

jedynym kryterium projektowym przepustu niezatopionego jest przepływ ze swobodną powierzchnią w przewodzie przepustu. Nie jest to równoznaczne z występowaniem przepływu w warunkach niezatopionego wlotu, bowiem swobodne zwierciadło wody może powstać również przy zatopionym wlocie przepustu.

Przedstawione obliczenia pokazują, że w warunkach braku dodatkowego spiętrzenia na wylocie przepustu, jedynie przy minimalnych dopuszczalnych wytycznymi spadkach przepustu, jego przepustowość zależy od parametrów przewodu. Dzieje się tak, kiedy wewnątrz przepustu woda płynie ruchem spokojnym. Przy większych spadkach woda w przewodzie przepustu płynie ruchem rwącym co oznacza, że o przepustowości obiektu decyduje tylko jego konstrukcja wlotowa.

Określenie przepustowości przepustu pracującego w warunkach niezatopionego wlotu można rozpocząć od określe-

nia przepustowości samego przewodu wraz z równoczesnym określeniem formy ruchu burzliwego wody w przewodzie przepustu. Jeżeli przy dopuszczalnej głębokości wody wystąpi ruch rwący, przepustowość przepustu należy wyznaczyć w oparciu o formuły bilansujące całkowitą energię mechaniczną przed wlotem i w przewodzie przepustu.

#### Bibliografia

- [1] French, *Open Channel Hydraulics*, Water Resources Publication, 2007
- [2] J.M. Sawicki, *Mechanika Przepływów*, Wyd. PG Gdańsk, 2009
- [3] W. Szpakowski, *Wyznaczenie rzeczywistej zdolności przepustowej przepustu drogowego*, *Drogownictwo* r. LXVIII, czerwiec 2013, ISSN 0012-6357
- [4] *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie.* (Dz. U. 2000 nr 63 poz. 735) ■



ZENON SZCZEPANIAK

Instytut Badawczy  
Dróg i Mostów  
zszczepaniak@ibdim.  
edu.pl



PAWEŁ SKIERCZYŃSKI

Instytut Badawczy  
Dróg i Mostów  
pskierczyński@ibdim.  
edu.pl



LESZEK KORNALEWSKI

Instytut Badawczy  
Dróg i Mostów  
lkornalewski@ibdim.  
edu.pl

## Pomiar widoczności oznakowań poziomych dróg reflektometrem mobilnym

Poprawa bezpieczeństwa na drogach jest kluczowym elementem zarządzania siecią drogową. Każdy zarządca dróg powinien mieć możliwość zdiagnozowania warunków, od których zależy bezpieczeństwo uczestników ruchu. Do warunków tych należą m.in. właściwości oznakowania poziomego i pionowego drogi oraz pozostałych urządzeń bezpieczeństwa ruchu. W przypadku oznakowania poziomego pomiary najczęściej wykonywane są aparatami ręcznymi, których użycie jest możliwe, ale niebezpieczne dla ekipy pomiarowej, podczas wejścia na jezdnię w trakcie odbywającego się ruchu pojazdów. Na autostradach i drogach ekspresowych coraz częściej pomiary wykonywane są mobilną aparaturą umieszczoną na samochodzie w trakcie jazdy drogą, której oznakowanie jest oceniane. Pomiary aparaturą mobilną są wykonywane w Polsce od 1999 r. aparatem *Ecodyn*, będącym m.in. w dyspozycji Instytutu Badawczego Dróg i Mostów (IBDiM).

W 2012 r. przez IBDiM został zakupiony, z grantu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), aparat nowej generacji Delta LTL-M (fot.



Fot. 1. Reflektometr Delta LTL-M zainstalowany na pojeździe pomiarowym

1), który umożliwia wykonanie pomiarów powierzchniowego współczynnika odbłasku (widoczności w nocy) w warunkach suchych z precyzją podobną do aparatów ręcznych.

### Właściwości techniczne reflektometru mobilnego Delta LTL-M

Delta LTL-M jest to mobilny reflektometr [1] przystosowany do montażu na prawie każdym samochodzie. Wykonanie pomiarów współczynnika odbłasku  $R_L$  jest możliwe przy suchej nawierzchni drogi. Na mokrej jezdni pomiar będzie bardzo utrudniony ze względu na szybkie zanieczyszczenie osłony

obiektywu. Możliwy jest pomiar odbłaskowości (widoczności w nocy) oznakowania płaskiego, teksturowanego i profilowanego, linii pojedynczych i podwójnych, ciągłych i przerywanych o szerokości od 10 cm do 50 cm.

