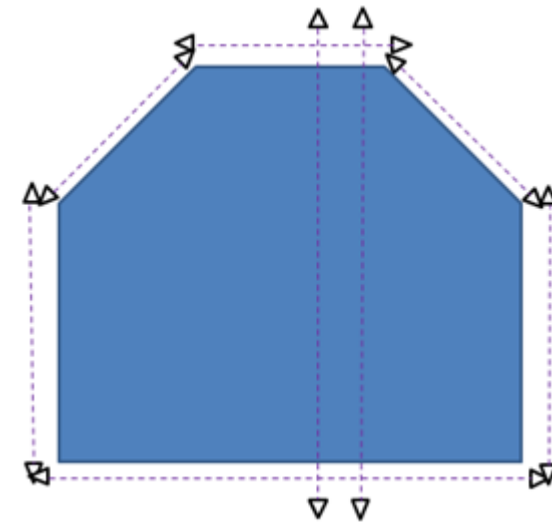
# Przegląd analizatorów



## LaserGas® III OpenPath

Monitoring na otwartej ścieżce pomiarowej do 500 m

- **Przeznaczenie**  
Detekcja gazów niebezpiecznych na otwartej przestrzeni
- **Wersje:**
  - ATEX Strefa
  - 2G (Ex-d)
- **Mierzone gazy**  
NH<sub>3</sub>, HF



LaserGas® III OpenPath Monitoring hali fabrycznej przy użyciu 8 analizatorów LaserGas 3 HF

# Przegląd analizatorów



## LaserGas® III Q

Pomiar na całej średnicy kanału do 13,0 m

- **Przeznaczenie**
  - CEMS
  - kontrola procesowa
- **Wersje**
  - ATEX (w trakcie certyfikacji)
- **Mierzone gazy**  
SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub>



LaserGas® III Q

# Przegląd analizatorów



## LaserDust® MP, LP i XLP

Pomiar na całej średnicy kanału do 10,0 m

- **Przeznaczenie**

Pomiar zapylenia

- **Wersje**

- ATEX Strefa 3G (Ex-n)

- **Zakresy pomiarowe pyłu:**

Minimalny: 0 – 15 mg/Nm<sup>3</sup>

Maksymalny: 0 - 10 000 mg/Nm<sup>3</sup>

(cząsteczki >1 mikron)



LaserDust® MP, LP i XLP

# Przegląd analizatorów

## LaserGas® iQ<sup>2</sup>

Pierwszy na świecie analizator TDLAS wieloskładnikowy.  
Umożliwia jednoczesny pomiar do **5 parametrów** na całej szerokości kanału do 20 m

- **Przeznaczenie:**
  - Kontrola procesu spalania
  - krakery termiczne (FCC)
  - zespoły kotłów
  - procesowe piece grzewcze
  - elektrofiltry
  - odzysk gazów odlotowych przy produkcji chlorku winylu
  - gaz z reformingu
  - spalarnie odpadów
- **Wersje:**  
ATEX Strefa 1 (Ex-p)
- **Mierzone parametrów:**  
O<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O oraz temperatura



LaserGas® iQ<sup>2</sup>





# Lista mierzonych parametrów

przez analizatory laserowe firmy Neo Monitors

## Legenda:

- - dostępny
- - w przygotowaniu
- \* - z certyfikatem TÜV
- \*\* - H<sub>2</sub>O + CO gdy T > 500°C
- \*\*\* - skontaktuj się z firmą Technopomiar



