



Obserwatorium Transformacji Energetycznej

Projekt „Obserwatorium Transformacji Energetycznej
jako instrument wspierania społeczno-gospodarczego
rozwoju Polski”



Seminarium 10

Budownictwo proaktywne – współczesne budynki w świetle ewolucji dyrektywy EPBD

✓ 27 czerwca 2024 🕒 10:00 – 12:00 🌐 online

11:20 – 11:40

Nowoczesne metody pomiaru parametrów fizycznych we współczesnych budynkach i budowlach z zastosowaniem technik światłowodowych

Dariusz H. Faustmann
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie

Plan prezentacji



1. Cel prowadzenia pomiarów
2. Metody pomiaru
3. Światłowodowe pomiary geometrycznie ciągłe
4. Jak działa światłowód?
5. Przykłady pomiarów
6. Zalety pomiarów światłowodowych

Cel prowadzenia pomiarów



- Monitorowanie konstrukcji należy rozumieć jako zespół rozwiązań technicznych dostarczających ciągłej informacji w długim czasie na temat zmian wybranych wielkości fizycznych, istotnie wpływających na możliwość określenia bezpieczeństwa pracy konstrukcji.
Najczęściej są to zmiany: deformacji (np. ugięć), odkształceń i temperatur.
- System taki powinien pozwalać realizować pomiary w sposób zdalny i automatyczny.
- Monitorowanie należy też nierozłącznie rozumieć jako zdefiniowanie procedur postępowania na wypadek wykrycia przez system zagrożenia.

Dlaczego monitoring jest nam potrzebny?



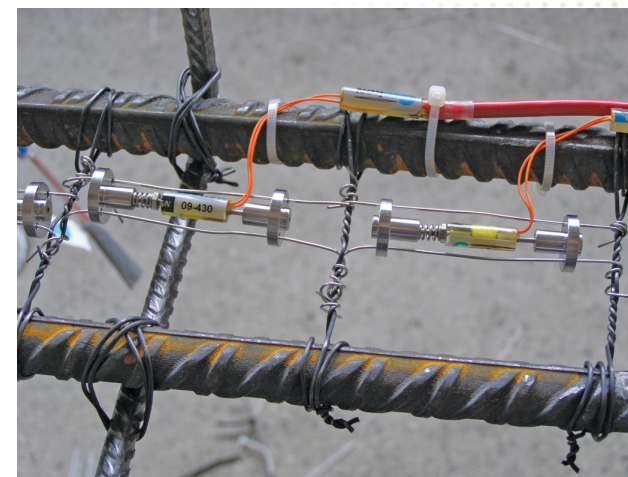
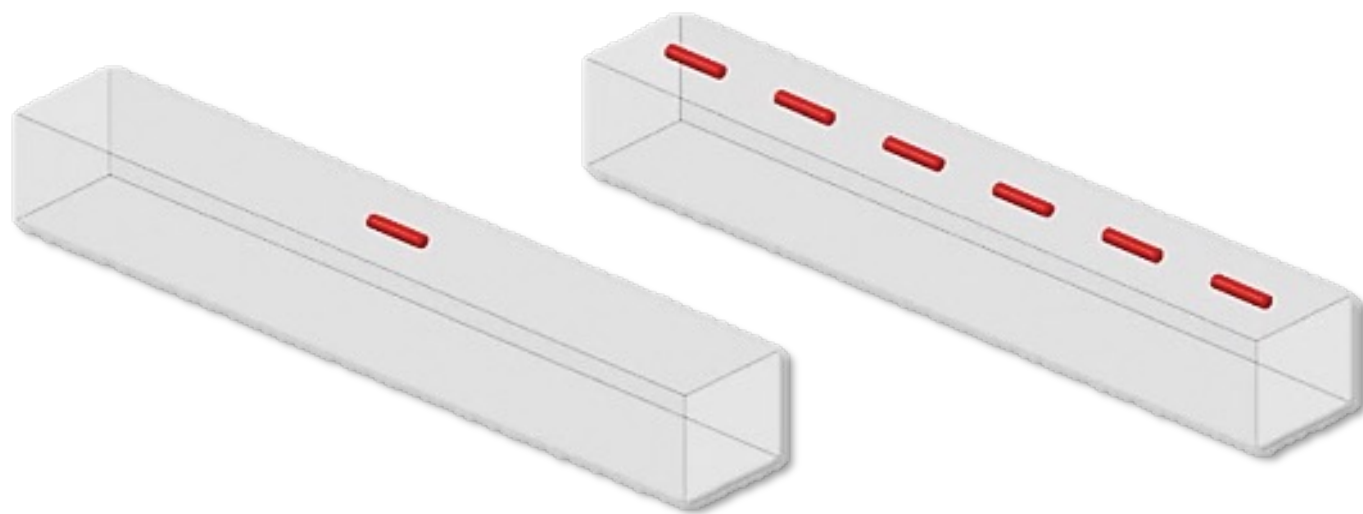
- Wymagania Prawa Budowlanego
- Zalecenia normowe
- Kontrola założeń projektowych, szczególnie przy zmiennych oddziaływaniach
- Weryfikacja modelu obliczeniowego
- Określenie wpływu na sąsiednie obiekty

