



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Emisje metanu – czego nie wiemy?

Perspektywa metrologii

Jarosław Nęcki Jakub Bartyzel

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
AGH

Anatoli Smirnov Sabina Assan

EMBER

Szkoła Górnictwa Podziemnego kwiecień 2022

MRV – czego nie wiemy?

Perspektywa metrologii



Emisje

CH₄ area flux (kg/(m²h))

Strumień powierzchniowy

CH₄ release rate (kg/h)

Szybkość uwalniania

CH₄ mole fraction (ppm)

Stężenie molowe

CH₄ release (kg)

Wielkość uwolnienia

CH₄ concentration (kg/m³)

Stężenie

CH₄ mixing ratio (%)

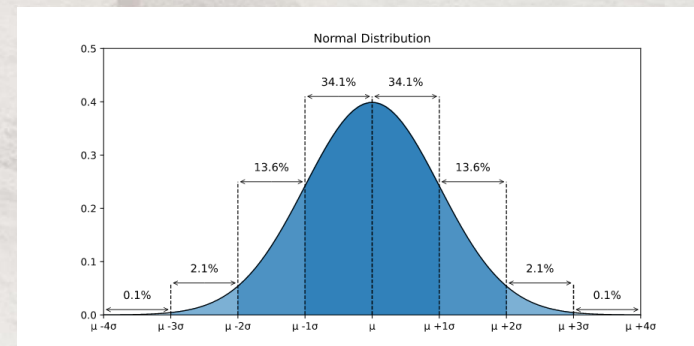
Stężenie procentowe

Każda zmienna – wynik pomiaru wielkości X – jest obarczona niepewnością pomiaru $u(X)$

n.p. $C = 1.2\%$ $u(C) = 0.2\%$

Zwykle oznacza to że istnieje 68% prawdopodobieństwo, że wartość prawdziwa C zawiera się pomiędzy 1% i 1.4%

Ale ciągle jest szansa = 1/6 , że wartość jest większa





Pomiary CH₄ – precyzja i dokładność

$$CH_4(t_i) = C(t_i) * Wydatek_przepływu(t_i)$$



- jeśli, $C(t_i)=0.3\%$, $W_p(t_i)=10000m^3/min$ oraz $u(C)=0.1\%$ and $u(W_p)=100m^3/min$ wtedy:

$$CH_4(t_i)=30m^3/min, \quad u(CH_4(t_i))=10m^3/min$$

Po przeskalowaniu na rok **CH₄(rok)=11±8kt**

Każda zadeklarowana redukcja emisji o 20% jest prawdą z prawdopodobieństwem 50% !!!



U(C)= 0.1%
lub więcej

MRV – czego nie wiemy?

Perspektywa metrologii

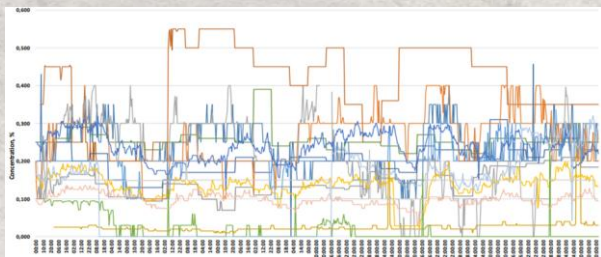
Niepewność

- Co wpływa na wielkość niepewności?

Zmienność

Precyzja i dokładność

Warunki



Reprezentatywność w czasie i przestrzeni?



MRV – czego nie wiemy?

Perspektywa metrologii

- Różne metody są związane ze specyfiką wydobycia :



Zapylenie

Duża przestrzeń

Przesycenie, wysokie CO₂

Chwilowa emisja

Wymagania APEX

Niskie stężenia(2-200ppm)

VAM stężenie CH₄ 0 – 2%

DM stężenie 30 – 100%



MRV – czego nie wiemy?

Perspektywa metrologii

Techniki pomiaru (czujniki)

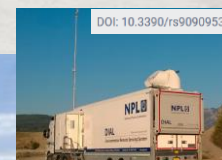
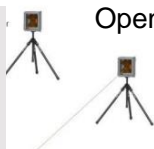
Pelistorowe ; Półprzewodnikowe; Optyczne:

DAS, TDLAS, DIAL, OGI, CEAS:

CRDS,
ICOS,
OFCEAS,...