	LaserGas® IQ2**	LaserGas® Q	LaserGas® III SP	LaserGas® III OP	LaserGas® III przenośny	LaserGas® II SP	LaserGas® II Compact	LaserGas® II MP	LaserGas® II OP	LaserGas® II R2P	LaserDust®
CH <sub>4</sub>						●	●	●	●	●	
CO%						●	●				
CO <sub>2</sub> %						●	●				
CO% + CO <sub>2</sub> %						●	●			●	
CO ppm	●		●	●		●	●	●	●	●	
CO ppm + CH <sub>4</sub>	●		●	●		●	●	●		●	
CO ppm + H <sub>2</sub> O%	●		●			●	●				
CO <sub>2</sub> ppm						●	●	●		●	
H <sub>2</sub> O%						●	●				
H <sub>2</sub> O ppm							●				
H <sub>2</sub> S						●	●	●	●	●	
H <sub>2</sub> S + CO <sub>2</sub>						●	●	●	●		
HCl						●	●	●	●	●	
HCl + H <sub>2</sub> O%*						●	●			●	
HCl + CH <sub>4</sub>						●	●	●	●		
HCl w VCM						●	●	●			
HCN						●	●	●		●	
HCN + NH <sub>3</sub>						●	●	●		●	
HF*				●	●	●	●		●		
HF + H <sub>2</sub> O					●	●	●				
N <sub>2</sub> O%						●	●				

# Lista mierzonych parametrów

przez analizatory laserowe firmy Neo Monitors



## Legenda:

- - dostępny
- - w przygotowaniu
- \* - z certyfikatem TÜV
- \*\* - H<sub>2</sub>O + CO gdy T > 500°C
- \*\*\* - skontaktuj się z firmą Technopomiar

	LaserGas® IQ2**	LaserGas® Q	LaserGas® III SP	LaserGas® III OP	LaserGas® III przENOŚNY	LaserGas® II SP	LaserGas® II Compact	LaserGas® II MP	LaserGas® II OP	LaserGas® II R2P	LaserDust®
N <sub>2</sub> O ppm						●	●	●			
NH <sub>3</sub>			●	●		●	●	●	●	●	
NH <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O%*			●			●	●			●	
NO		●				●	●	●			
NO <sub>2</sub>		●				●	●	●			
O <sub>2</sub>	●		●	●		●	●	●		●	
O <sub>2</sub> + temperatura	●		●			●	●				
Pył											●
SO <sub>2</sub>											
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (Acetylen)						●	●	●			
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (Etylen)						●	●				
C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl (VCM)						●					
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O (Tlenek etylenu)						●					
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> (Propylen)						●					
CF <sub>4</sub>		●									
CH <sub>2</sub> O (Formaldehyd)						●	***	***			
CH <sub>3</sub> I (Jodometan)						●	***	***			
COS (Siarczyk karbonylu)						●	***	***			
C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> N (Akrylonitryl)						●	***	***			
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> (1,1-dichloroetan)						●	***	***			

# Cechy charakterystyczne



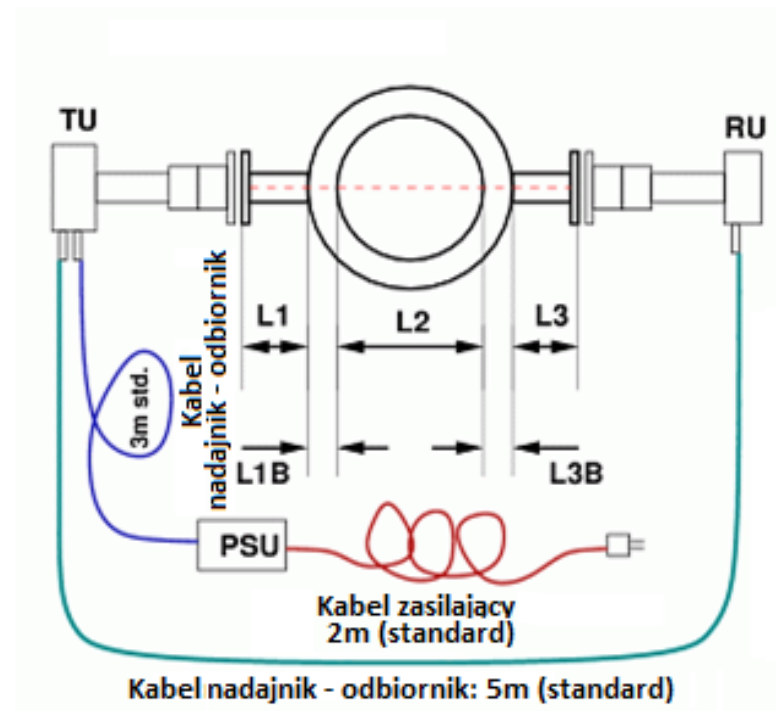
- Krótki czas odpowiedzi **od 100 ms**,
- Niskie progi detekcji,
- Możliwość pracy nawet przy 5% transmisji,
- Bez interferencji od innych gazów,
- Pomiar bezpośrednio w procesie,
- Pomiar uśredniony na całej drodze optycznej,
- Certyfikaty **SIL 2** i **QAL 1**,
- Okresowe sprawdzenie i **kalibracja co 12 miesięcy**.
- Brak części normalnie zużywających się,
- Brak części ruchomych,
- Możliwość demontażu na pracującej instalacji,
- Wersje certyfikowane do pracy w strefie zagrożonej wybuchem (ATEX) w obudowach Ex-d i Ex-p,
- Opcja zintegrowanej kontroli zakresu,

