

Optymalizacja planowania wymiany sieci dystrybucyjnej i metody kwantyfikacji emisji gazu ziemnego z zastosowaniem metodologii PICARRO

Picarro Pipe Replacement Optimization & Emissions Quantification Results

Jarosław Grodowski*

Słowa kluczowe: gazociągi, emisje, redukcja emisji, detekcja wycieków, analiza danych, sieć dystrybucji gazu, Picarro, optymalizacja, pomiary metanu.

Streszczenie

Mobilne systemy Picarro użyte zostały do pobierania i analizy danych dotyczących emisji metanu w regionie testowym zawierającym 444 km głównych gazociągów dystrybucyjnych ze stali, żeliwa i tworzyw sztucznych.

Celem projektu była ocena redukcji ryzyka, redukcji emisji i korzyści finansowych wynikających z:

1. dodania danych pomiarowych Picarro, dotyczących metanu do kryteriów priorytetyzacji wymiany gazociągów oraz
2. zidentyfikowania najbardziej emisyjnych wycieków ("super emiterów") w infrastrukturze do priorytetowej naprawy.

Projekt ten wykazał, że uwzględnienie danych dotyczących wielkości emisji metanu w procesie planowania wymiany gazociągu pozwala na jej redukcję oraz zapewnia poprawę bezpieczeństwa i przynosi wymierne korzyści ekonomiczne.

Niniejsze opracowanie opisuje wyniki pomiarów i analizy danych, metodologię gromadzenia danych, protokół i walidację, a także szczegóły dotyczące sprzętu, oprogramowania i platformy analizy danych Picarro, wykorzystujących algorytmy uczenia maszynowego.

Keywords: gas pipelines, emissions, emissions reduction, leak detection, data analysis, gas distribution network, Picarro, optimization, methane measurements.

Abstract

Mobile Picarro systems were used to collect and analyse methane emissions data in a test region consisting of 444 km of distribution main pipelines with a mix of bare steel, cast iron, and plastic mains. The goal of this campaign was to assess the risk reduction, emissions reduction and financial benefits of:

- 1) adding Picarro methane data to the prioritization criteria for pipeline replacement and
- 2) identifying the highest-emitting ("super emitter") leaks in the infrastructure for prioritized repair.

This project has shown that including methane emission rate (volumetric flow rate) as part of the replacement prioritization process results in not only the reduction of natural gas emissions – reducing the environmental impacts of such emissions – but also simultaneously provides safety and financial benefits.

This paper describes the results of the measurement campaign and data analysis, data collection methodology, protocol, and validation, as well as details about the Picarro hardware, software, and data analysis platform using machine learning algorithms.

Konspekt

Optymalizacja wymiany gazociągów

- System Picarro wykrył na obszarze badań 325 podziemnych wycieków (średnio 0,7 wycieku na km).
- Region testowy został podzielony na małe obszary (ok. 0,16 x 0,16 km.) w celu zidentyfikowania elementów gazociągów do potencjalnej wymiany. Średnia długość gazociągu w każdym obszarze odpowiada typowej długości projektów wymiany gazociągów w Planie Poprawy Systemu Gazowego – PPSG.

- Obszary te zostały sklasyfikowane według przewidywanej gęstości wycieków, aby ustalić priorytet wymiany dla 16 km instalacji.
- System Picarro zidentyfikował średnio 2 razy więcej wycieków w badanych obszarach w porównaniu z dotychczasowymi projektami Planu Poprawy Systemu Gazowego – PPSG.
- Zastosowanie optymalizacji Picarro usunęłoby 2 razy więcej wycieków przy tych samych kosztach, eliminując w ten sposób koszty naprawy wycieków w przyszłości.
- Gdy optymalizacja Picarro została przeprowadzona z uwzględnieniem wyłącznie gazociągów żeliwnych o średnicy czterech

* Jarosław Grodowski, INTERTECH POLAND, przedstawicielstwo PICARRO INC. Na podstawie „Picarro White Paper”, jgrodowski@intertechpoland.pl

cali lub mniejszej, liczba zidentyfikowanych wycieków była jeszcze większa (2,1 razy więcej wycieków w porównaniu z PPSG).

Redukcja emisji

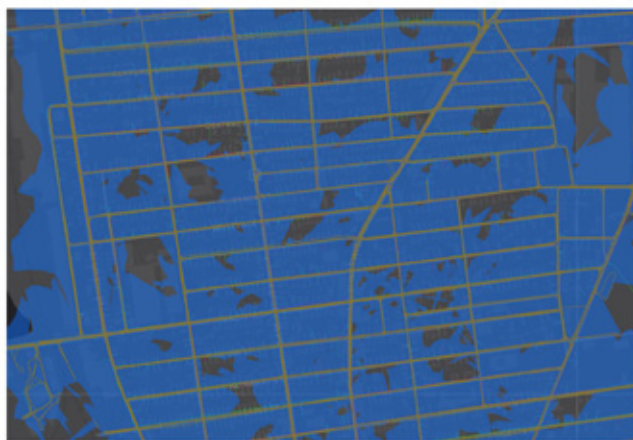
- System Picarro zidentyfikował 1025 źródeł emisji (zarówno podziemnych, jak i naziemnych) o całkowitej emisji wynoszącej 713 standardowych stóp sześciennych na godzinę (SCFH).
- Największe źródła metanu, stanowiące 0,8% (8 z 1025), odpowiadały za 27% całkowitej emisji zmierzonej przez Picarro w regionie testowym. Każde z tych ośmiu źródeł miało natężenie przepływu ≥ 10 SCFH.
- Wykazano, że 5% źródeł (47 z 1025) przyczynia się do 50% całkowitej emisji w badanym regionie.