Metody pomiaru

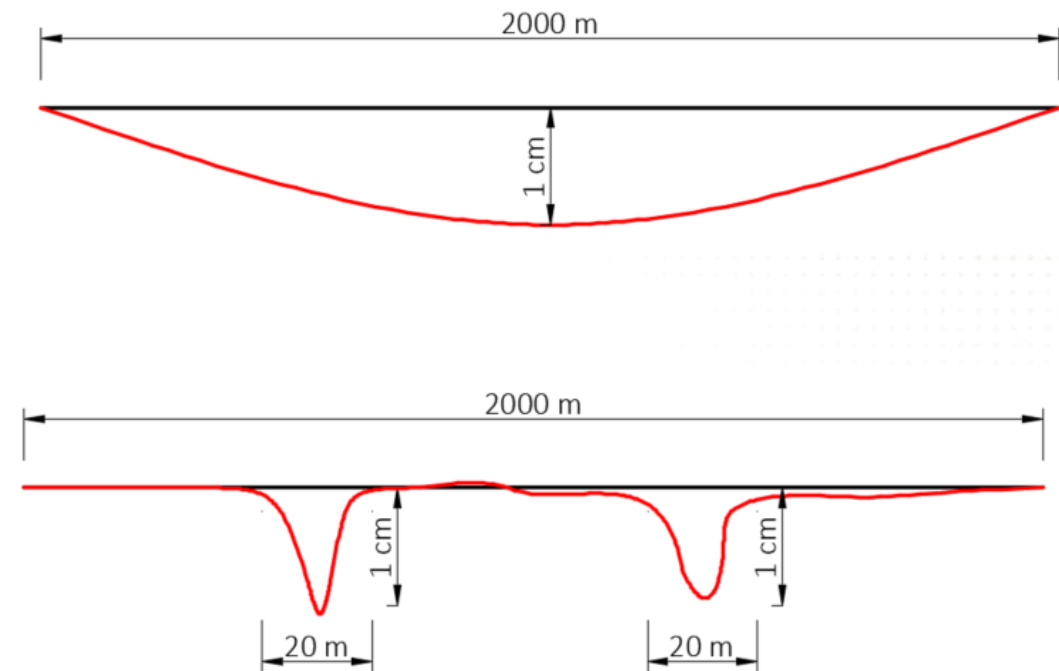
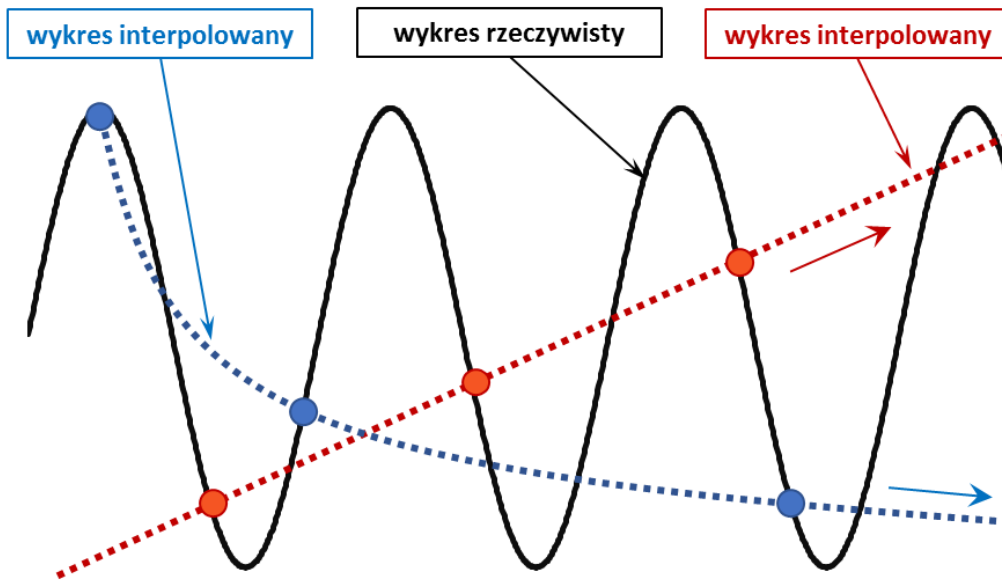


- Najbardziej powszechne są pomiary wykonywane za pomocą czujników punktowych wykorzystujących różne prawa fizyczne, np. indukcję elektromagnetyczną, drgania stalowej struny lub zmiany oporu przewodników.
- Niestety czujniki punktowe wymagają prowadzenia linii pomiarowych do każdego czujnika.
- Ponadto każdy czujnik zajmuje pewną przestrzeń lub powierzchnię, co często powoduje że są narażone na uszkodzenia.
- Przy stosowaniu pomiarów punktowych niemożliwe jest wykrycie lokalnych uszkodzeń, zaburzeń lub nieciągłości, takich jak pęknięcia betonu, stali lub szczeliny w gruncie pod fundamentem, wynikające np. z jego rozpełzania.

Czujniki punktowe



Jak gęsto i często mierzyć?



Światłowodowe pomiary geometrycznie ciągłe

DFOS (*Distributed Fibre Optic Sensing*)