Gaz	Próg detekcji	Minimalny zakres	T <sub>max</sub>	P <sub>max</sub>
O <sub>2</sub>	0,01% vol.	0-1 % vol.	1500°C	20 bar
HCl	0,05 ppm	0-5 ppm	400°C	2 bar
NH <sub>3</sub>	0,15 ppm	0-15 ppm	500°C	2 bar
HF	0,015 ppm	0-2 ppm	400°C	2 bar
H <sub>2</sub> S	3 ppm	0-300 ppm	300°C	2 bar

Przykładowe parametry pracy analizatora dla wybranych gazów

# Dopasowanie do każdej aplikacji

- Formularz aplikacyjny ułatwiający dobór najlepszego rozwiązania dla indywidualnej aplikacji Klienta
- Indywidualne rozwiązania konstrukcyjne na bazie wizji lokalnej i konsultacji z Klientem
- Możliwość tworzenia nowych, niestandardowych aplikacji, dzięki ścisłej współpracy Neo Monitors z **norweskim Instytutem Elektrooptyki**
- Zdalna diagnostyka pracy analizatora oraz jego parametryzacji



Rysunek dla monitoringu otwartej ścieżki (OP)



# Optymalizacja procesu odazotowania spalin

# Pomiary stężenia $\text{NH}_3$ w instalacjach $\text{DeNO}_x$



## Analizator LaserGas® SP II

- kompaktowy analizator gazowy, przeznaczony do ciągłego monitoringu stężeń bezpośrednio w procesie (pomiar in-situ)
- Pomiar procesowy in-situ w temperaturze  $> 320^{\circ}\text{C}$  (powyżej progu wytrącania się soli amonowych)
- Próg detekcji  $0,15 \text{ ppm}$  ( $0,11 \text{ mg/m}^3$ )
- Opcjonalnie możliwość jednoczesnego pomiaru  $\text{NH}_3$  i  $\text{H}_2\text{O}$ , wówczas próg detekcji wynosi  $0,2 \text{ ppm}$  ( $0,15 \text{ mg/m}^3$ ) dla  $\text{NH}_3$  i  $0,05\%$  dla  $\text{H}_2\text{O}$
- Warunki pracy: temperatura do  $500^{\circ}\text{C}$  i ciśnienie do  $2 \text{ bar abs.}$
- certyfikat QAL 1 (dla wersji z  $\text{H}_2\text{O}$ )
- czas odpowiedzi :  $1 \text{ s}$
- brak zakłóceń od innych gazów
- bez konieczności stosowania układu poboru i przygotowania próbki



Analizator LaserGas® Single Path II do pomiaru  $\text{NH}_3$  w spalinach

# Pomiary stężenia $\text{NH}_3$ w instalacjach $\text{DeNO}_x$



## Analizator LaserGas® II SP

- Urządzenie zaprojektowane do pracy w trudnych warunkach procesowych
- Oferujemy rozwiązanie umożliwiające pomiar w gazach o bardzo dużym zapyleniu do  $30 \text{ g/m}^3$  (elektrownie, elektrociepłownie)
- Stosujemy metodę skrócenia drogi optycznej