Gromadzenie danych

System mobilny, wyposażony w sprzęt Picarro do zbierania danych o emisji metanu, działał w okresie 40 dni.

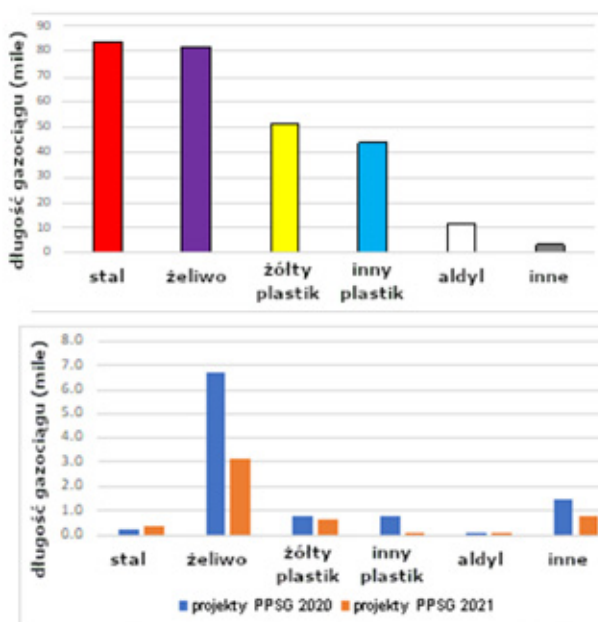
Operator dostarczył pliki GIS sieci dystrybucyjnej do importu na platformę analityczną Picarro.

Ulice były badane zgodnie z sześcioprzejazdowym protokołem jazdy Picarro (opisanym w dalszej części) i osiągnęły ~100% pokrycia gazociągu w obszarze testowym.



Rys. 1. Skompilowane dane z trzech przejazdów (w obu kierunkach) na każdej ulicy, pokazujące ślad pojazdu (brązowy) i zasięg badania (niebieski)

Fig.1. Compiled data over three drives (six passes) on each street showing vehicle breadcrumb (brown) and FOV coverage (blue)

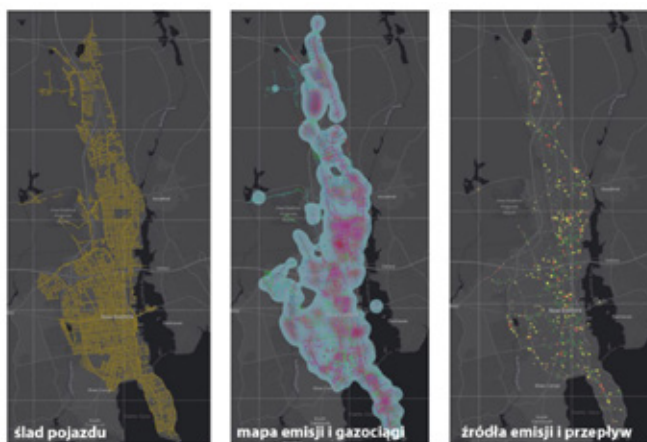


Rys. 2. Sieć według materiału w obszarze testowym. Dystrybucja w projektach PPSG na lata 2020 i 2021

Fig. 2. Mains coded by pipe type in the test area. Pipe type distribution of GSEP projects for 2020 and 2021

Dane dotyczące emisji zebrano na 444 km sieci, wykonanej ze stali, żeliwa i sieci z tworzyw sztucznych. Lokalizacje projektów PPSG, dostarczone przez operatora, zostały wytypowane przy użyciu GIS, przy czym 16 km planowano do wymiany w 2020 r. i 8 km w 2021 r. Preferowane były sieci żeliwne o mniejszej średnicy (≤ 4 cale).

Jak pokazano na poniższych rysunkach, dane uzyskane z pomiarów są zintegrowane z systemem informacji geograficznej (GIS), co umożliwia ich łatwe obrazowanie i analizę. Dla każdego wskazania potencjalnego wycieku określany jest stosunek stężenia metanu do etanu, co pozwala wykluczyć z analizy wskazania fałszywie dodatnie (gaz biogeniczny, mieszanina gazów ropopochodnych, itp.). Protokół pomiarowy Picarro (opisany dalej) zakłada sześciokrotny przejazd wzdłuż każdego segmentu badanego gazociągu, przez co możliwe jest geoprzestrzenne grupowanie wykrytych nieszczelności. Wielkość emisji obliczana jest przez algorytm Picarro Emissions Quantification Analytics. Dla każdego wskazania wycieku system określa też prawdopodobieństwo, czy pochodzi on spod, czy znad poziomu gruntu.