Dodatkowo mierzony jest kontrast dzienny DC, który pozwala ocenić widoczność w dzień, a także szerokość mierzonej linii oznakowania. Pomiar luminancji oznakowania i nawierzchni jest wykonywany poprzez analizę obrazu odczytanego przez kamerę pomiarową aparatu i obliczanie kontrastu dziennego.

Wyniki pomiarów są prezentowane w 4 formach, tj.:

- wydruk wyników opracowanych w Excelu,
- wykres liniowy i słupkowy,
- lokalizacja na mapie *Google Earth*,
- film z wykonanego przejazdu.

Dokumentacja pomiarów obejmuje nie tylko automatyczną rejestrację danych, lecz także nazwę użytkownika, numer drogi, pikietaż, dane z GPS służące do opisu i archiwizacji pomiarów.

### Prezentacja danych pomiarowych w *Google Earth*

Dane pomiarowe wraz z koordynatami GPS mogą być generowane w *Google Earth* w celu wizualizacji wyników. Prezentacja danych w *Google Earth* umożliwia łatwy przegląd ocenianych odcinków drogi (fot. 4, 6 i 8). Poprzez wykorzystanie funkcji zbliżenia w *Google Earth* będą widoczne poszczególne uśrednione pomiary. Wskazując myszką na poszczególne punkty, aktualne wartości z pomiarów  $R_L$  mogą być widoczne bezpośrednio na mapie. Jeżeli zmierzone zostało odbicie więcej niż z jednego znaku, na mapie widoczna będzie lokalizacja wszystkich pomiarów. Prezentacja wyników zarejestrowanych przez komputer może być przeprowadzona z wykorzystaniem wyników uśrednionych od 1 m do nieskończoności, np. co 1 m, co 10 m (rys. 1), co 100 m (rys. 3 i 5).

Procedura kalibracji reflektometru nie jest skomplikowana. Opiera się na wzorcu kalibracyjnym z certyfikatem wzorcowania wydanym przez akredytowane laboratorium duńskie (DANAK). Kalibracja zalecana jest do powtórzenia w każdym dniu pomiarowym.

Aparat Delta LTL-M jest nowym opatentowanym rozwiązaniem technologicznym. Wykonywane pomiary wykorzystują zastrzeżony system błyskowy źródła światła ksenonowego, kamerę cyfrową wysokiej rozdzielczości i cyfrową obróbkę obrazu. Główną zaletą LTL-M jest możliwość wykonywania precyzyjnych pomiarów poprzez kompensację ruchu pojazdu. Precyzja pomiarów LTL-M jest porównywalna z precyzją aparatów ręcznych, np. z powtarzalnością  $\pm 3\%$  i odtwarzalnością  $\pm 5\%$  w każdych warunkach pomiarów.

Geometria pomiarowa aparatu jest zgodna z normą europejską EN 1436 [2].

Pomiary widoczności w nocy mogą być wykonywane na całej długości i szerokości linii oznakowania jadąc z prędkością do 90 km/h. Dane są zbierane na szerokości 1 m w odległości 6 m od aparatu. Wykonywane i rejestrowane są jednocześnie pomiary na liniach podwójnych z podaniem wyników oddzielnie dla każdej linii. Równolegle wykonywany jest pomiar kontrastu dziennego, a także szerokości linii. Pomiar jest możliwy na białych i żółtych liniach, gładkich lub profilowanych do 25 mm wysokości.

## Wykonywanie pomiarów odbłaskowości

Reflektometr LTL-M, a właściwie jego sensor (część pomiarowa) (fot. 2) jest montowany na wysięgniku, który na okres pomiarów jest zakładany na rurze przymocowanej na stałe do elementów podwozia. Możliwe jest mocowanie aparatu z prawej strony, jak również z lewej strony, co daje możliwość wykonania pomiarów podłużnych linii oznakowania poziomego na drodze bez ograniczenia ruchu. Montując aparat po prawej stronie możemy wykonać pomiary linii krawędziowej prawej, zaś montując po lewej stronie – linii osiowej, segregacyjnej i krawędziowej lewej na jezdniach jednokierunkowych.