Open path TDLAS



DOI: 10.3390/rs9090953

Mošick, M., Crowther, B., Lemay, R., Valupadas, P., Fu, L., Lung, B., ... Chambers, A. (2015). Development of differential absorption lidar (DIAL) for detection of CO₂. *Canadian J. Remote Sensing*. doi:10.1155/12.2176984

MRV – czego nie wiemy?

Perspektywa metrologii

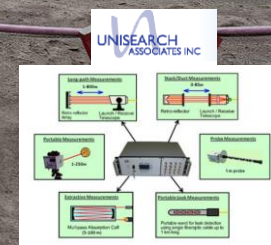
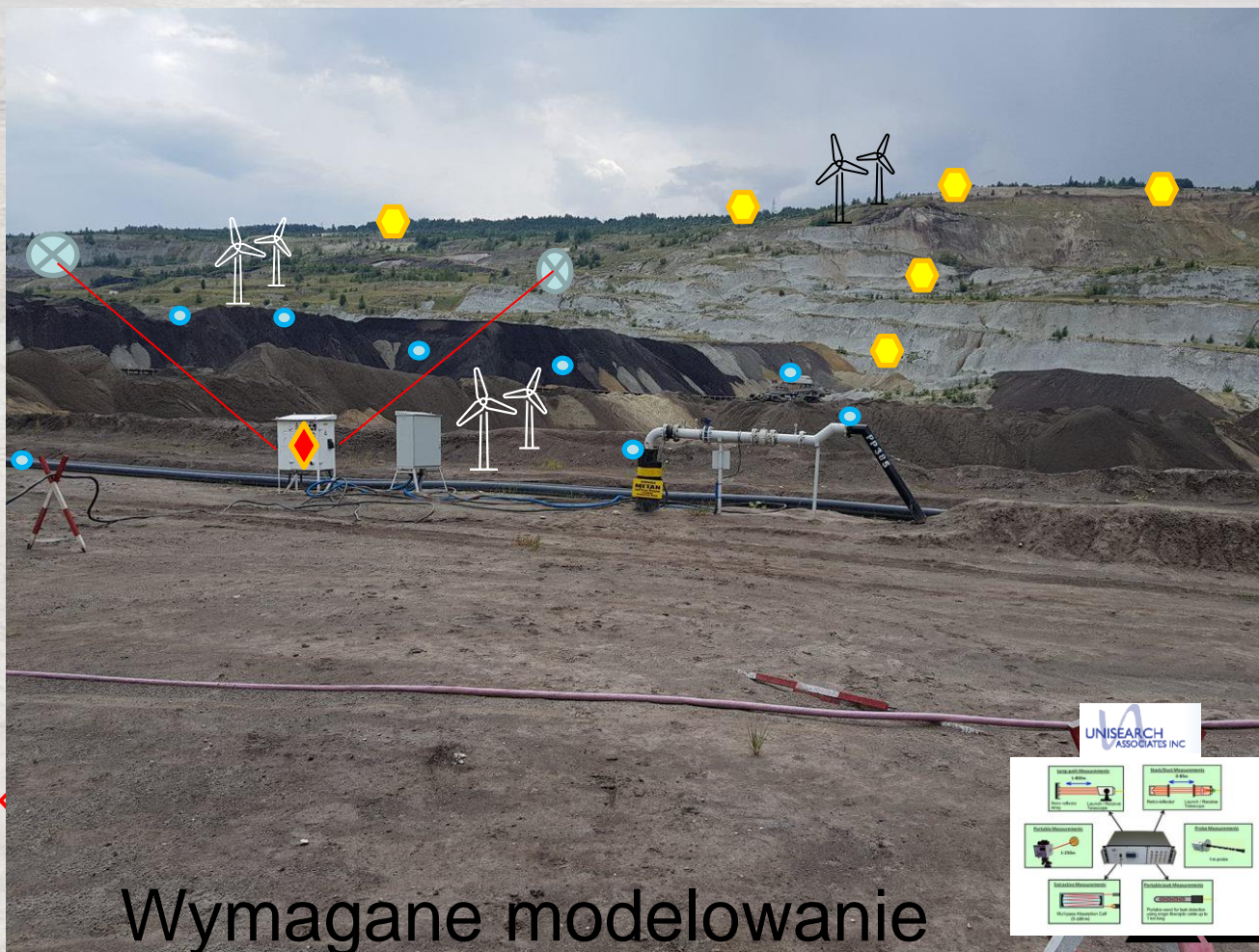
20kUSD

- Co jest dostępne dla kopalni odkrywkowych?

