



**OCENA GĘSTOŚCI GRUNTU PODCZAS
BADANIA IN-SITU METODĄ
IZOTOPOWĄ**

**Anna Mykowska,
Marcin Schwesig,
Wojciech Cieślak**

SINEO Sp. z o.o., INGEO Sp. z o.o.

Cel badań

- ▶ przedstawienie praktycznych aspektów pomiaru gęstości gruntu miernikiem izotopowym,
- ▶ porównanie wyników gęstości gruntu uzyskanych podczas badania cylindrem wciskany i miernikiem izotopowym
- ▶ Podsumowanie wad i zalet korzystania z miernika izotopowego w kontekście możliwości rozpowszechnienia metody w Polsce

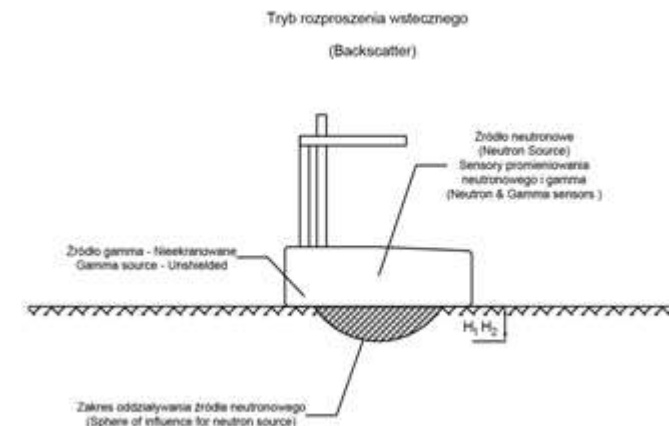
Badanie zagęszczenia gruntu

- ▶ Metody pośrednie (VSS, płyta dynamiczna)
- ▶ Metody bezpośrednie (cylinder wciskany, objętościomierz piaskowy)
- ▶ Gęstościomierz izotopowy – wyznaczenie gęstości gruntu na podstawie oddziaływania promieniowania gamma z materia



Gęstościomierz izotopowy

- ▶ Tryb transmisji bezpośredniej – w otworze, badanie gruntu
- ▶ Tryb rozproszenia wstecznego – nad powierzchnią, badanie asfaltu, betonu



Material i metodyka

- ▶ Badania przeprowadzono na inwestycji budowlanej w Polsce Północnej
- ▶ Badano gruntu niespoiste (1-3) oraz spoiste (4-6) pochodzące z obszaru o powierzchni 1000 m²
- ▶ W każdym punkcie wykonano:
 - Trzykrotny pomiar gęstościomierzem izotopowym Humboldt 5001EZ ze źródłami: Cs-137 370 MBq (10 mCi) oraz Am-241:Be 1,48 GBq (40 mCi) w 15-cm warstwie licząc do powierzchni gruntu
 - Pobranie próby cylindrem wciskany z normą BN-77/8931-12:1997

Material i metodyka

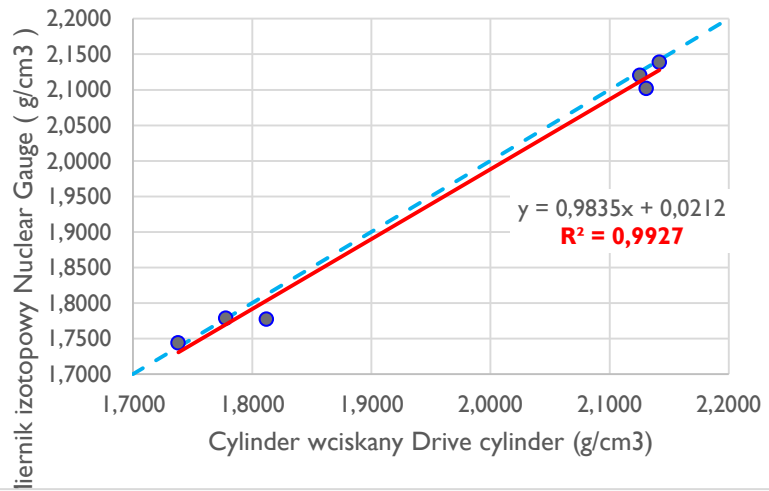
- 1 • Wybór miejsca pomiaru
- 2 • Ustalenie strefy bezpiecznej
- 3 • Przygotowanie strefy, wywiercenie otworu
- 4 • Umieszczenie miernika w strefie
- 5 • Odblokowanie pręta
- 6 • Umieszczenie pręta na żądanej głębokości
- 7 • Pomiar
- 8 • Zablokowanie pręta w bezpiecznej pozycji