Analizator LaserGas® II SP do pomiaru  $\text{NH}_3$  w spalinach

# Pomiary stężenia NH<sub>3</sub> w instalacjach DeNO<sub>x</sub>



## Analizator LaserGas® II SP NH<sub>3</sub> – przewaga nad konkurencją

- Praca przy dużym zapyleniu (wymagana minimalna transmisja 5 %)
- temperatura otoczenia od -20°C do +50°C
- temperatura spalin do 500°C
- ciśnienie spalin do 2 bar abs.
- **najniższy na rynku zakres pomiarowy przy najwyższej rozdzielczości z certyfikatem QAL 1**

Mierzony gaz	Certyfikowany zakres	Dodatkowy zakres		Jednostka
NH <sub>3</sub>	0-10	0-15		mg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O	0-40	0-30	0-50	Vol.-%

Dla referencyjnej drogi optycznej 1 metr.

- kalibracja oraz sprawdzenie urządzenia zalecane jest co 6 -12 miesięcy (6 miesięcy zgodnie z QAL 1)
- brak dodatkowych wymogów, np.
  - kompensacji wpływu innych gazów (np. O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>)
  - wysokiej transmisji światła



Analizator LaserGas® II SP zamontowany na kominie.



# Pomiary stężenia $\text{NH}_3$ w instalacjach $\text{DeNO}_x$



## Układy ekstrakcyjne w instalacjach $\text{DeNO}_x$ - problemy

- konieczność stosowania grzanej sondy - spadek temperatury poniżej  $300^\circ\text{C}$  oznacza powstawanie soli amonowych w wyniku reakcji amoniaku z dwutlenkiem i trójtlenkiem siarki w gazach kominowych. Powstające sole w krótkim czasie zatykają filtry procesowe oraz przewody gazowe
- konieczne jest stosowanie filtrów ABS do wyłapywania soli amonowych
- uszkodzenia elementów układu poboru, transportu i przygotowania próbki poprzez przedawkowanie wody amoniakalnej
- długi czas oczekiwania na gotowość układu pomiarowego przy rozruchu



Analizator LaserGas® II SP zamontowany na kominie

# Pomiary stężenia $\text{NH}_3$ w instalacjach $\text{DeNO}_x$



## Analizator LaserGas<sup>®</sup> SP II NH3 - referencje

- Elektrownie: 9 szt.
- Elektrociepłownie: 3 szt.
- Zakłady chemiczne: 10 szt.
- Zakłady celulozowo – papiernicze: 6 szt.
- Urządzenia mobilne: 2 szt.