TDLAS –
otwarta ścieżka
1 szt.
Retroreflektory
5 szt.


Tanie **DAS**
10 szt. Ale we
wsółpracy
z modelowaniem
bLM or IGM

Sensory półprzewodnik
100 szt
Anemometry 3D



• Kopalnie w.k. Gdzie można mierzyć?




TDLAS – otwarta ścieżka  1szt.
Retroreflektor 1 szt

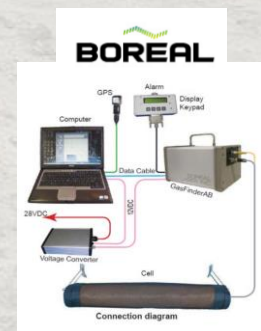
Niski koszt **DAS** 3szt 

Wiatromierze 3D (najniższy poziom i na zewnątrz)

Najniższy koszt **Sensory półprzewodnikowe**
10 szt lub więcej

Wiatromierze lub rurki Pitota 

Znacznikowanie (okazjonalnie) 



MRV – czego nie wiemy?

Perspektywa metrologii

- Modele

Wtedy, kiedy nie można wykonywać bezpośrednich pomiarów

Lagrangian models

bLS

Śledzą drogę cząsteczki

Wskazane dla receptorów punktowych

Gaussian models

IGM

Śledzą smugę gazu w całości (uśrednioną)

Wskazane dla „otwartej ścieżki”

Mass balance

MB

Sumują masę

Wskazane dla platform powietrznych lub DIAL

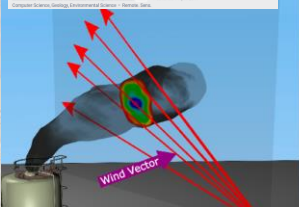


MRV – czego nie wiemy?

Perspektywa metrologii

- Weryfikacja

1004 10.03.2014-08:00:00 - Copy 01 08/02/17
Differential Absorption Lidar (DIAL)
Measurements of Landfill Methane Emissions
© 2014 by National Institute of Environmental Research, Kraków, Poland. All rights reserved.
Differential Absorption Lidar, Environmental Research - Kraków, Poland

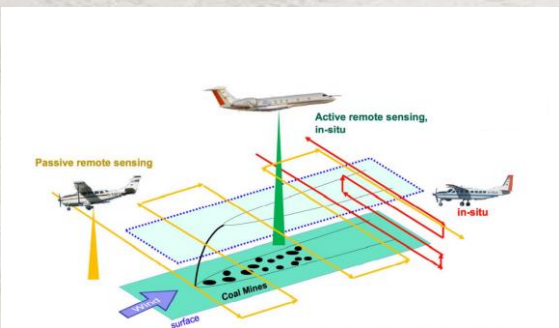


DIAL (lidar) 0.4M\$ jeden na kraj



CEAS (lekkie, MIR)

40k\$ jeden na instytucję



DIAL, CEAS (ciężkie, MIR),
OGS (SWIR)