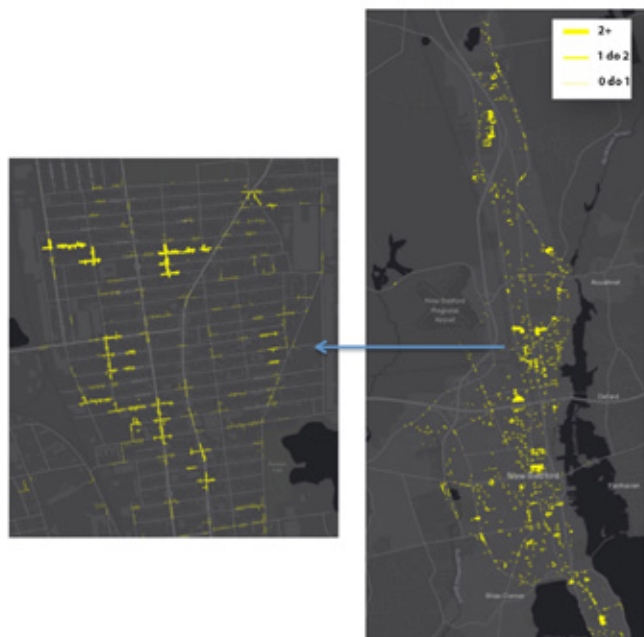
Rys. 3. Różne wizualizacje danych zebranych na obszarze testowym:

- 1) ślad pojazdu
- 2) mapa emisji nałożona na zasoby GIS
- 3) poszczególne lokalizacje emisji oznaczone kolorami według prawdopodobieństwa wycieku poniżej poziomu gruntu (od najwyższej do najniższej: czerwony, żółty, zielony)

Fig. 3. Various visualizations of the data collected on the test area:

- 1) vehicle breadcrumb
- 2) emissions heatmap overlaid on GIS assets
- 3) individual emissions locations color coded by belowground probability (high to low: red, yellow, green)

Poniżej przedstawiono przykład integracji danych pomiarowych z systemem informacji geograficznej. Wskazane na mapie nieszczelności wskazują segmenty gazociągu wymagające szczególnej uwagi. Możliwe jest obliczenie emisji dla każdego z tych segmentów.



Rys. 4. Szacunkowa liczba wycieków podziemnych nałożona na segmenty gazociągu uzyskane z GIS

Fig. 4. Estimated number of below ground leaks associated with GIS-defined pipe sections

Optymalizacja wymiany gazociągów

Metodologia Picarro zakłada:

- 1) zbieranie danych co najmniej raz w roku,
- 2) planowanie wymiany w celu maksymalizacji usuwania istniejących wycieków.

Proces wymiany gazociągów powinien być zoptymalizowany z uwzględnieniem ryzyka wynikającego z zagrożenia niezależnego od czasu (np. warunki atmosferyczne i czynniki zewnętrzne) oraz ryzyka rezydualnego (np. procesy produkcyjne i budowlane).

Mając to na uwadze, przeprowadzono dwie oddzielne analizy tego samego zestawu danych.



Rys. 5. Lokalizacje projektów wymiany PPSG
Fig. 5. GSEP replacement project locations

W pierwszej analizie przeprowadzono modyfikacje harmonogramu niektórych projektów PPSG za lat 2020 i 2021.

W drugiej analizie, opracowano nowe projekty, bazując wyłącznie na wynikach uzyskanych z pomiarów systemem Picarro.

Studium przypadku 2020 – optymalizacja bieżących projektów PPSG

Na podstawie pomiarów i analiz przeprowadzonych w tej kampanii oszacowano, że w regionie testowym jest 325 wycieków podziemnych (średnio 0,7 wycieku na km).

Poniżej przedstawiono lokalizacje planowanych wymian gazociągów oszacowanych na podstawie GIS:

- 2020: 16 km na 24 sąsiadujących ze sobą głównych segmentach,
- 2021: 8 km na 17 sąsiadujących ze sobą głównych segmentach.

Według szacunków Picarro wybór na 2020 r. przed optymalizacją pozwoliłby wyeliminować 28 wycieków (1,7 wycieków na km). Wykorzystanie danych Picarro do optymalizacji wyboru, 16 km na 2020 r. (z łącznej liczby 24 km), pozwoliłoby usunąć 34 wycieki (o 20% więcej).



Rys. 6. Optymalizacja istniejących projektów PPSG na lata 2020-2021 dla 16 km do wymiany. Projekty o największej gęstości wycieków są wybierane na 2020 r., aby zmaksymalizować liczbę wycieków usuniętych w 2020 r.

Fig. 6. Optimization of the existing 2020-2021 GSEP projects. The projects with the highest leak density are selected for 2020 to maximize the number of leaks removed in 2020

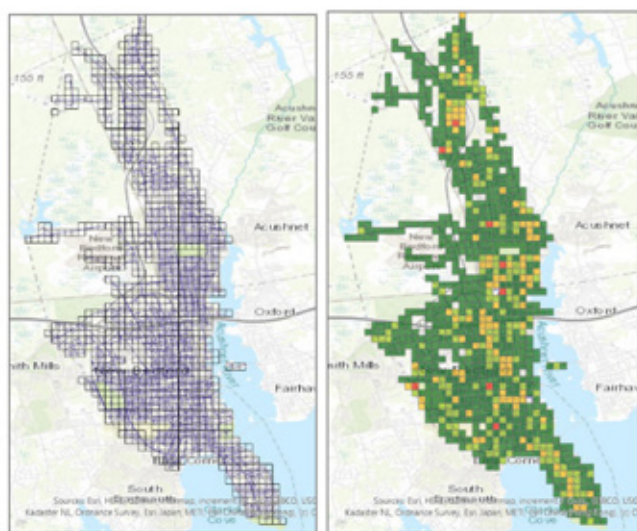
Optimalizacja wymiany w testowym obszarze poprzez definiowanie nowych projektów

Druga analiza ma na celu zdefiniowanie nowego zestawu gazociągów do wymiany, wybranych tak, aby zmaksymalizować liczbę wycieków znalezionych dla stałego budżetu wymiany (16 km z 276 w 2020 r.).