Pomiar zmiany długości czujnika

DSS



Distributed **Strain** Sensing →
Wartości **przemieszczeń, odkształceń, i sił**

DTS



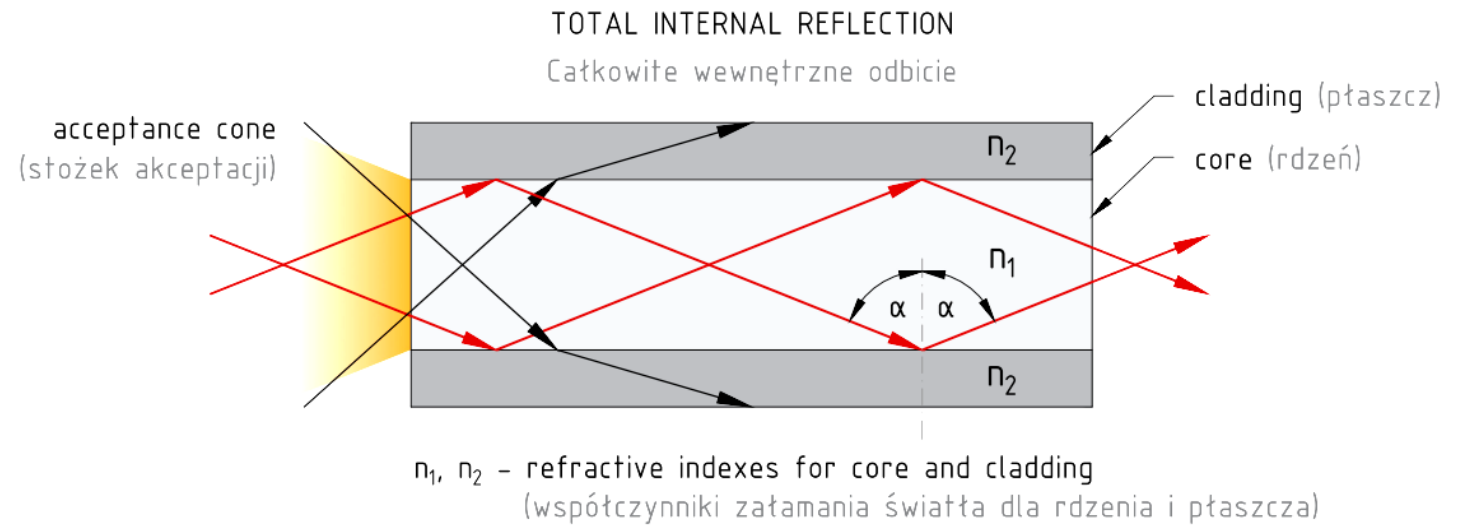
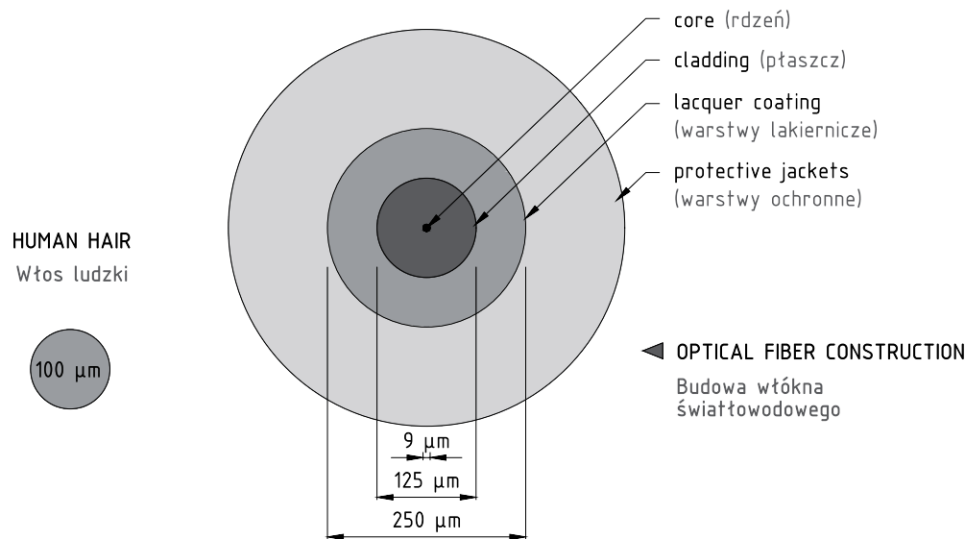
Distributed **Temperature** Sensing →
Zmiana **temperatury**