**Łącznie 30 sztuk**



Analizator LaserGas<sup>®</sup> SP II zamontowany na kominie



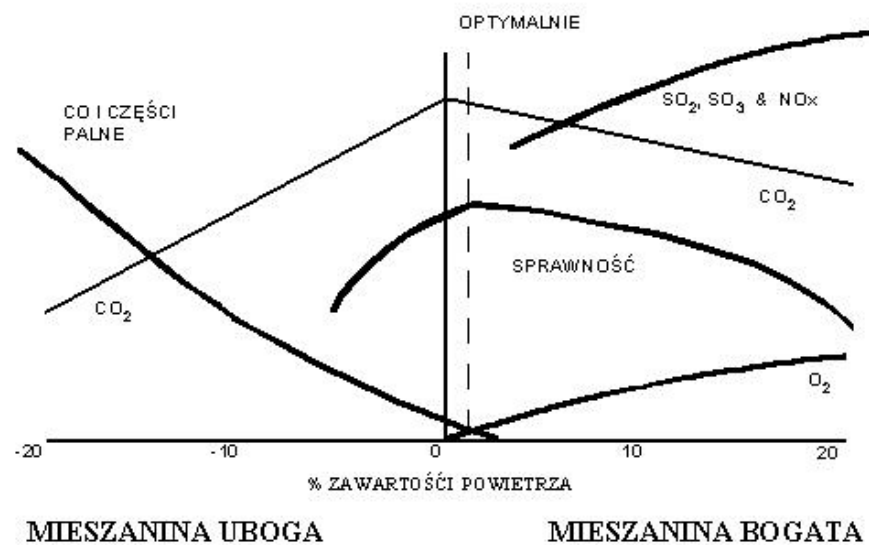
# Optymalizacja procesów spalania

# Pomiar O<sub>2</sub> i CO w energetyce



Główny cel: **OPTYMALIZACJA** procesu spalania

- Obecnie najczęściej stosowane są czujniki cyrkonowe
- Wyzwanie: krótki czas odpowiedzi i długa żywotność
- Praca w dużym zapyleniu
- Optymalna wydajność paliwa – poziom CO powinien być mierzony od 1 ppm (próg detekcji)



# Pomiar O<sub>2</sub> i CO w energetyce



- Redukcja stężenia NO<sub>x</sub> w związku z minimalizacją ilości O<sub>2</sub>
- Bardziej czyste powierzchnie wymienników ciepła
- Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych
- Odpowiedni dla aplikacji SIL-2 (IEC 61508)
- Niskie koszty eksploatacyjne
- Łatwa instalacja, obsługa nadajnika i odbiornika





# Trudne aplikacje przykładowe rozwiązania

# Pomiar H<sub>2</sub>O w czystym chlorze

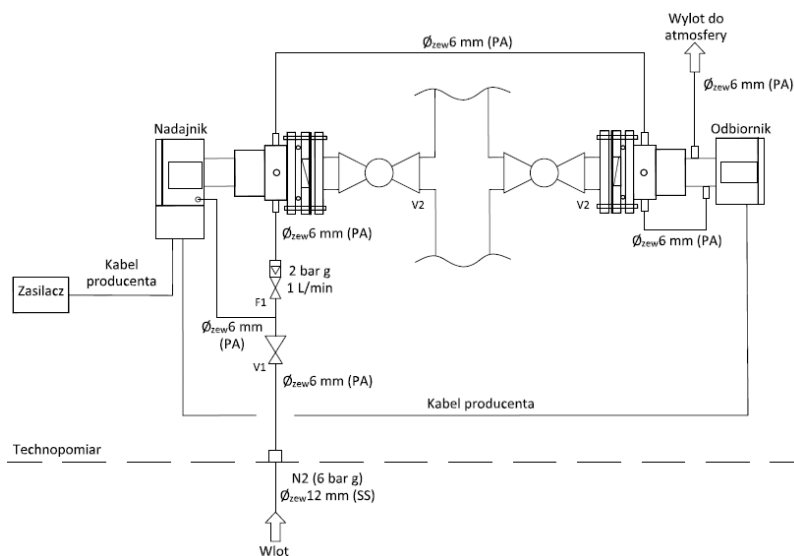


## Wyzwania:

- Praca w bardzo korozyjnych warunkach
- Pomiary H<sub>2</sub>O na poziomie ppm
- Uniknięcie zakłóceń od wilgoci z powietrza atmosferycznego
- Nieskomplikowana możliwość wykonywania testów i kalibracji

## Rozwiązania:

- Odizolowanie soczewek analizatora od chloru z użyciem okienek ze szkła borokrzemowego
- Osiągnięty zakres: 0,1 – 42 ppm
- Ciągły przedmuch niewielką ilością azotu. Przedmuchiwana jest obudowa z elektroniką oraz przestrzeń pomiędzy soczewkami, a kotnierzem izolacyjnym.
- Długość drogi optycznej w procesie wynosi 124cm. Dlatego do testów i kalibracji przygotowana została specjalna kuweta pomiarowa o długości 124cm