Fot. 2. Sensor instalowany na czas pomiarów na zewnątrz samochodu

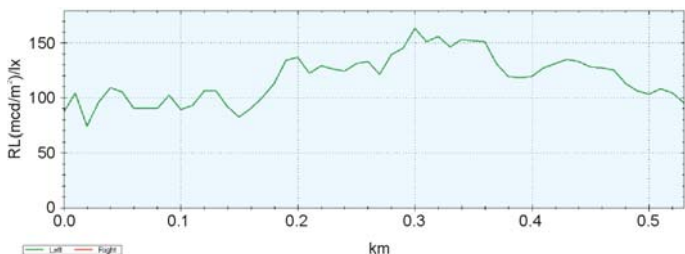
Reflektometr LTL-M jest urządzeniem służącym do wykonywania pomiarów powierzchniowego współczynnika odbłasku  $R_L$  i kontrastu dziennego DC podczas ruchu samochodu z prędkością nawet powyżej 100 km/h. Jadąc z prędkością 90 km/h pomiar jest wykonywany co 1 m i wynik jest uśredniany z pomiarów wykonywanych na przestrzeni co najmniej 1 m bez ograniczenia od góry. Z tego wynika, że możliwe byłyby pomiary krótkich odcinków drogi, lecz wymagałyby pewnego przemieszczenia samochodu. A więc pomiary stacjonarne są możliwe przy zachowaniu specjalnych warunków z ograniczeniem do linii o długości minimum 4 m. W miejscach, w których nie jest możliwy pomiar reflektometrem mobilnym, takich jak strzałki, oznakowanie poprzeczne, powierzchnie wyłączane, itp. można wykonywać pomiary reflektometrem ręcznym Delta LTL XL. W ten sposób możliwe jest kompleksowe wykonanie pomiarów odbłaskowości wszystkich elementów oznakowania poziomego [3].

### Przykłady pomiarów w ruchu linii ciągłych, przerywanych, podwójnych

W realizowanych przez autorów badaniach wykonano pomiary na kilku odcinkach oznakowania poziomego na drogach krajowych i wojewódzkich w województwie mazowieckim [4]. Były to pomiary linii ciągłych pojedynczych i podwójnych oraz linii osiowych i segregacyjnych (przerywanych). W tej części artykułu przedstawiono przykłady wyników uzyskanych z pomiarów na 3 odcinkach drogowych z uśrednieniem wyników co 10 m (przykład 1) i co 100 m (przykład 2 i 3) na liniach krawędziowych i segregacyjnych.

**Przykład 1.** Wyniki pomiarów na drodze wojewódzkiej nr 630 w m. Jabłonna

- Linia krawężniowa P-7c (przerywana 1/1 m; szerokość 12 cm)
- Uśredniono wyniki dla odcinków 10 m
- Przykłady prezentacji wyników (rys. 1 i 2)
- Przykład wizualizacji zarejestrowanych danych pomiarowych – klatka pliku filmowego (fot. 3)
- Przykład możliwości prezentacji wyników pomiarów na mapie w zależności od przyjętego poziomu wymagań (ko-