Podjęcie do analizy

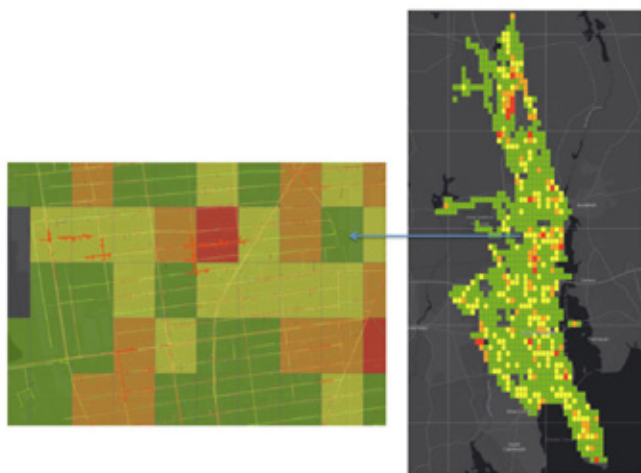
1. Region podzielono na obszary (0,16 x 0,16 km), które reprezentują skalę potencjalnych projektów wymiany gazociągów.
2. Uszeregowano je według tego, jak bardzo odbiegają od średniej.
3. Obliczono "mnożnik", tj., ile razy więcej wycieków można usunąć przy użyciu optymalizacji Picarro w porównaniu z losowym wyborem wśród potencjalnych obszarów wymiany.

Poniżej pokazano region testowy, podzielony na obszary o powierzchni 0,025 km kwadratowych wraz z obliczoną gęstością wycieków podziemnych dla każdego z nich. Pokazano również rozkład długości głównego gazociągu w obszarze – jego rozmiar został dostosowany tak, aby średnia długość gazociągu w każdym z nich była zbliżona do typowej długości projektów wymiany PPSG.



Rys. 7. Komórki siatki o powierzchni 0,025 km kwadratowego (po lewej) i oznaczona kolorami gęstość wycieku w tych siatkach (po prawej)

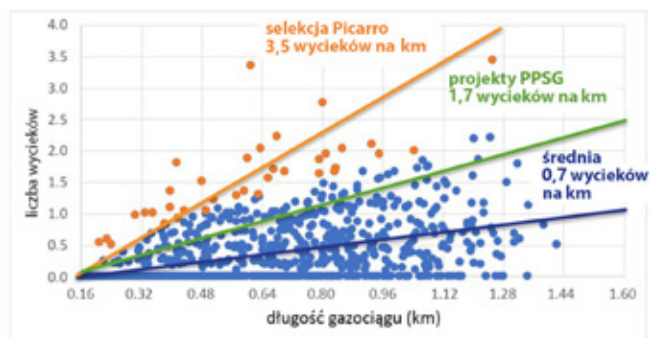
Fig. 7. Grid cells of 0.01 square miles (l) and color-coded leak density in these grids (r)



Rys. 8. Zoptymalizowane zobrazenie obszarów, pokazujące odcinki gazociągów oznaczone kolorami według gęstości wycieków, a także odcinki o najwyższym zagęszczeniu wycieków wyrażone grubością linii

Fig. 8. Picarro-optimized grid cells showing pipeline sections color-coded by leak density per segment as well as the highest leak-dense sections shown weighted by line thickness

Do wymiany na rok 2020 wybrano obszary sieci o największej gęstości wycieków, umożliwiło to zwiększenie efektywności o 3,5 wycieku na km (57 wycieków w zoptymalizowanych 16 km). Na poniższym wykresie przedstawione są obliczenia wycieków na km gazociągu dla każdej komórki sieci. Kryterium wyboru 16 zoptymalizowanych km wymiany polega na wybraniu obszarów o największej gęstości wycieków.



Rys. 9. Szacowana liczba wycieków na kilometr dla obszarów siatki w obszarze badań. W całym zbiorze danych występuje średnio 0,7 wycieku / km. W projektach PPSG na lata 2020-2021 szacowane jest średnio 1,7 wycieku / km. Wybór zoptymalizowany przez system Picarro szacowany jest średnio na 3,5 wycieku / km

Fig. 9. Plot of estimated leaks per mile of optimization grid cells in New Bedford. Across the entire dataset, there is an average of 1.2 leaks/mi. The pipe in the existing 2020-2021 GSEP projects has an average of 2.8 leaks/mi. The Picarro-optimized selection averages 5.7 leaks/mi

