

Dokumentowanie warunków geologiczno- inżynierskich dla morskich farm wiatrowych (MFW) i urządzeń wyprowadzenia mocy (ZU)

Majer Edyta, Szablowska Monika, Sokołowska Marta
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

2025.10.07, Gdańsk
9. Forum Państwowej Służby Geologicznej
Geologia dla morza i biznesu – strategiczne kierunki działań Państwowej Służby
Geologicznej

2025.10.09-07, Gdańsk
BALTEXPO 2025
23 Międzynarodowe Targi Morskie i Militarne



BALTEXPO



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZA
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

PORADNIKI: Morskie Farmy Wiatrowe. ZAWARTOŚĆ

Autorzy:

Edyta MAJER, Marta SOKOŁOWSKA,
Monika SZABŁOWSKA (red.)

Grzegorz UŚCINOWICZ, Dorota
KAULBARSZ, Lesław MIL, Urszula PĄCZEK

Adam POPŁAWSKI, Adam ROGUSKI,
Szymon OSTROWSKI, Michał JAROS,
Arkadiusz PIECHOTA, Krzysztof MAJER,
Jakub KOBIELA, Izabela SAMEL, Anna
STAWICKA, Krzysztof TRUCHAN, Kamil
WASILEWSKI

11 rozdziałów

397 stron

143 rysunki

73 tabele



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ



PORADNIKI: Morskie Farmy Wiatrowe. FINANSOWANIE

ZADANIE PSG:

Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskiego warunków posadowienia obiektów budownictwa morskiego i zabezpieczeń brzegu morskiego. Część druga: morskie farmy wiatrowe wraz z zespołem urządzeń służących do wyprowadzenia mocy

FINASOWANIE:

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Umowa dotacji nr 213/2023/Wn-07/FG-GO-DN/D z dnia 13.04.2023 r.

CZAS REALIZACJI:

2023-2024

KIEROWNIK ZADANIA:

Monika Szabłowska



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZA
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 1: Wprowadzenie

- Inwestycje projektowane na morzu **generują bardzo duże koszty**
- **Złożoność** tych inwestycji, obejmujących budowę turbin wiatrowych, stacji elektroenergetycznych oraz urządzeń do przesyłu energii, **wymaga rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich**
- **Dobre rozpoznanie** warunków geologiczno-inżynierskich oraz **właściwe wykonanie** badań geologiczno-inżynierskich, geofizycznych i środowiskowych oraz **określenie parametrów** niezbędnych do zaprojektowania obiektów wchodzących w skład MFW umożliwia **optymalne zaprojektowanie** fundamentów, wzmocnień i zabezpieczeń, co wiąże się z **obniżeniem kosztów** przeznaczonych na budowę oraz **obniżenie ryzyka** uszkodzeń i zniszczeń tych obiektów (Velenturf i in., 2021)



<https://www.polenergia.pl/nasze-aktywa/wytwarzanie/farmy-wiatrowe-na-morzu-offshore/>



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



ROZDZIAŁ 1: Wprowadzenie

- kontynuacja i rozszerzenie poradnika z roku 2009 zatytułowanego „**Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskich warunków posadowienia obiektów budownictwa morskiego i zabezpieczeń brzegu morskiego**” (część pierwsza)
- **kompleksowe opracowanie** dotyczące zasad dokumentowania geologiczno-inżynierskich warunków posadowienia morskich farm wiatrowych oraz urządzeń służących do wyprowadzania mocy
- podstawa opracowania: **analiza dostępnej literatury** oraz **doświadczenia zdobyte przez psg** w zakresie przygotowania i realizacji inwestycji MFW



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 2: Morskie farmy wiatrowe wraz z zespołem urządzeń służących do wyprowadzenia mocy

Obiekty budowlane:

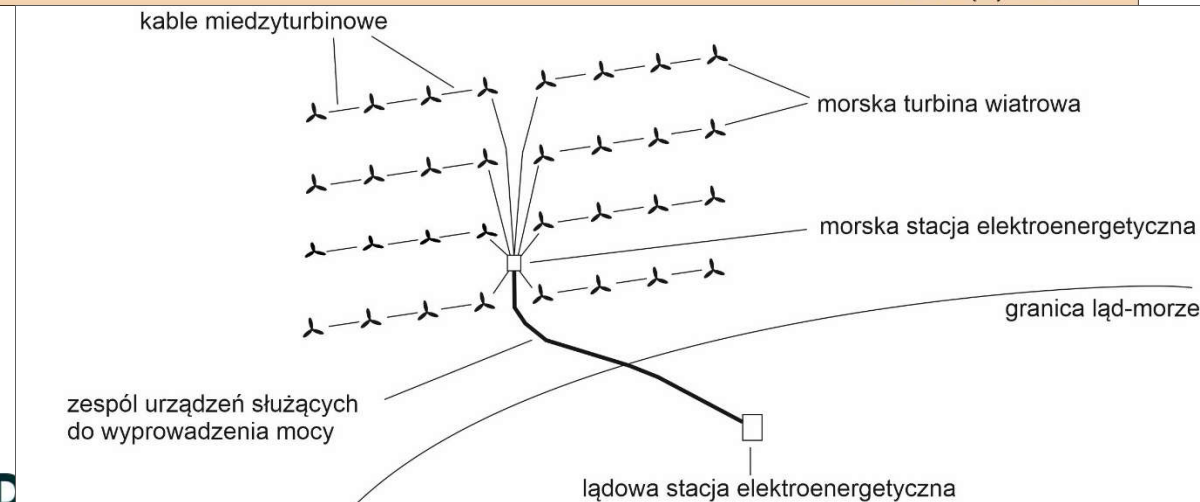
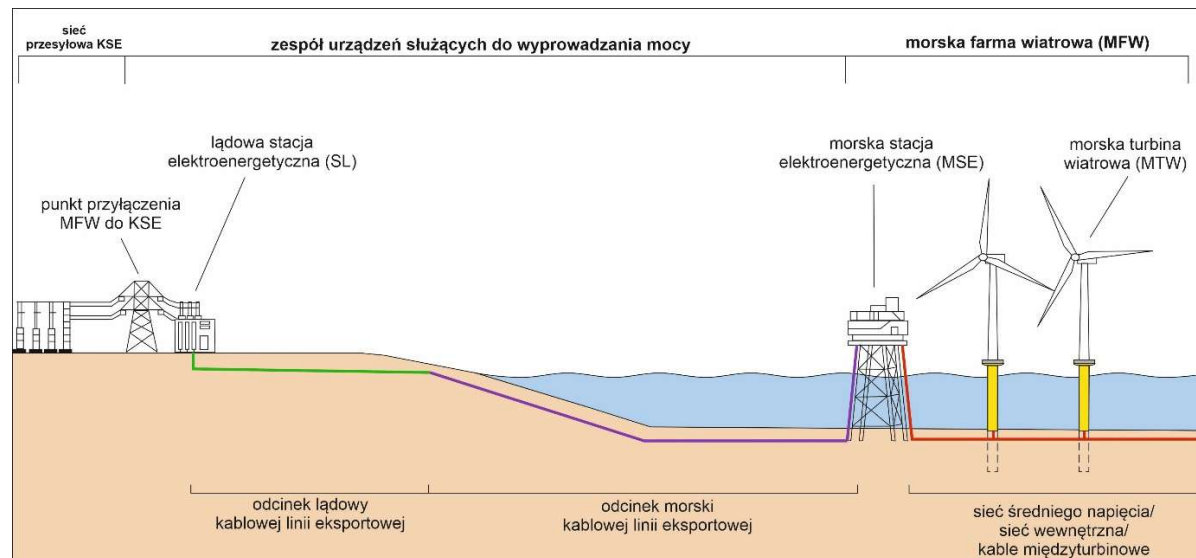
MFW – morska farma wiatrowa:

- **MTW** – morskie turbiny wiatrowe,
- **MSE** – morskie stacje elektroenergetyczne
- **SSN** – sieć średniego napięcia (wew.),

ZU – zespół urządzeń służący do wyprowadzenia mocy:

- **MKE** - odcinek morski kablowej linii eksportowej
- **LKE** odcinek lądowy kablowej linii eksportowej

SL – lądowa stacja elektroenergetyczna



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



MAPA WYKONANIA IZOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ

WYKONANIE PLANU WYKONAWCZEGO POLSKI

PODZIEMNE MAGAZYNY CIEPŁA

CENTRUM BADAŃ GRUNTOW I SKAL

PAŃSTWOWA SŁUŻBA GEOLOGICZNA

UNIWERSYTET DROGOWY I GOSPODARKI WODNEJ

TERMINOLOGIA: Ustawa o promowaniu wytwarzania energii elektrycznej w morskich farmach wiatrowych