Wyniki

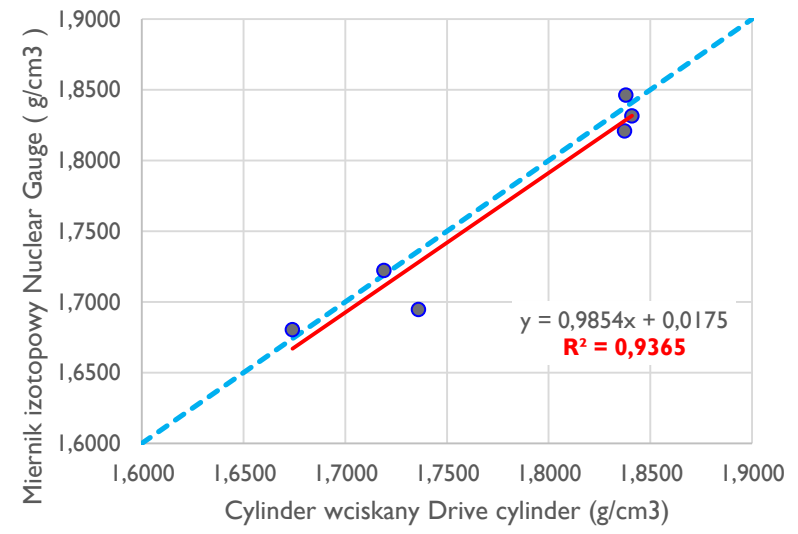
Nr testu	Gęstość mokrego gruntu, g/cm ³		Gęstość suchego gruntu, g/cm ³		Wilgotność, %	
	Cylinder wciskany	Miernik izotopowy	Cylinder wciskany	Miernik izotopowy	Cylinder wciskany	Miernik izotopowy
1	1,738	1,744	1,674	1,680	3,8	3,8
2	1,778	1,779	1,719	1,722	4,0	3,3
3	1,812	1,777	1,736	1,695	4,4	4,9
4	2,131	2,102	1,837	1,821	15,9	15,4
5	2,125	2,120	1,838	1,846	15,8	14,8
6	2,142	2,139	1,841	1,831	15,9	15,4

Wyniki

**Gęstość mokrego gruntu -
porównanie pomiędzy cylindrem
wciskany a miernikiem izotopowym**



**Gęstość suchego gruntu -
porównanie pomiędzy cylindrem
wciskany a miernikiem izotopowym**



- ▶ Rozbieżności pomiędzy trzema kolejnymi pomiarami wykonanymi miernikiem izotopowym wynosiły maksymalnie 0,3%.

Dyskusja

Wady w stosunku do tradycyjnych metod	Zalety w stosunku do tradycyjnych metod
- stosunkowo wysoka cena	- bardzo krótki czas pomiaru
- zafałszowanie wyniki wilgotności w przypadku występowania wodoru w gruncie związków chemicznych zawierających wodór takich jak np. gips	- łatwość obsługi (mniejsze prawdopodobieństwo popełnienia błędu niż w przypadku cylindra wciskanego).
- konieczność uzyskania pozwoleń na działalność ze źródłami promieniowania jonizującego	- badanie nieniszące struktury gruntu
- konieczność objęcia personelu ochroną dozymetryczną, przeprowadzenia specjalistycznych badań lekarskich i opieki inspektora ochrony radiologicznej	- bardzo wysoka dokładność pomiarowa
- mogą wystąpić trudności w przypadku niskich temperatur	- możliwość kalibracji w odniesieniu do składu chemicznego gruntu

Podsumowanie

- ▶ Wyniki otrzymane przy użyciu cylindra wciskanego oraz miernika izotopowego są porównywalne ($R^2=0,94-0,99$).
- ▶ Badanie miernikiem izotopowym jest znacznie szybsze i dokładniejsze, ale wymaga pozwoleń radiologicznych oraz ochrony zdrowia pracowników.
- ▶ Miernik izotopowy może być z powodzeniem stosowany jako badanie uzupełniające lub też zastąpić tradycyjne badania.