Podsumowanie wyników

- Obecna strategia wymiany gazociągów pozwoliłaby usunąć 1,7 wycieków na km (27 wycieków na 16 km)
- Zastosowanie optymalizacji Picarro pozwoliłoby usunąć 3,5 wycieków na km (56 wycieków w zoptymalizowanych 16 km)
- Mnożnik = 2,06 (3,5/1,7)

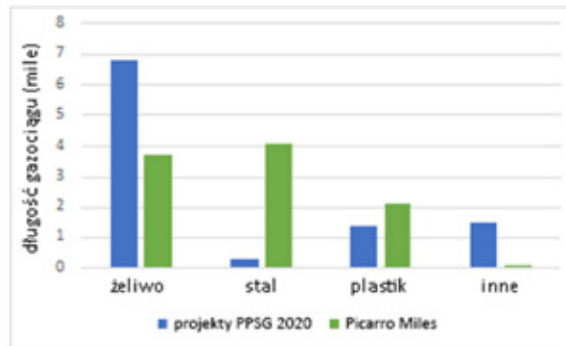
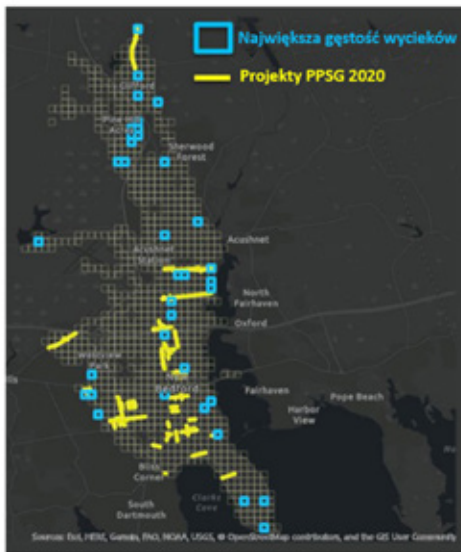
Analiza wpływu metody Picarro na program wymiany gazociągów

Przyjęto następujące założenia:

- Rocznie do wymiany planuje się 144 km sieci
- Średnia liczba wycieków na kilometr wynosi 1,7 zgodnie z kryteriami priorytetyzacji PPSG, wykorzystującymi przede wszystkim dane historyczne.
- Optymalizacja Picarro może zidentyfikować średnio ponad 2 razy więcej wycieków.
- Naprawa podziemnego wycieku kosztuje średnio 15 000 PLN. Zakłada się, że jest to koszt obsługi i utrzymania.
- Z powyższych założeń możemy wywnioskować, że:
- Obecne kryteria wyboru pozwalają naprawiać 252 wycieki rocznie (1,7 wycieków na km w sieci liczącej 144 km).
- Korzystając z metody Picarro, można usunąć 513 wycieków rocznie (3,5 wycieków na km w sieci liczącej 144 km). Przekłada się to uniknięcie kosztów napraw w wysokości 3 915 000 PLN. (513-252 = 261 x 15 000 = 3 915 000 PLN).
- Maksymalizując liczbę wycieków usuwanych przy wymianie gazociągów ograniczamy koszty bieżącej obsługi i utrzymania sieci wynikające z rutynowej kontroli lub zgłoszeń alarmowych.

Analiza porównawcza

Sieć wybrana do wymiany przez PPSG pokrywa się tylko w 5% ze zoptymalizowanym wyborem Picarro 2020. Ponadto wybór opar-



Rys. 10. Nakładanie się i rozkład długości sieci dla optymalizacji PPSG i Picarro 2020

Fig.10. Overlap and pipe length distribution for 2020 GSEP and Picarro optimizations

ty na gęstości wycieków Picarro wskazuje na niedoszacowanie przez PPSG konieczności wymiany gazociągów stalowych, jak pokazano poniżej.

Redukcja emisji

Drugim zastosowaniem zademonstrowanym w tym projekcie była identyfikacja „super emiterów”, a także kwantyfikacja wszystkich zmierzonych emisji na obszarze testowym. Zidentyfikowano łącznie 1025 źródeł emisji o łącznym natężeniu przepływu 713 SCFH. Poniższe analizy pokazują, że:

- **8 „super emiterów”**, (10 SCFH lub więcej) przyczynia się do **27% całkowitej emisji**.
- **Niewielka liczba największych wycieków (5%) odpowiada za 50% całkowitej zmierzonej emisji**.

Poniższe dane pochodzą z oprogramowania Picarro do modelowania scenariuszy na podstawie zebranych danych. Modelowane są trzy scenariusze: pierwszy pokazuje wszystkie źródła emisji i oblicza całkowity wskaźnik emisji oraz statystyki tej grupy wycieków. Drugi pokazuje tylko 8 „super emiterów”, a pozostałe 47 źródeł przyczyniających się do 50% emisji w pomiarach Picarro.



Rys. 11. Mapa emisji i statystyki, skumulowany rozkład wskaźnika emisji, współczynnik redukcji emisji i histogram wskaźników emisji

Fig. 11. Emissions map and statistics, cumulative emissions rate distribution, emissions reduction factor, and histogram of emissions rates



Rys.12. Statystyki dla super emiterów na obszarze badania

Fig.12. Statistics for the super emitters in the test area



Rys. 13. Statystyki dla 50 największych emiterów na obszarze testowym

Fig.13. Statistics for the top 50% of emitters in the test area

Wyniki i dyskusja

Interpretacja wyników ilościowego pomiaru emisji wskazuje, że bardzo niewielka liczba wysokoemisyjnych źródeł odpowiada za znaczną część całkowitej emisji. Zaobserwowano to we wszystkich danych



Rys. 14. Mobilna stacja pomiarowa
Fig. 14. Mobile measuring station

Picarro od operatorów na całym świecie i potwierdza to niezależne badanie dotyczące systemów dystrybucji gazu ziemnego.