# Pomiar O<sub>2</sub> w gazie koksowniczym



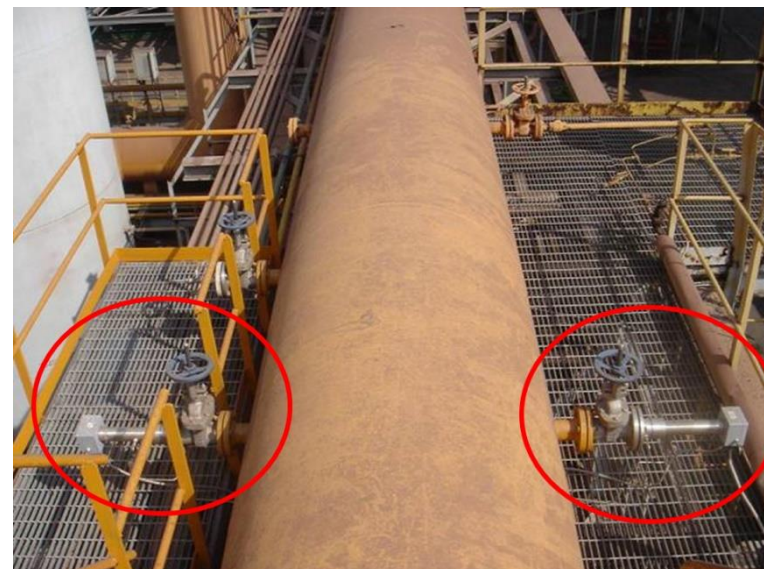
## Wyzwania:

- Instalacja bezpieczeństwa – kontrola wybuchowości
- Pomiary w czasie rzeczywistym
- Instalacja in-situ w strefie zagrożonej wybuchem
- Pomiary w bardzo zanieczyszczonym gazie (benzol: 31-36g/Nm<sup>3</sup>, smoła, naftalen i pył)
- Możliwość montażu i demontażu analizatora na pracującej instalacji



## Rozwiązania:

- Zastosowano LaserGas® II SP O<sub>2</sub> o progu detekcji 100 ppm  
Zakres pomiarowy wynosi 0 – 10 %
- Czas odpowiedzi wynosi 1s
- Certyfikacja do strefy 2: II 3 G Ex nA nC op is IIC T4 Gb
- Montaż rur insercyjnych, skracających drogę optyczną do 265 mm
- Wykorzystanie zaworów kulowych