DAS

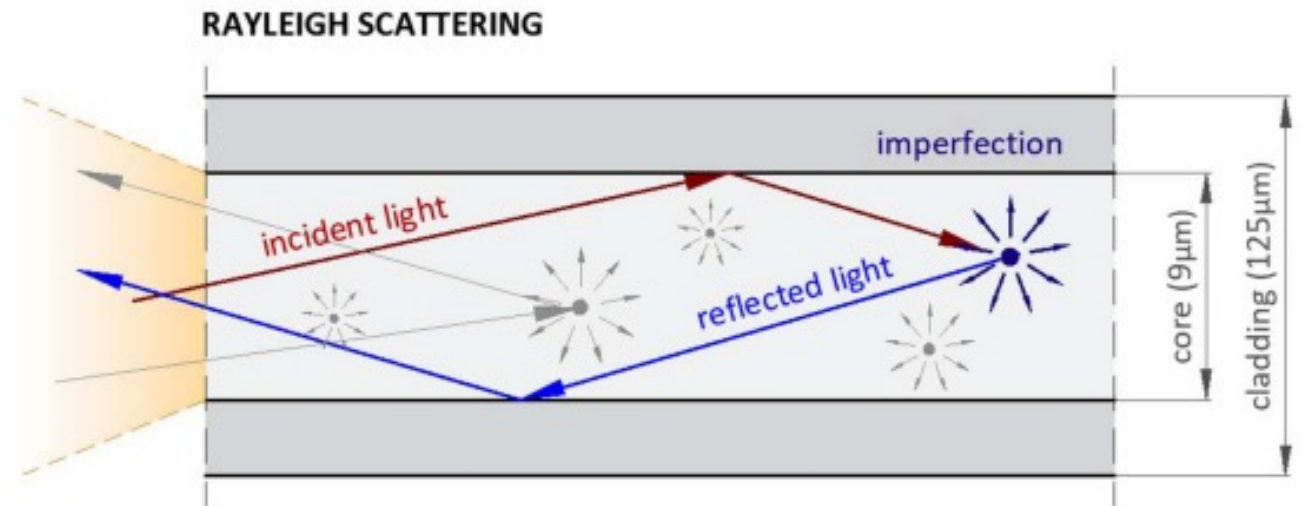
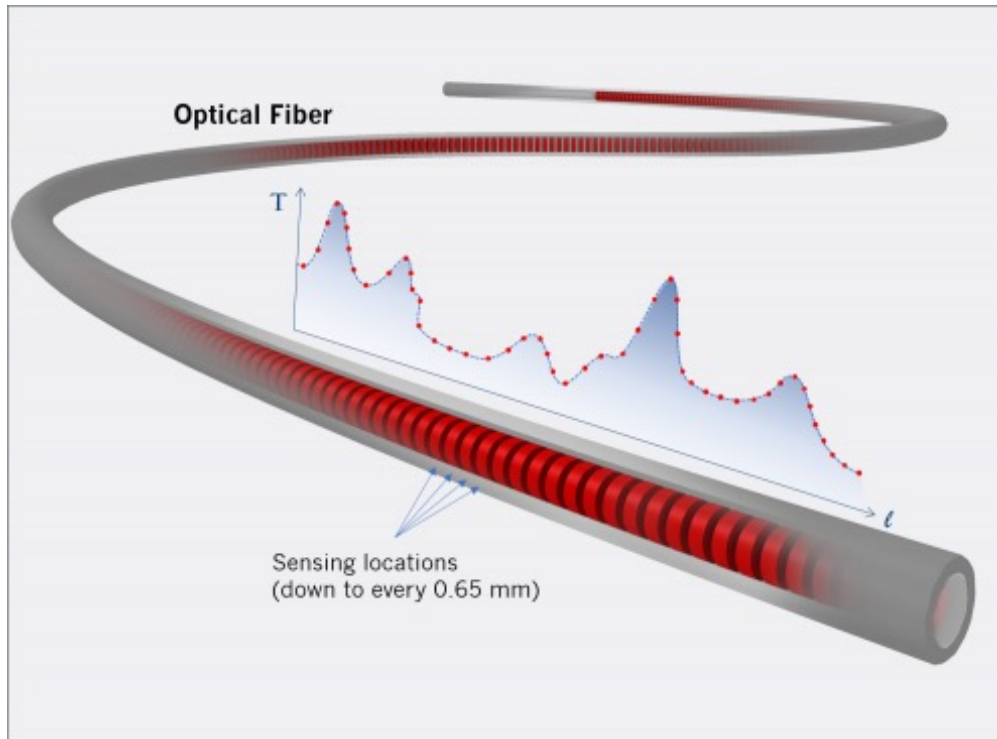


Distributed **Acoustic** Sensing →
Pomiar **drgań gruntu (dźwięku)**

Jak działa światłowód?



Rozproszenie i odbicie fali świetlnej



Pomiar reflektometru, z każdych 0,65 mm jest później uśredniany wzdłuż długości czujnika wirtualnego.

Minimalna długość czujnika wirtualnego wynosi 5 mm.

Linie pomiarowe o dowolnej trasie

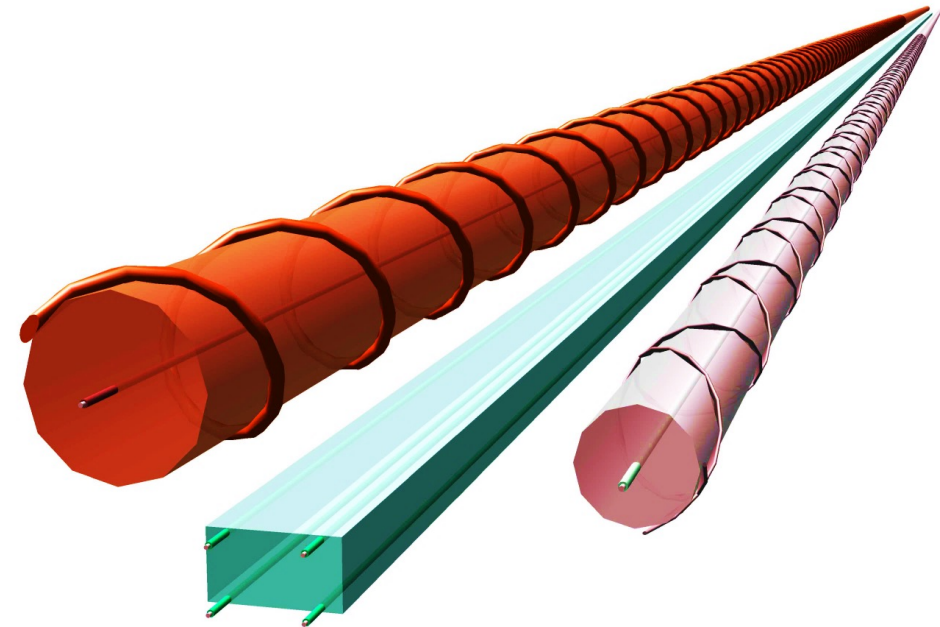
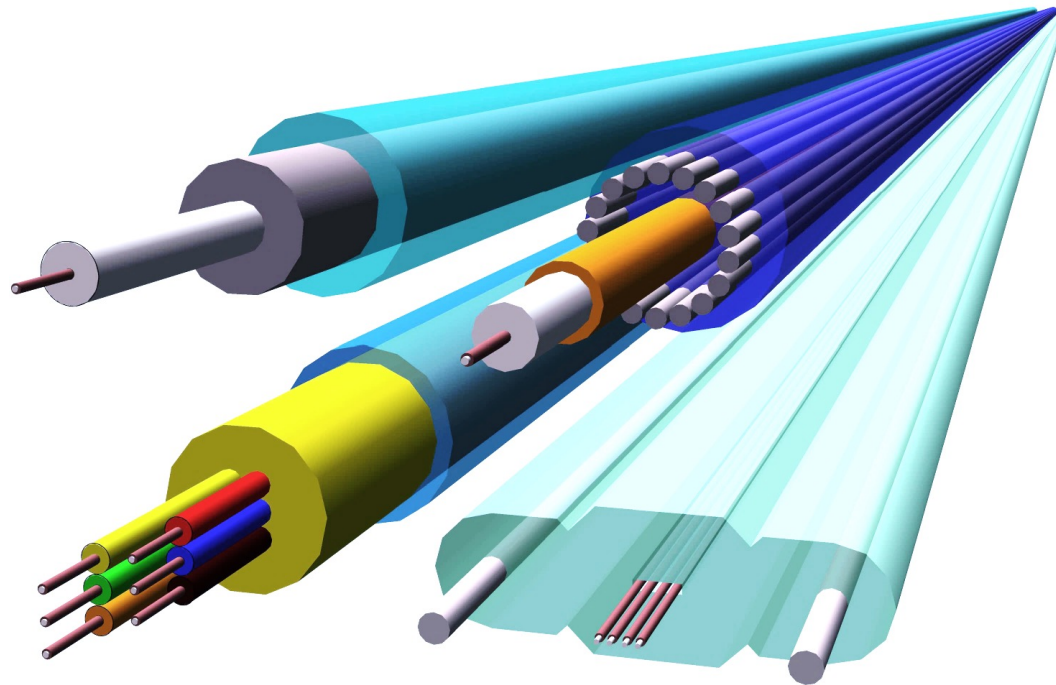