W 2015 roku, w teście przeprowadzonym przez Picarro u operatora gazu w północno-wschodnich Stanach Zjednoczonych, w ciągu 5 miesięcy zimowych przejechano 544 km gazociągów, aby ocenić skuteczność stosowania systemu Picarro do identyfikacji lub prognozowania pęknięć w sieci żeliwnej. Wykazano, że stosowanie systemu Picarro zwiększa skuteczność kontroli zimowej, umożliwiając wykrywanie większej liczby niebezpiecznych wycieków i pokrywanie większego obszaru w tym samym czasie (lub pozwala patrolować ten sam obszar częściej) w porównaniu z technologią tradycyjną. Metodologia Picarro była w stanie zidentyfikować prawie dwa razy więcej nieszczelności gazociągów głównych w warunkach zimowych.

Mobilna stacja pomiarowa – PICARRO

Mobilny system wykrywania wycieków gazu ziemnego firmy Picarro bada infrastrukturę dystrybucji gazu ziemnego, gromadząc dane dotyczące stężenia metanu/etan, siły i kierunku wiatru, atmosfery i pozycji wg. GPS, które następnie przetwarzane są przez algorytmy uczenia maszynowego, w celu wykrywania i lokalizowania wycieków oraz obliczania wskaźników emisji metanu.

System Picarro składa się z następujących elementów (pokazanych poniżej) tworzących niezawodne rozwiązanie montowane w pojeździe:

- Analizator gazu o czułości rzędu ppb, oparty na spektroskopii pierścieniowej wnęki (CRDS), mierzący skład gazu atmosferycznego i inne składniki, takie jak etan
- Anemometr zamontowany na maszcie do pomiaru prędkości, kierunku i zmienności wiatru
- Dwie anteny na dachu pojazdu, jedna do łączności bezprzewodowej 4G i jedna do pozycjonowania pojazdu GPS
- Router bezprzewodowy 4G, umożliwiający połączenie internetowe i transmisję danych do i z Picarro Cloud oraz połączenie WiFi z tabletem samochodowym
- Tablet umożliwiający obsługę i wizualizację systemu i danych
- Moduł wyposażenia pomocniczego, zawierający pompy, baterię zapasową, odbiornik GPS oraz zasilacze i urządzenia zabezpieczające
- System wlotu gazu zamontowany z przodu pojazdu

Powietrze jest stale pobierane z przodu pojazdu i kierowane do analizatora gazu. Cały system i akcesoria są bezpośrednio podłączone do akumulatora pojazdu.

Oprogramowanie Picarro i analiza danych

System Picarro identyfikuje charakterystyczne atrybuty wycieków gazu ziemnego, analizując smugi metanu rozprzestrzeniające się w atmosferze i przecinające się z torem pojazdu.

System mierzy również warunki atmosferyczne i meteorologiczne oraz wykorzystuje algorytmy do identyfikacji pochodzenia i stopnia zagrożenia przypisanego do wycieku gazu ziemnego, jednocześnie praktycznie eliminując wskazania wywołane na innych źródłach metanu niezwiązanych z gazem ziemnym.

Picarro Emissions Quantification Analytics jest jednym z modeli analitycznych generujących wyniki i raporty, które można zastosować do danych pobranych przez pojazd Picarro. Po wielu przejazdach w badanym obszarze, w którym ścieżka pojazdu przecina smugę metanu, zwykle wiele razy, algorytm przetwarza dane w czterech podstawowych krokach:

1. Obliczenie wskaźnika emisji z poszczególnych wykrytych smug metanu.
2. Geograficzne powiązanie detekcji (klastrowanie) w celu identyfikacji źródeł emisji.
3. Obliczenie średniego wskaźnika emisji dla każdego klastra przy użyciu indywidualnych detekcji z zastosowaniem statystyki Bayesowskiej.
4. Agregacja źródeł (klastrowanie) na obszarach sieci lub odcinkach gazociągów oraz suma emisji z poszczególnych źródeł pozwalają na określenie wielkości całkowitej emisji i oszacowanie jej niepewności.