MORSKA FARMA WIATROWA - MFW

instalacja stanowiąca wyodrębniony zespół urządzeń służących do wytwarzania energii, w skład którego wchodzi jedna lub więcej morskich turbin wiatrowych, sieć średniego napięcia wraz ze stacjami elektroenergetycznymi (MSE) zlokalizowanymi na morzu, z wyłączeniem urządzeń po stronie górnego napięcia transformatora lub transformatorów znajdujących się na tej stacji

MORSKA TURBINA WIATROWA - MTW

pojedynczy, samodzielny zespół urządzeń służących do wytwarzania energii elektrycznej wyłącznie z energii wiatru na morzu

ZESPÓŁ URZĄDZEŃ SŁUŻĄCYCH DO WYPROWADZENIA MOCY – PRZYŁĄCZE (ZU)

wyodrębniony zespół urządzeń i budowli związanych, jak i niezwiązanych trwale z gruntem, w tym dnem morskim, służących do wyprowadzenia mocy z morskiej farmy wiatrowej od zacisków strony górnego napięcia transformatora lub transformatorów znajdujących się na stacji albo stacjach elektroenergetycznych zlokalizowanych w polskich obszarach morskich do miejsca rozgraniczenia własności określonego we wstępnych warunkach przyłączenia lub warunkach przyłączenia



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

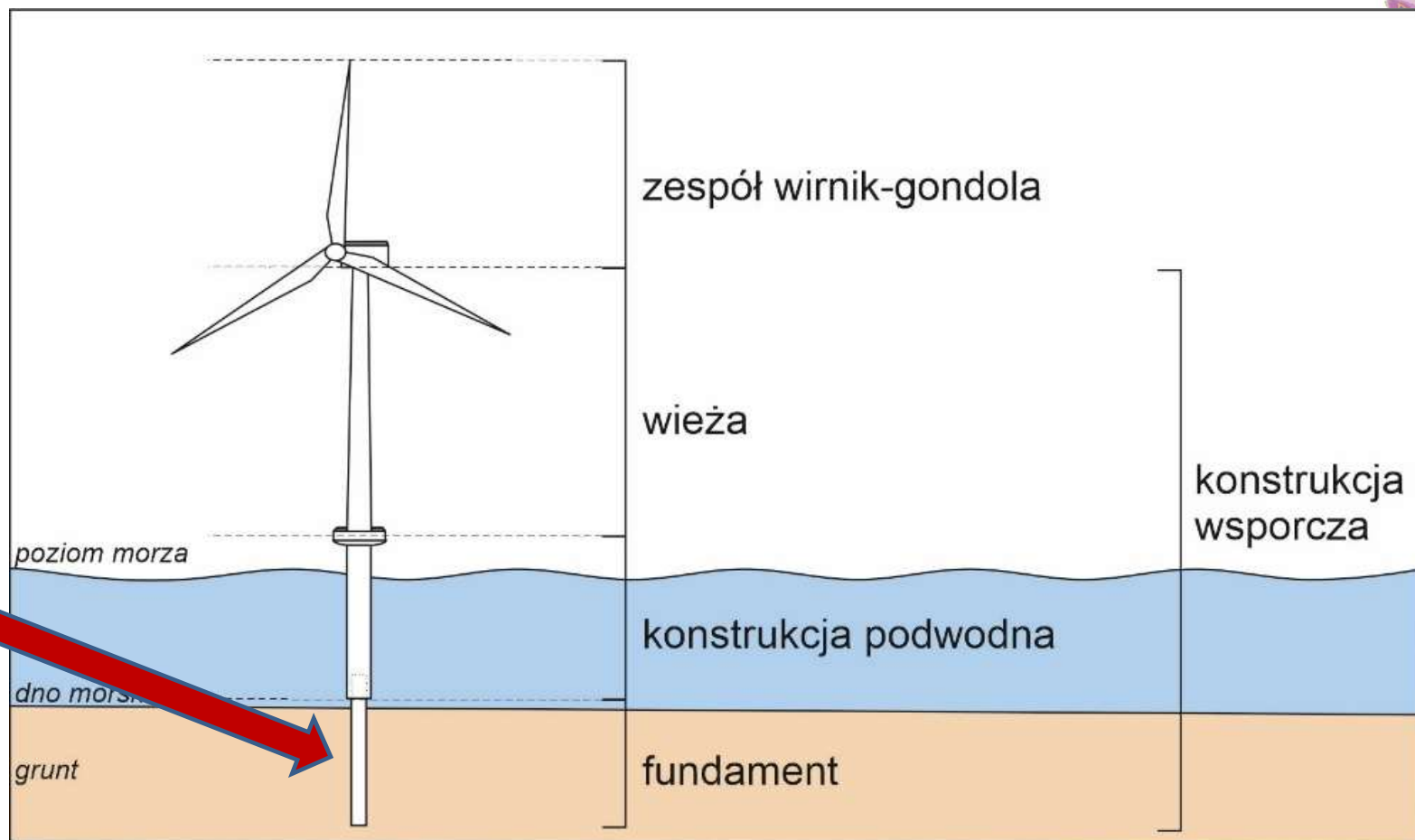
pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 2: Morskie farmy wiatrowe wraz z zespołem urządzeń służących do wyprowadzenia mocy