- Techniki prowadzenia pomiarów w sposób ciągły geometrycznie pozwalają na określanie wybranych wielkości fizycznych wzdłuż całej długości obserwowanego elementu konstrukcji, lub linii pomiarowej, która może mieć dowolną trasę.
- Monitoring wielkości fizycznych pozwala oceniać stan konstrukcji, planować remonty, identyfikować miejsce szczególnie mocno eksploatowane lub w których występują niespodziewane zmiany temperatur.
- Ciągły geometrycznie pomiar temperatury pozwala na optymalne zarządzanie ogrzewaniem lub chłodzeniem budynku.

Zgodność odkształceń ośrodka i czujnika



Czujnik EpsilonSensor zapewnia transmisję odkształceń z betonu na światłowód



Różne czujniki światłowodowe

EpsilonRebar

$E = 50 \text{ GPa}, \pm 2\%$,



EpsilonSensor

$E = 3 \text{ GPa}, \pm 4\%$,

$\varnothing 3 \text{ mm}$



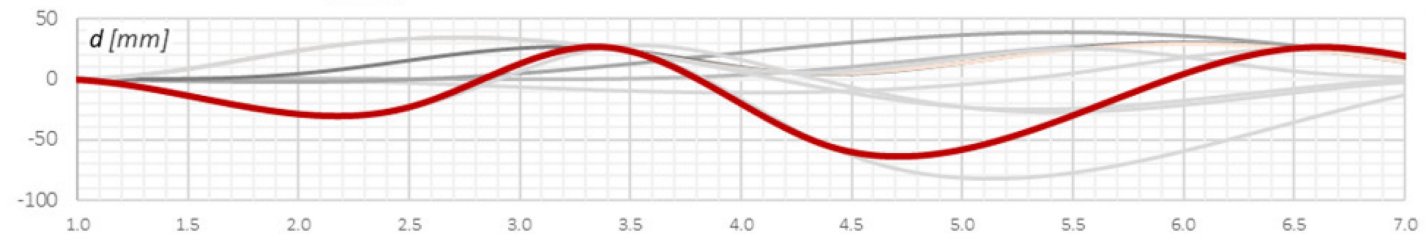
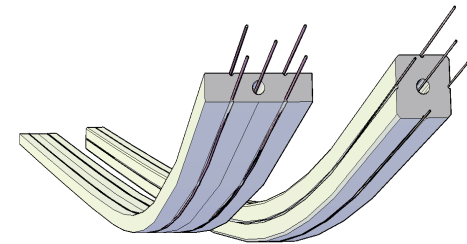
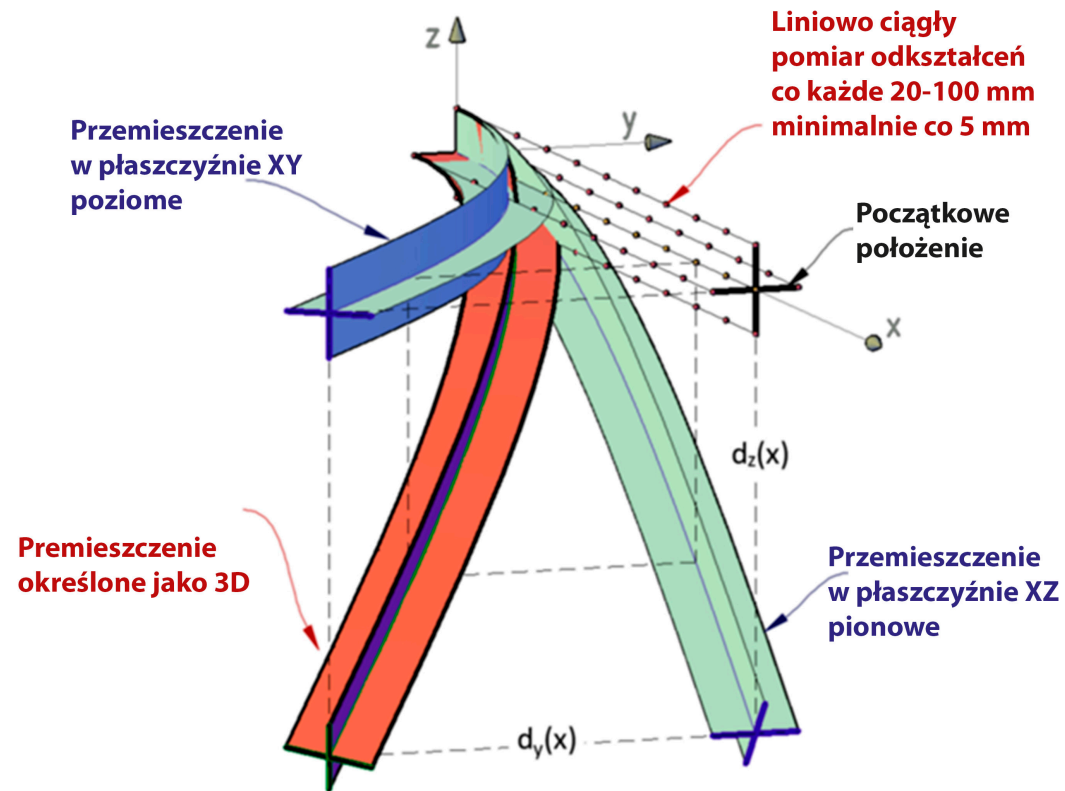
3DSensor