# Pomiar O<sub>2</sub> w butadienie

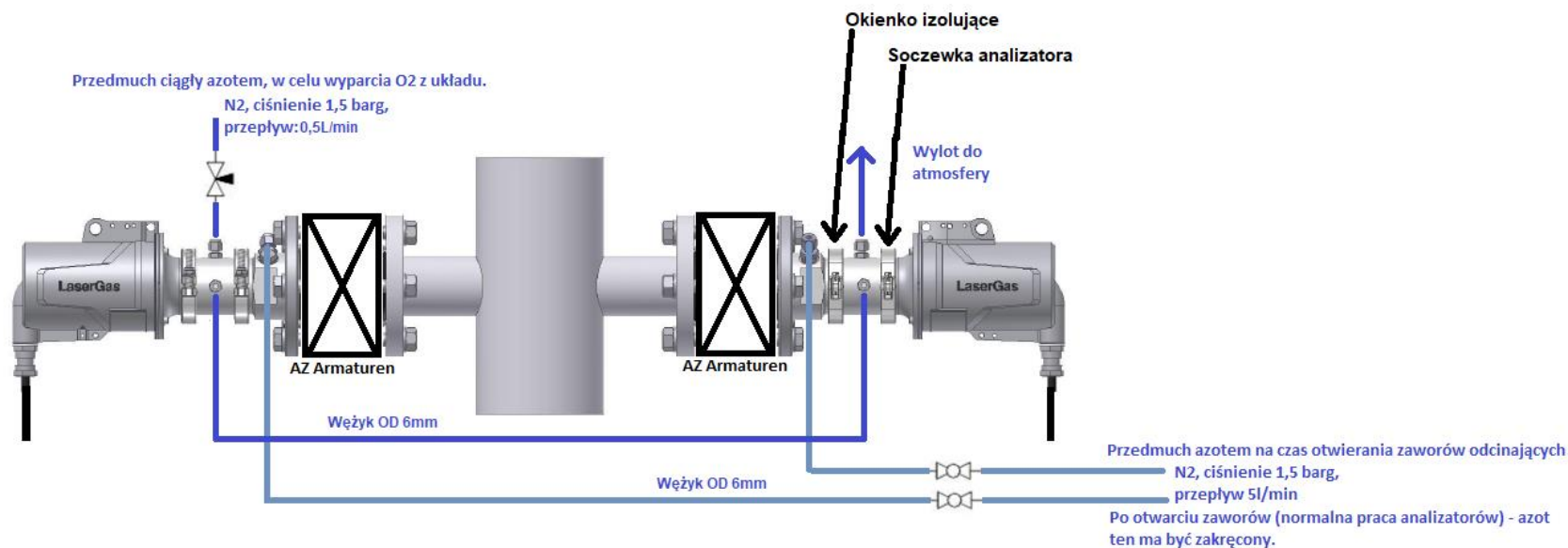


## Wyzwania:

- Instalacja bezpieczeństwa – kontrola wybuchowości
- Pomiary w czasie rzeczywistym
- Instalacja in-situ w strefie zagrożonej wybuchem
- Pomiary w medium, które może polimeryzować
- Możliwość montażu i demontażu analizatora na pracującej instalacji

## Rozwiązania:

- Zastosowano LaserGas III SP O<sub>2</sub> o progu detekcji 100 ppm  
Zakres pomiarowy wynosi 0 – 10 %
- Czas odpowiedzi wynosi 100ms
- Certyfikacja do strefy 1: II 2 G Ex d [op is] IIC T4 Gb
- Obudowa Ex-d, nie wymagająca ciągłego przedmuchu
- Zastosowanie dodatkowych okienek izolujących oraz dodatkowego przedmuchu azotem na czas otwierania i zamykania zaworów kulowych
- Wykorzystanie zaworów kulowych



# Pomiar H<sub>2</sub>S na otwartej przestrzeni



## Wyzwania

- Trwałość czujnika
- Brak czułości skrośnej od terpentyny i merkaptanów
- Pomiary na poziomie NDS (7 i 14 mg/m<sup>3</sup>)
- Pomiar w wielu punktach
- Praca w strefie poruszania się pracowników

## Rozwiązania

- Trwałość źródła światła wynosi: do 25 lat
- Obecność terpentyny i merkaptanów do 10% nie wpłynie na pomiary
- Wraz z wydłużeniem drogi optycznej, wzrost progu detekcji do poziomu 2,25 mg/m<sup>3</sup>
- Wyznaczenie odcinków pomiarowych o długości 5 m
- Zastosowano sygnalizację (sygnał binarny) po zaniku transmisji sygnału laserowego na ponad 5 sekund





# Pomiar $\text{NH}_3$ i $\text{H}_2\text{O}$ - aplikacja mobilna

# Pomiary stężenia $\text{NH}_3$ i $\text{H}_2\text{O}$ – układ przenośny



## Analizator LaserGas® SP II $\text{NH}_3+\text{H}_2\text{O}$

- Wersja mobilna
- Grzana i izolowana kuweta pomiarowa
- Regulacja temperatury grzałek kuwety
- Pomiar temperatury i ciśnienia spalin
- Możliwość przesyłania sygnałów pomiarowych
- Szybkie uruchomienie układu pomiarowego
- Możliwość zasilania sondy poboru próbki, trasy grzanej i pompy
- Diagnostyka poszczególnych elementów układu pomiarowego



Analizator LaserGas® Single Path II do pomiaru  $\text{NH}_3+\text{H}_2\text{O}$  w spalinach – wersja przenośna



# LaserGas<sup>®</sup> w Polsce - podsumowanie

# Podsumowanie



- Do końca roku 2017 w Polsce zainstalowano **82 analizatory LaserGas®**
- Mierzone parametry: **HF, H<sub>2</sub>S, HCl, O<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O** oraz **zapylenie**
- Najczęściej mierzonym związkem jest amoniak (**NH<sub>3</sub>**) – **30 analizatorów**
- Wiele aplikacji w gazach mocno zapyłonych
- Rozwiązania mobilne