- Bardzo **duże** i bardzo **wysokie** konstrukcje
- Zazwyczaj posadawiane na **monopalu**



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



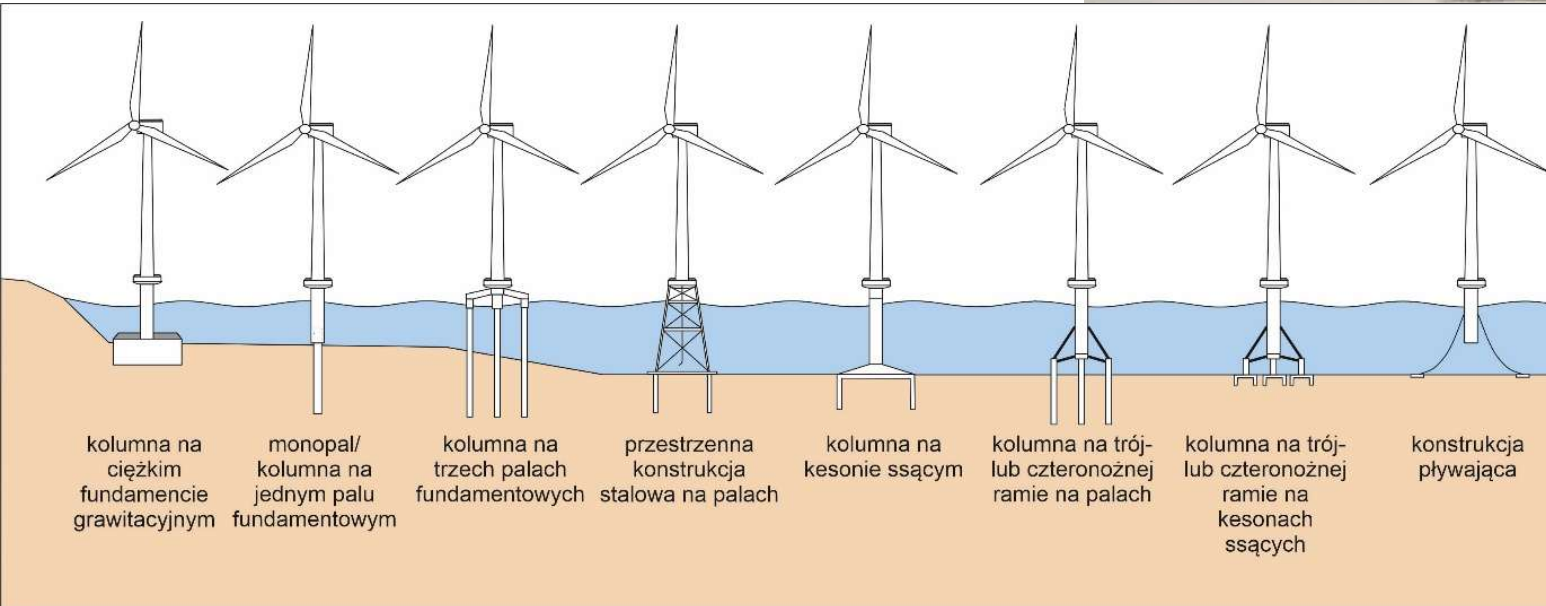
Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 2: Morskie farmy wiatrowe wraz z zespołem urządzeń służących do wyprowadzenia mocy