- ▶ ASTM D 2950-05, Standard Test Method for Density of Bituminous Concrete in Place by Nuclear Methods
- ▶ ASTM D 6938-08a, Standard Test Method for In-Place Density and Water Content of Soil and Soil-Aggregate by Nuclear Methods (Shallow Depth)
- ▶ BN-77 /8931-12 Oznaczenie wskaźnika zagęszczenia gruntu
- ▶ BOGACZ J., ŁOSKIEWICZ J., MATŁĄG R., MNICH E. 1992 - Jądrowa metoda pomiaru gęstości i wilgotności masy aglomeracyjnej. Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków.
- ▶ BOROWCZYK M. Oznaczenie parametrów fizycznych gruntów w geologii inżynierskiej metodami izotopowymi. Geol.Quart. 8 (4):866-873
- ▶ CYSKE W. 2012 - Wszystko o badaniach zagęszczenia gruntu. Drogi gminna i powiatowe: 3/lipiec 2012
- ▶ DOMINGO C., AMGAROU K., GARCIA-FUSTE M.J. , GARCIA-ORELLANA J., MORALES E., BOUASSOULE T., CASTELO J. & FERNANDEZ F.2009 - Neutron dosimetric studies of density/moisture gauge operators during transport and usage. 44: 1002-1005
- ▶ GTM-10 GEOTECHNICAL TEST METHOD: Test Method for Earthwork Compaction Control by Nuclear Gauge, Revision #5, 2015, State Of New York Department Of Transportation, Geotechnical Engineering Bureau
- ▶ HS5001EZ – Product Manual, 2012
- ▶ LESTARININGSIH I. D., WIDIANTO & HAIRIAH K. 2013 - Assessing soil compaction with two different methods of soil bulk density measurement in oil palm plantation soil, Procedia Environ. Sci.17: 172-178
- ▶ MŁYNAREK Z., WIERZBICKI J. 2004 – Statystyczna ocena zagęszczenia osadów poflotacyjnych na podstawie badań różnymi metodami. Sesja Naukowa Zastosowanie Odpadów Przemysłowych i Geosyntetyków w Budownictwie Ziemi z okazji Jubileuszu 70-lecia Profesor Krystyny M. Skrażyńskiej, Kraków
- ▶ PN-88/B-04481. Grunty budowlane. Badanie próbek gruntu.
- ▶ POGOCKI D. 1997 - Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materia. IV Szkoła Sterylizacji Radiacyjnej Sprzętu Medycznego, Przeszczepów, Farmaceutyków i Kosmetyków. Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa
- ▶ RAWITZ E. , ETKIN H. & HAZAN A. 1981 - Calibration and Field Testing of a Two-probe Gamma Gauge. Soil Sci. Soc. Am. J. 3: 461-465
- ▶ STEFANIAK K., WRÓŻYŃSKA M., KROLL M., 2017 - Application of postflotation tailing in hydroengineering. J Ecol Eng 18 (1): 113-118
- ▶ TEX-451-A, Density of In-place Unhardened and Hardened Concrete by the Nuclear Methods, 08/99-06/0, 1999, published on-line
- ▶ TIMM L.C. 2002 - On the use of surface neutron-gamma gauges to estimate soil water content. Appl. Radiat. Isot. 57: 369-374
- ▶ TIMM L.C., PIRES L.F, REICHARDT K., ROVERATTI R., OLIVEIRA J.C.M. & BACCHI O.O.S. 2005 – Soil bulk density evaluation by conventional and nuclear methods. Aust. J. Soil Res. 43: 97-103
- ▶ TOMINAGA T.T., CIASSARO F.A.M., REICHARDT K., BACCHI O.O.S., OLIVEIRA J.C.M. TIMM L.C. 2002 - On the use of surface neutron-gamma gauges to estimate soil water content. Appl. Radiat. Isot. 57: 369-374
- ▶ TSCHUSCHKE W., GOGOLIK S., KROLL M., WALCZAK M. 2015 – Miary zagęszczenia odpadów poflotacyjnych w kontekście kryteriów odbioru robót ziemnych. Inż. Morska Geotech 36(3): 200-203
- ▶ TSCHUSCHKE W., WRÓŻYŃSKA M., WIERZBICKI J., 2017 -Quality Control for the Construction of a Tailings Dam. Acta Geotech Slov 2017/1:
- ▶ WIERZBICKI J., NIEDZIELSKI A., WALIŃSKI M., WOŁYŃSKI W. 2004 – The quality control of post flotation reservoir dam by determination of relative compaction index in various methods. Proceedings ISC-2 on Geotechnical and Geophysical Site Characterization, Viana da Fonesca & Mayne (eds.), Millpress, Rotterdam
- ▶ WOOD M. J., DOUGLAS R.A., SANDS R. 2004. A Comparison of Three Methods for Measuring the Density of a Forest Soil in New Zealand. Int. J. Forest Eng. 3(1)