?\$ jeden na kontynent

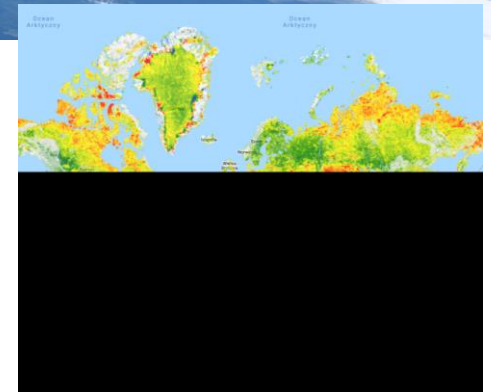
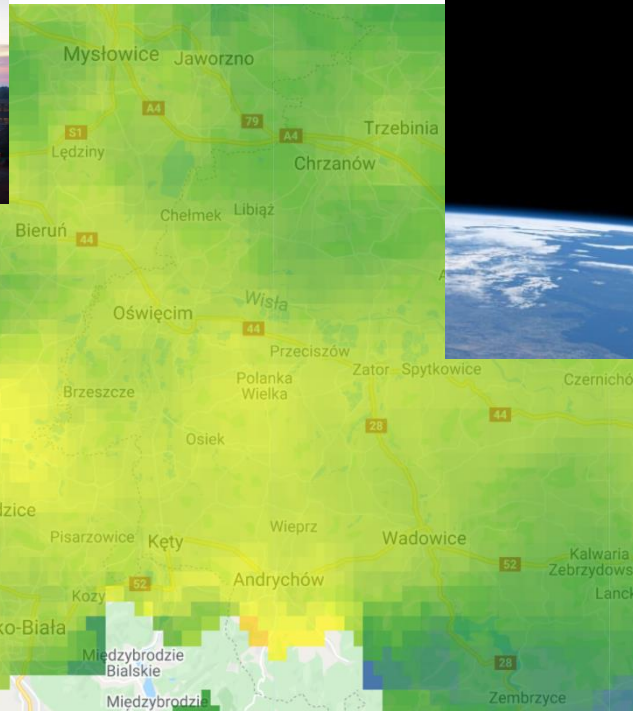
CEAS (mobile, MIR, SWIR)



60k\$ jeden na instytucję

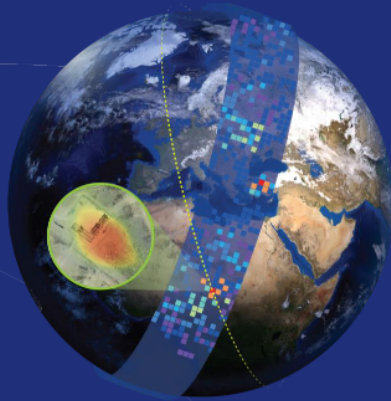


ESA Sentinel 5P : JSW - CH₄ plume (2021)





GHGSat



METHANE MONDAYS

AIRCRAFT & SATELLITES

Ángel E. Esparza, PhD, P.E., CESCO
Technical Sales Engineer | U.S. and LATAM

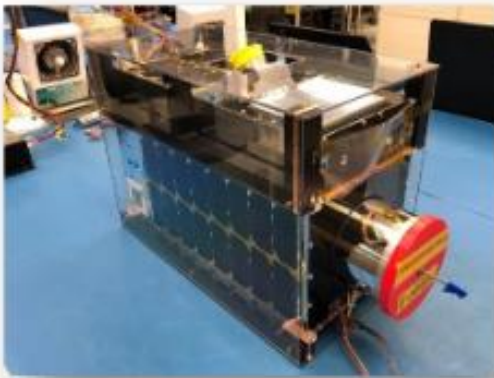
Brody Wight
Sales Director | Energy, Landfills, and Mines

February 21, 2022



Aircraft Variant (AV)