Natężenie przepływu metanu Q wyprowadza się z równania strumienia objętościowego, które wykorzystuje pomiar "ruchomej płaszczyzny strumienia" jako dane wejściowe:

$$Q = \iint [C(y, z) - C_0] \cdot u(y) dy dz,$$

gdzie:

C – stężenie metanu w każdym punkcie pomiarowym w przekroju chmury,

C_0 – tło stężenia metanu,

y – linia kierunku wiatru,

z – wysokość chmury (wyznaczana na podstawie zmierzonej szerokości w kierunku y i warunków atmosferycznych),

u – składowa prędkości wiatru, mierzona przez anemometr, prostopadła do kierunku poruszania się pojazdu,

Zaletą metody pomiaru strumienia do kwantyfikacji szybkości wycieku gazu ziemnego jest jej prostota. Szacowanie wielkości emisji wykonywane jest bezpośrednio poprzez pomnożenie zmierzonego profilu stężenia metanu przez prędkość wiatru. Dokładne oszacowanie emisji jest osiągnięte dzięki połączeniu wysokiej rozdzielczości przestrzennej profilu stężenia, dokładnych pomiarów i modeli chwilowego gradientu prędkości wiatru w pionie oraz uśredniania wielu przekrojów smug z kierunku wycieku. Krótki czas reakcji (4 Hz) analizatora gazów Picarro zapewnia wysoką rozdzielczość przestrzenną w kierunku poprzecznym względem wiatru. W rezultacie uzyskuje się mapę stężenia o wysokiej rozdzielczości, bez utraty informacji przestrzennej.

Porównanie z tradycyjnym sprzętem i metodami pomiarowymi

System Picarro rejestruje dane metanowe z prędkością i skalą niemożliwą do osiągnięcia przez tradycyjne instrumenty, eliminując przy tym błędy ludzkie związane z takimi metodami. Wykazano, że w ponad 60 badaniach terenowych system ten identyfikuje średnio trzy razy więcej nieszczelności podlegających ocenie (i trzy razy więcej niebezpiecznych wycieków) w porównaniu do tradycyjnych sprzętów i metod badawczych.

Spektrometr Picarro jest 1000 razy bardziej czuły od urządzeń tradycyjnych, mierzy stężenie metanu i etanu z czułością lepszą niż 1 ppb (tradycyjne systemy 1 ppm) i używa ich proporcji do eliminowania fałszywych wyników pochodzących z biogenych źródeł, takich jak kanalizacja, czy z pojazdów zasilane gazem. System może zbierać dane z prędkością ruchu drogowego oraz w deszczu i śniegu. Dzięki temu, że sygnał przynoszony jest przez wiatr z dużej odległości, nie ma konieczności jazdy bezpośrednio nad gazociągami, a algorytmy pozwalają ocenić chmurę metanu pod względem potencjalnego ryzyka, wielkości emisji i oszacować prawdopodobieństwo źródła pochodzenia – powyżej lub poniżej poziomu gruntu.

Wysoka czułość pomiaru w połączeniu z algorytmem oceny ryzyka (Picarro Risk Ranking Analysis), pozwala uszeregować wycieki według stopnia zagrożenia.

Walidacja i wykorzystanie w przemyśle

System Picarro używany jest przez 18 operatorów sieci gazowych w ośmiu krajach i ośmiu stanach USA. W szczególności, w odniesieniu do kwantyfikacji metanu, sprzęt Picarro i oprogramowanie Emissions Quantification Analytics wykorzystywane są przez PG&E w Kalifornii w celu zapewnienia zgodności z przepisami tego stanu w sprawie redukcji wycieków gazu ziemnego. PG&E wykorzystuje system Picarro do corocznego badania całej sieci dystrybucyjnej i identyfikowania "super emiterów" (wycieków o współczynnikach emisji przekraczających 10 standardowych stóp sześciennych na godzinę) w celu przyspieszenia naprawy.

Od 2011 r. produkt został przetestowany i zwalidowany w prawie 60 podwójnie ślepych, ukierunkowanych próbach terenowych z ponad 30 operatorami sieci w Ameryce Północnej, Europie, Azji i Australii, z których kilka obejmowało niezależną, zewnętrzną walidację przez różne organizacje sektora gazowniczego.

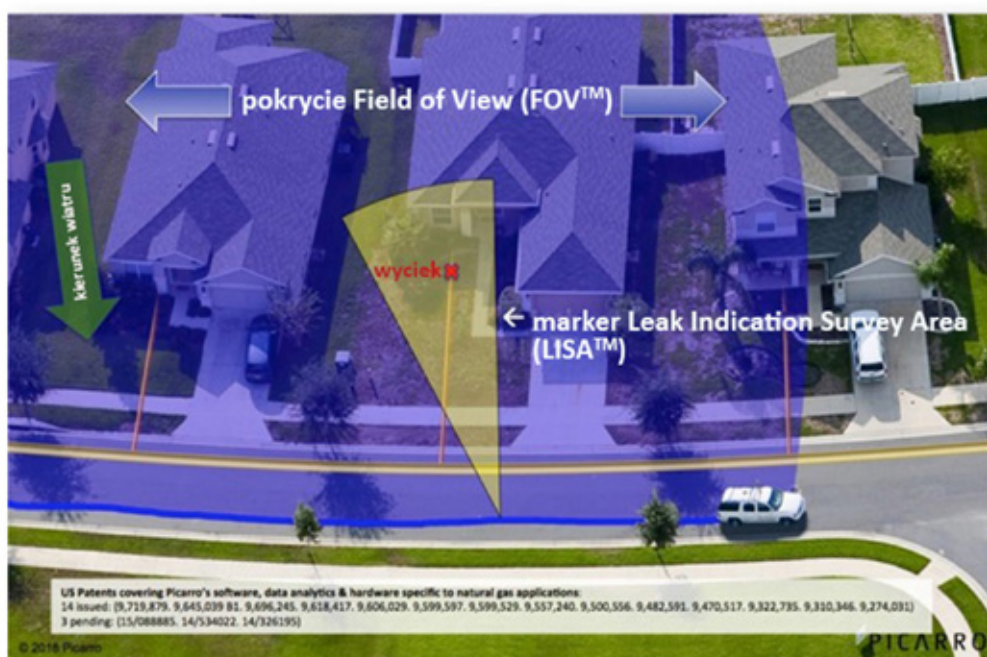
Sprzęt Picarro i oprogramowanie Emissions Quantification Analytics zostały przetestowane i zwalidowane przez kilku operatorów sieci gazowych oraz Picarro z wykorzystaniem kontrolowanych uwolnień, jak i rzeczywistych wycieków w szerokim zakresie warunków geoprzestrzennych i atmosferycznych.