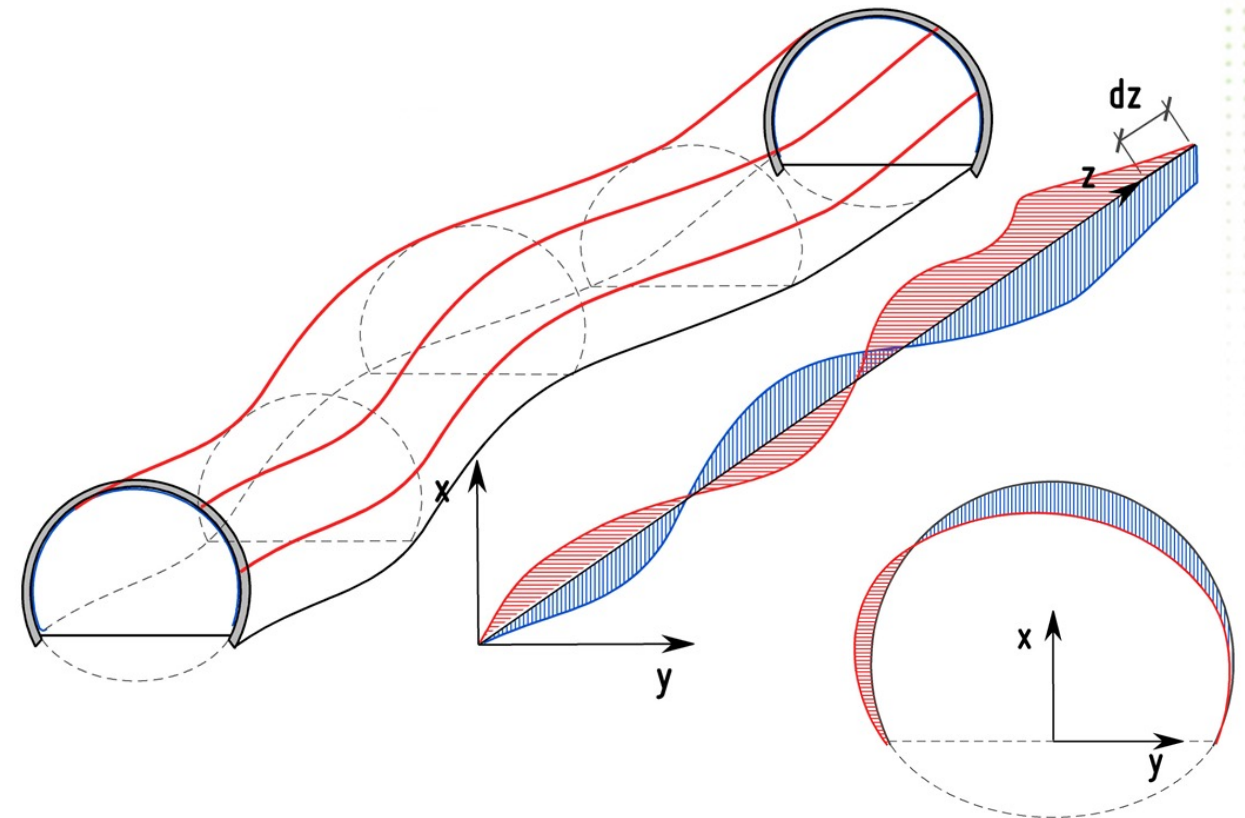
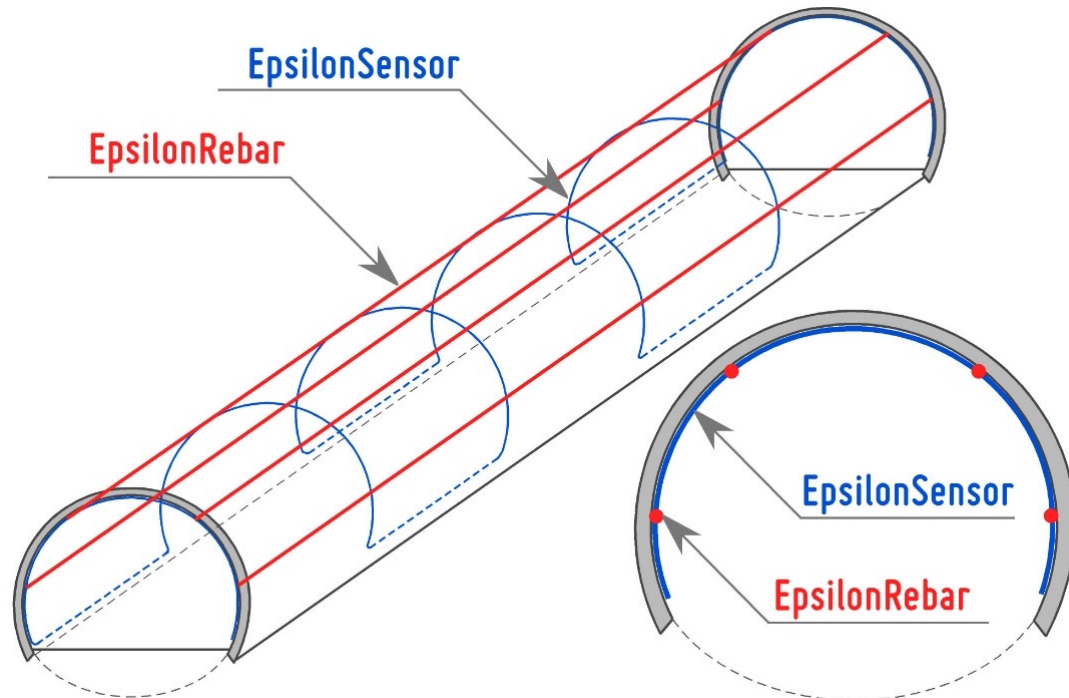
GraphSensor