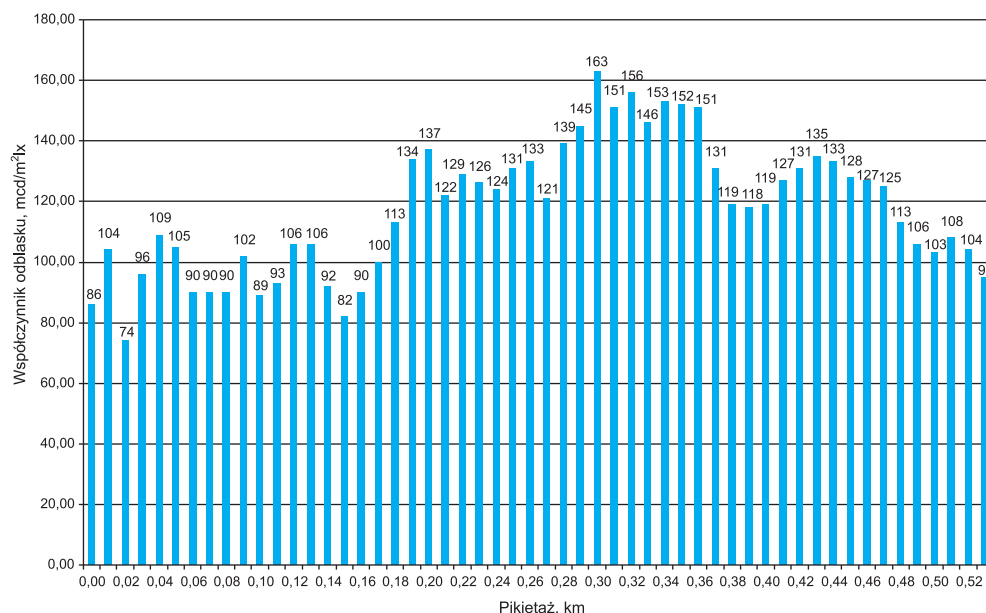


Rys. 1. Wykres wyników pomiarów współczynnika odbicia  $R_L$

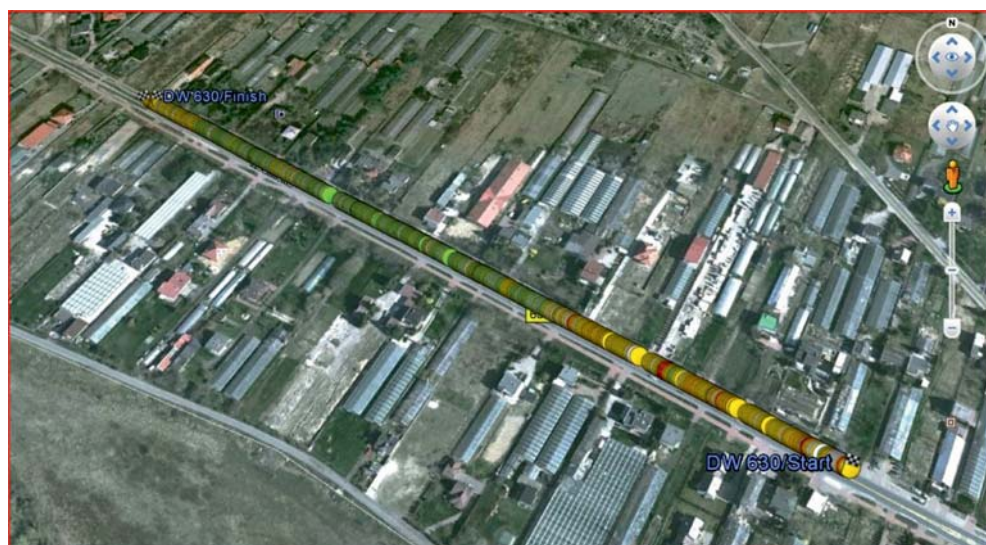
lor zielony – wyniki dobre; kolor żółty – poziom ostrzegawczy wyniki na granicy wymagania; kolor czerwony – wyniki poniżej wymagań, oznakowanie przewidziane do odnowienia) (fot. 4)



Fot. 3. Przykład klatki pliku filmowego



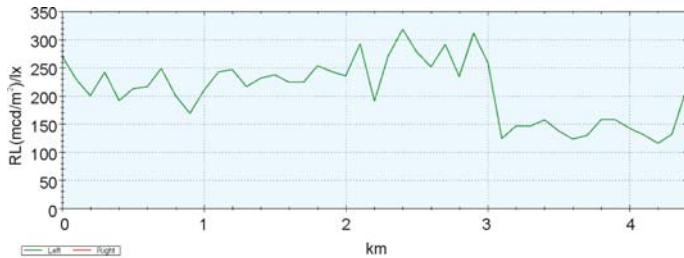
Rys. 2. Histogramm pomiarów współczynnika odbicia  $R_L$  – wyniki uśrednione dla odcinków 10 m – max. 163  $cd/m^2lx$ , min. 74  $cd/m^2lx$ , średnio 118  $cd/m^2lx$



Fot. 4 . Wizualizacja wyników pomiarów  $R_L$  na odcinku drogi wojewódzkiej nr 630 na mapie w Google Earth