PG&E zwalidowało technologię przy użyciu 400 kontrolowanych wycieków w ośrodku szkoleniowym PG&E, wykazując dobrą zgodność ze znanymi wskaźnikami emisji wycieków. W corocznym badaniu Super Emitter (SE) porównano statystycznie istotną liczbę zmierzonych przez Picarro wskaźników emisji „super emiterów” z pomiarami w terenie wykonanych za pomocą próbnika Hi Flow. Przy opracowywaniu technologii Picarro w okresie trzech lat przetestowano ponad 60 scenariuszy z ponad 43 000 pomiarów kontrolowanych wycieków.

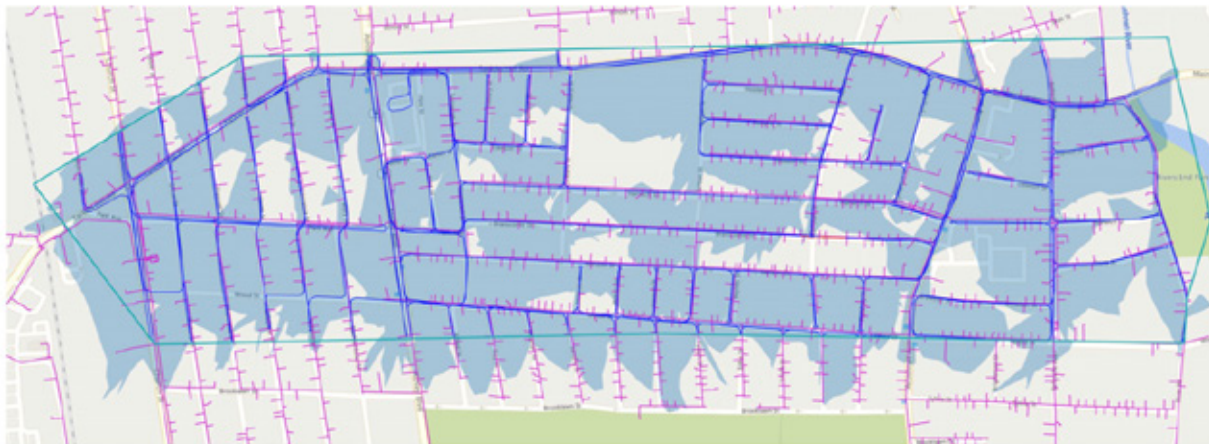
Metodologia zbierania danych i protokół Picarro

Technika zaawansowanego wykrywania wycieków Picarro wykorzystuje wiatr do przenoszenia chmury metanu do mobilnej platformy pomiarowej. Metodologia zbierania danych Picarro opiera

Technika Zaawansowanego Wykrywania Wycieków Picarro



Rys. 15. Koncepcja techniki Picarro ALD (Advanced Leak Detection)
Fig.15. Picarro ALD technique concept



Rys. 16. Przykład jazdy w ciągu jednej nocy (dwa przejazdy na ulicę). Ślad pojazdu (ciemnoniebieski), sieć dystrybucyjna (purpurowy), pokrycie pola widzenia Picarro (jasnoniebieski)

Fig.16. Driving example during one night (two passes per street). Vehicle breadcrumb (dark blue), mains (magenta), Picarro FOV coverage (blue swath).

się na zdolności systemu do wykrywania emisji metanu poniżej, jak również w pewnej odległości od pojazdu, gdy punkt emisji metanu znajduje się „pod wiatr” od pojazdu. Zasięg obszaru pokrycia pola widzenia (Field of View) obliczany jest w każdym punkcie trasy pojazdu w celu dostarczenia udokumentowanego zapisu pokrycia badania.

System Picarro zbiera dane za pomocą standardowego protokołu „trzech przejazdów”, który zaleca, aby każda ulica, wzdłuż której znajdują się gazociągi, została przejechana dwukrotnie (jeden przejazd po każdej stronie ulicy) i żeby zostało powtórzo-

ne to trzykrotnie przynajmniej w dwie różne noce. Daje to sześć przejazdów wzdłuż określonych odcinków gazociągu. Dane są zbierane w nocy, aby zmaksymalizować wykrywalność chmury metanu i zminimalizować zakłócenia wynikające z wyższej turbulencji atmosfery w ciągu dnia.

Zbieranie danych w różnych warunkach atmosferycznych (różne kierunki wiatru) pozwala uzyskać pełne pokrycie badanej sieci gazowej i wskaźnik wykrywania nie szczelności >95%. Powyżej przedstawiono sposób obrazowania pokrycia badanej sieci. ■