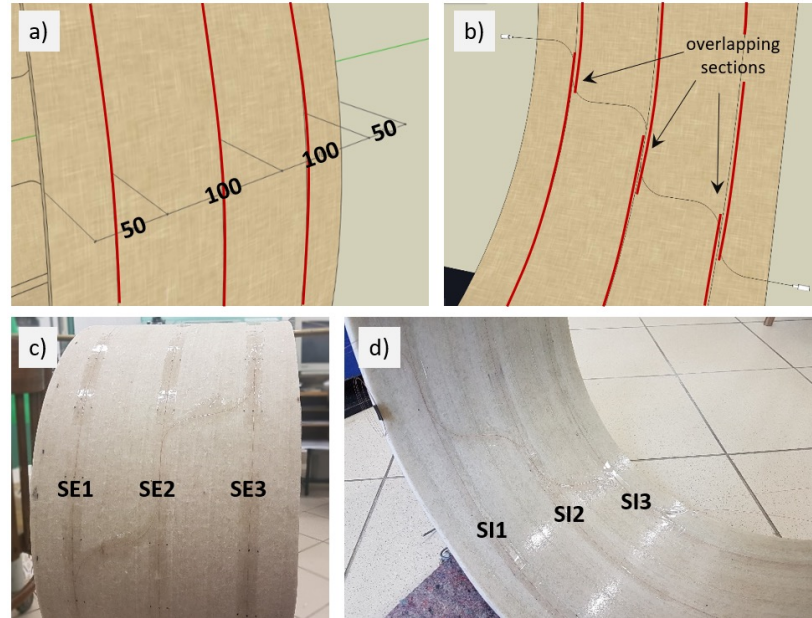
Czujnik przemieszczeń



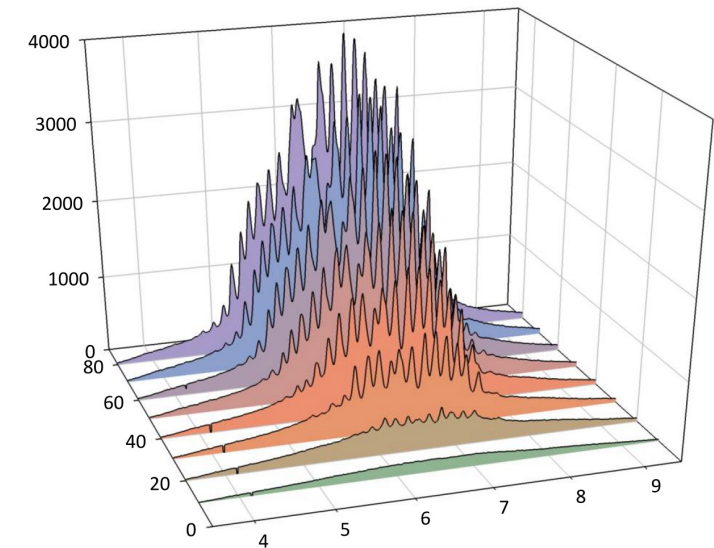
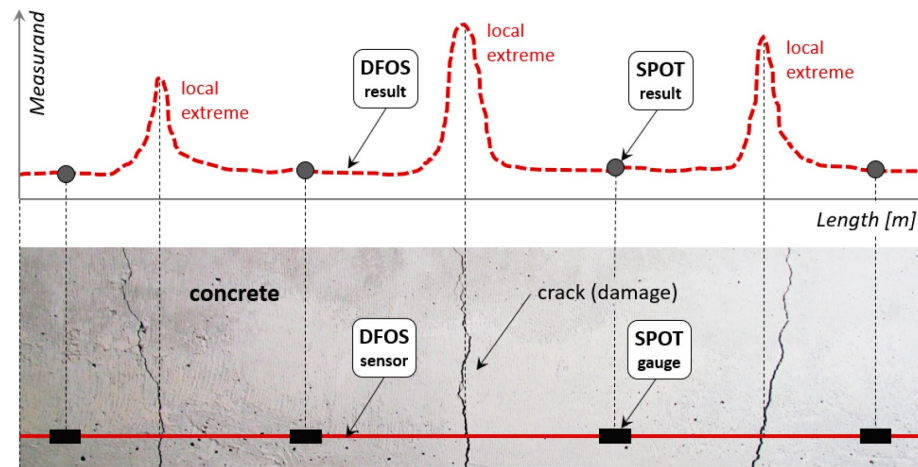
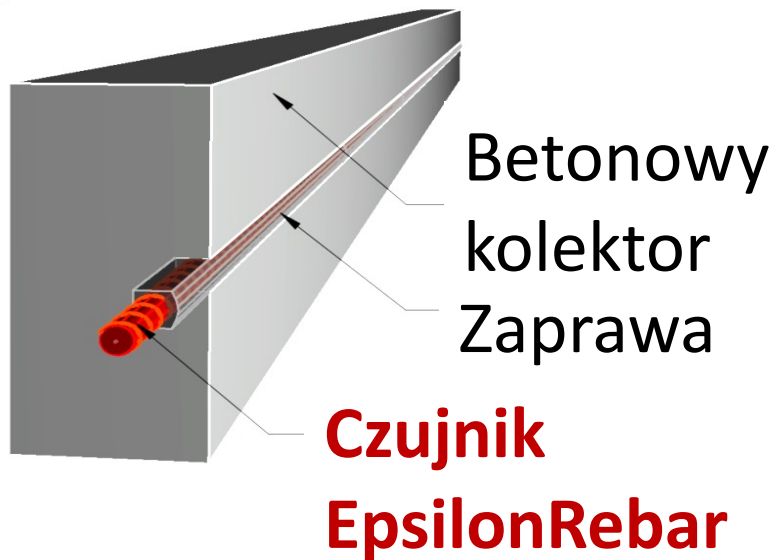
Pomiar przemieszczeń