**Przykład 2.** Wyniki pomiarów na drodze wojewódzkiej nr 632 odcinek Struga – Rembelszczyzna

- Linia krawędziowa P-7d (lewa ciągła; szerokość 12 cm)
- Uśredniono wyniki dla odcinków 100 m
- Przykłady prezentacji wyników (rys. 3 i 4)
- Przykład wizualizacji zarejestrowanych danych pomiarowych – klatka pliku filmowego (fot. 5)
- Przykład możliwości prezentacji wyników pomiarów w zależności od przyjętego poziomu wymagań (kolor zielony

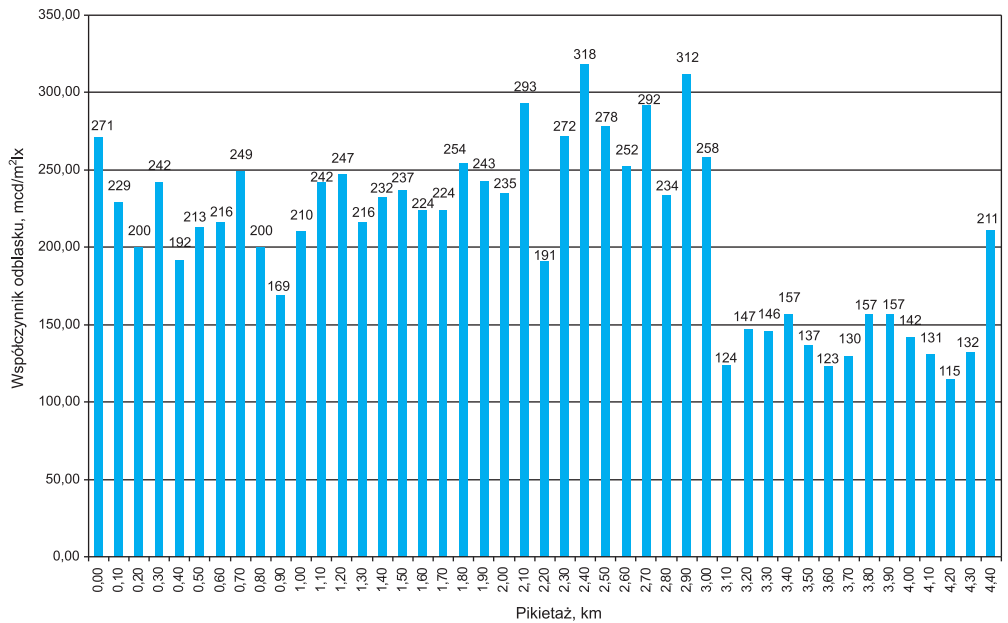


Rys. 3. Wykres wyników pomiarów współczynnika odbłasku  $R_L$

– wyniki dobre; kolor żółty – poziom ostrzegawczy wyniki na granicy wymagania; kolor czerwony – wyniki poniżej wymagań, oznakowanie przewidziane do odnowienia) (fot. 6)



Fot. 5. Przykład klatki pliku filmowego



Rys. 4. Histogram pomiarów współczynnika odbłasku  $R_L$  – wyniki uśrednione dla odcinków 100 m – max. 318  $cd/m^2lx$ , min. 115  $cd/m^2lx$ , średnio 210  $cd/m^2lx$



Fot. 6. Wizualizacja wyników pomiarów  $R_L$  na odcinku drogi wojewódzkiej nr 632 na mapie w Google Earth

**Przykład 3.** Wyniki pomiarów na drodze krajowej nr 7 od km 433+700 kierunek Radom

Linia segregacyjna P-1a (przerywana 4/8 m; szerokość 12 cm)