- AV1 → 2019
- AV2 → 2021
- AV3 → 2022
- AV4-5 → 2023



Satellites

- D → 2016
- C1 → 2020
- C2 → 2021
- C3-C5 → 2022
- C6-C10 → 2023
- CT1 (CO₂) → 2023

Ángel E. Esparza, PhD, P.E., CESCO
Technical Sales Engineer | U.S. and LATAM

Brody Wight
Sales Director | Energy, Landfills, and Mines

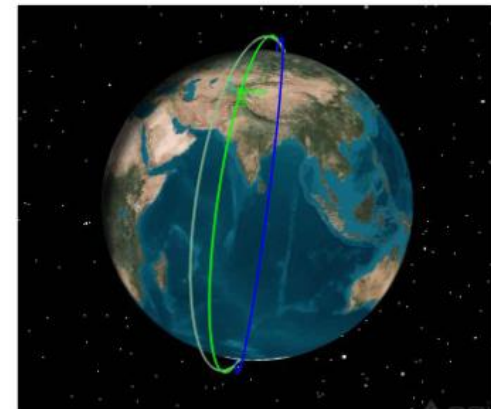
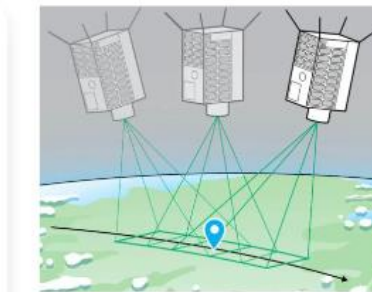
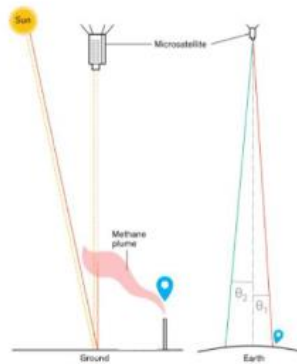
February 21, 2022

GHGSat

HOW SATELLITES WORKS

Onshore Monitoring

- 200 images
 - 200,000 pixels/image
- ~7.6 km/sec (~4.7 mi /sec)
- Orbit: Sun-synchronous Polar
 - Resolution: ~25 m
 - FOV: ~12 km x 12 km
 - Altitude: ~500 km
 - Orbits/day: 15



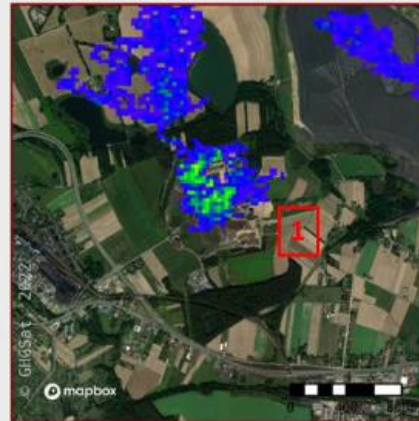
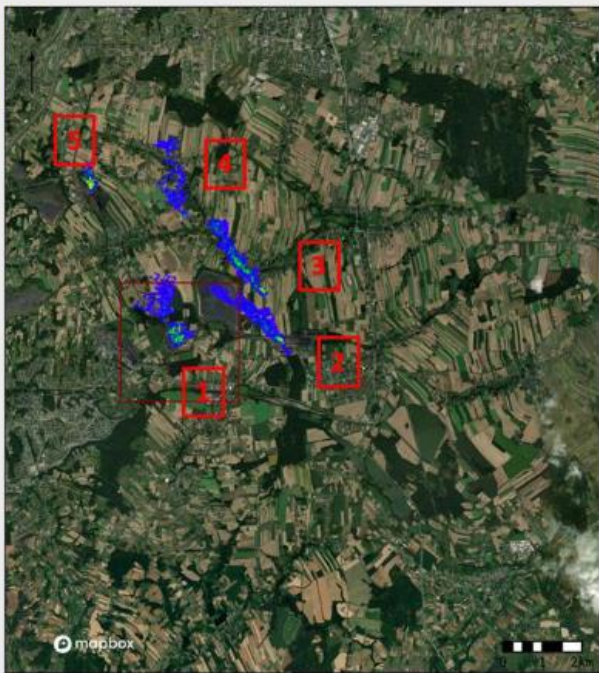
Ángel E. Esparza, PhD, P.E., CESCO
Technical Sales Engineer | U.S. and LATAM

Brody Wight
Sales Director | Energy, Landfills, and Mines

EXAMPLES OF GHGSAT SATELLITE MEASUREMENTS

GHGSat-CX – Underground Coal Mine

Pniowek, Poland
CH₄ Concentration Map



Product:
Column averaged CH₄ concentration in excess of
local background.
Background Image:
© Mapbox: <https://www.mapbox.com/about/maps>
© OpenStreetMap: <http://www.openstreetmap.org/copyright>
© Maxar: <https://www.maxar.com>
Timestamp:
2022-01-24 08:40:54 UTC
Observation ID:
AX_F04g
Satellite:
GHGSat-C2

January 2022

- 1) 1,265 kg/hr
- 2) 1,815 kg/hr
- 3) 1,216 kg/hr
- 4) 898 kg/hr
- 5) 635 kg/hr