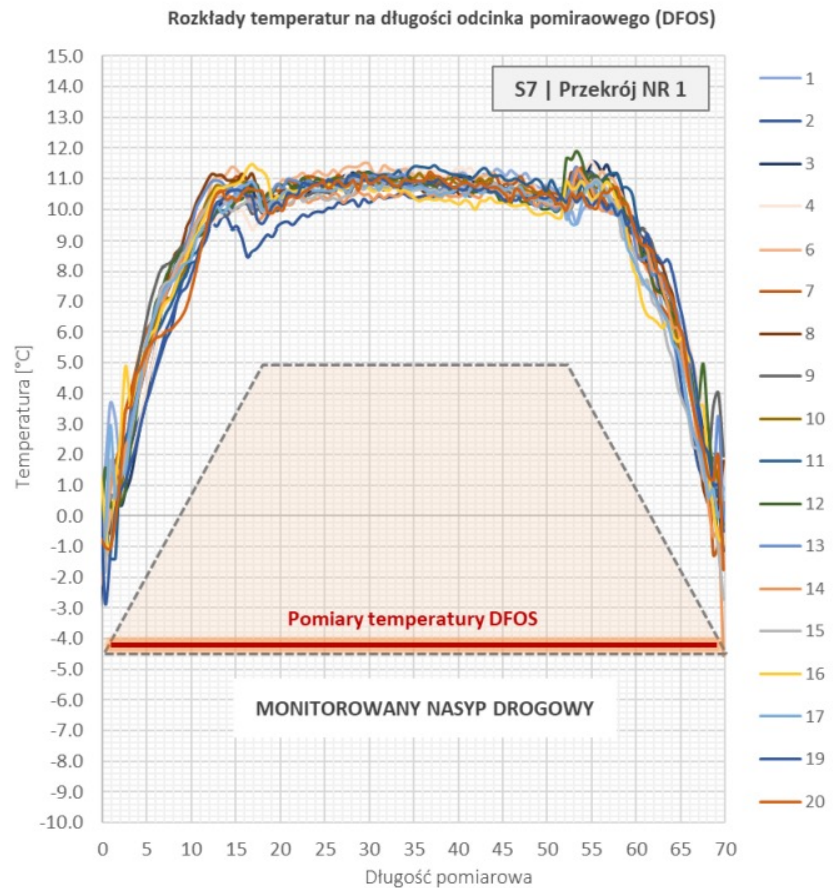
Przykład monitoringu



Czujnik rozwarcia pęknięć



Pomiar temperatury, czujnik GraphSensor



Czujnik GraphSensor zapewnia szybką wykrywalność zmian temperatury, przy jednoczesnym pomiarze odkształceń



Zalety pomiarów światłowodowych



- pomiar wzdłuż całej długości czujnika o długości dziesiątek kilometrów,
- wysoka **dokładność** i **stabilność** pomiarowa w czasie,
- **odporność na czynniki zewnętrzne**, w tym temperaturę w zakresie -65° do nawet $+1\ 200^{\circ}\text{C}$
- niewielkie rozmiary i znikoma masa,
- **niskie koszty włókien światłowodowych**
- brak okablowania do każdego czujnika,
- odporność na zmęczenie,
- brak podatności na zakłócenia elektromagnetyczne,
- **iskroodporność** (światłowody przewodzą wyłącznie falę świetlną)



**Projekt współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań
i Rozwoju w ramach programu badań naukowych i prac
rozwojowych "Społeczny i gospodarczy rozwój Polski
w warunkach globalizujących się rynków" GOSPOSTRATEG**

Wniosek GOSPOSTRATEG.IX-000D_22

Wartość projektu: 7 881 705 PLN

Wartość dofinansowania: 7 719 705 PLN



DOFINANSOWANO ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA

**SPOŁECZNY I GOSPODARCZY ROZWÓJ POLSKI W WARUNKACH
GLOBALIZUJĄCYCH SIĘ RYNKÓW
GOSPOSTRATEG**

Obserwatorium Transformacji Energetycznej jako instrument wspierania
społeczno-gospodarczego rozwoju Polski (OTE)

**DOFINANSOWANIE
7 719 705 PLN
CAŁKOWITA WARTOŚĆ
7 881 705 PLN**