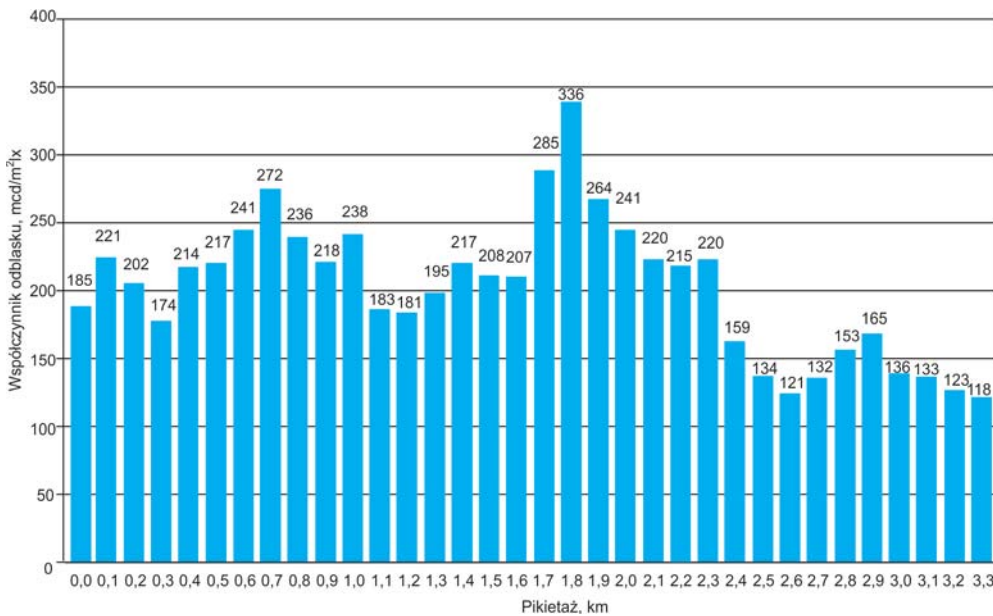
- Uśredniono wyniki dla odcinków 100 m
- Przykłady zestawienia wyników (rys. 5 i 6)
- Przykład wizualizacji zarejestrowanych danych pomiarowych – klatki pliku filmowego (fot. 7)
- Przykład możliwości oceny wyników pomiarów w zależności od przyjętego poziomu wymagań (kolor zielony – wyniki dobre; kolor żółty – poziom ostrzegawczy, wyniki na granicy wymagania; kolor czerwony – wyniki poniżej wymagań, oznakowanie przewidziane do odnowienia) (fot. 8)



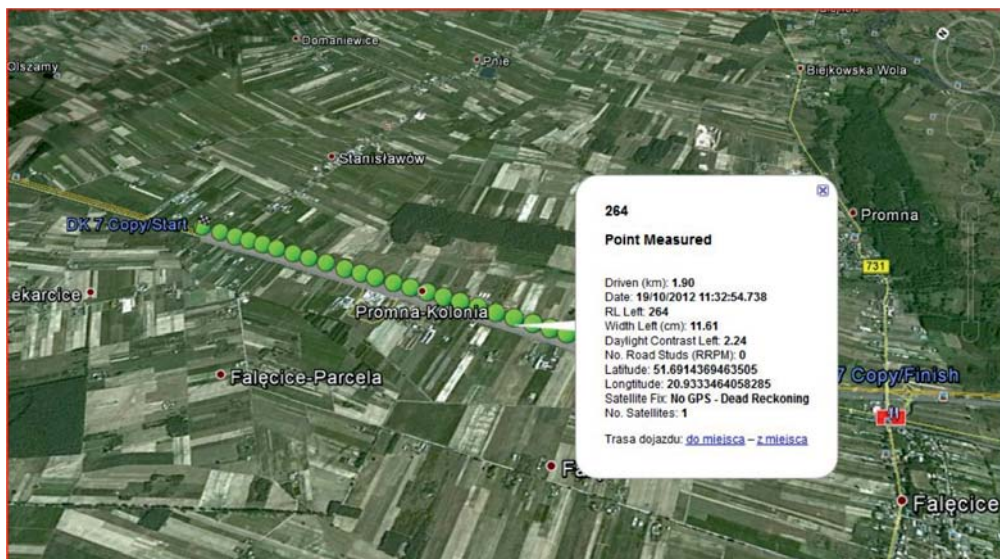
Rys. 5. Wykres wyników pomiarów współczynnika odblasku  $R_L$



Fot. 7. Przykład klatki pliku filmowego



Rys. 6. Histogram pomiarów współczynnika odblasku  $R_L$  – wyniki uśrednione dla odcinków 100 m – max. 336  $cd/m^2lx$ , min. 118  $cd/m^2lx$ , średnio 199  $cd/m^2lx$



Fot. 8. Przykład prezentacji wyników pomiaru na mapie Google Earth