- Średnice monopala – 6-10 m
- Różne fundamenty

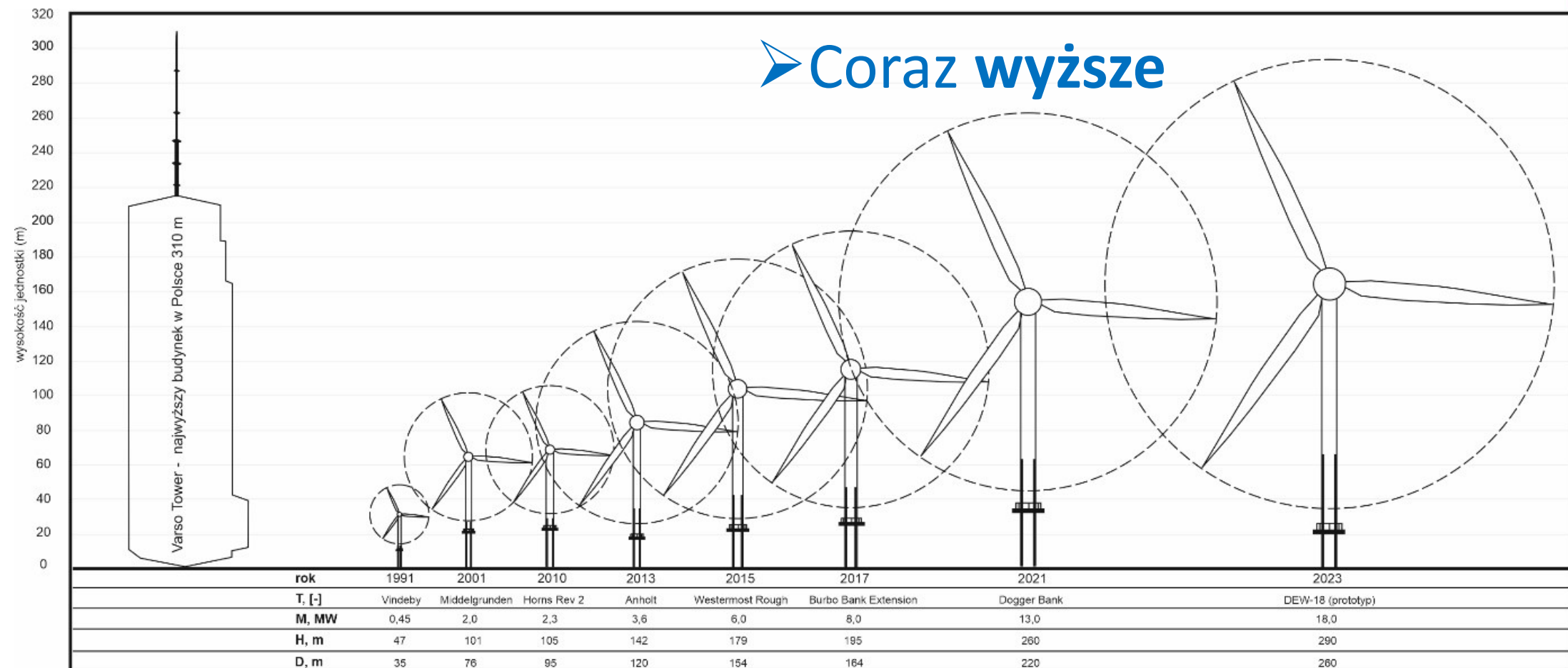


[propelled transporters from SCHEUERLE](#)



ROZDZIAŁ 2: Morskie farmy wiatrowe wraz z zespołem urządzeń służących do wyprowadzenia mocy

➤ Coraz wyższe



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZA
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 2: Morskie farmy wiatrowe wraz z zespołem urządzeń służących do wyprowadzenia mocy

➤ Coraz większe średnice

Najwyższy budynek
w Polsce:
237 m wysokości

220 m średnicy

39 000 m²
powierzchni

Największy samolot
transportowy An-225 Mrija:
88 m rozpiętości skrzydeł

Boisko do piłki nożnej:
105 m długości

wysokie  napiecie.pl

Maj 2020 | Dane turbiny: Siemens-Gamesa (SG 14-222)



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

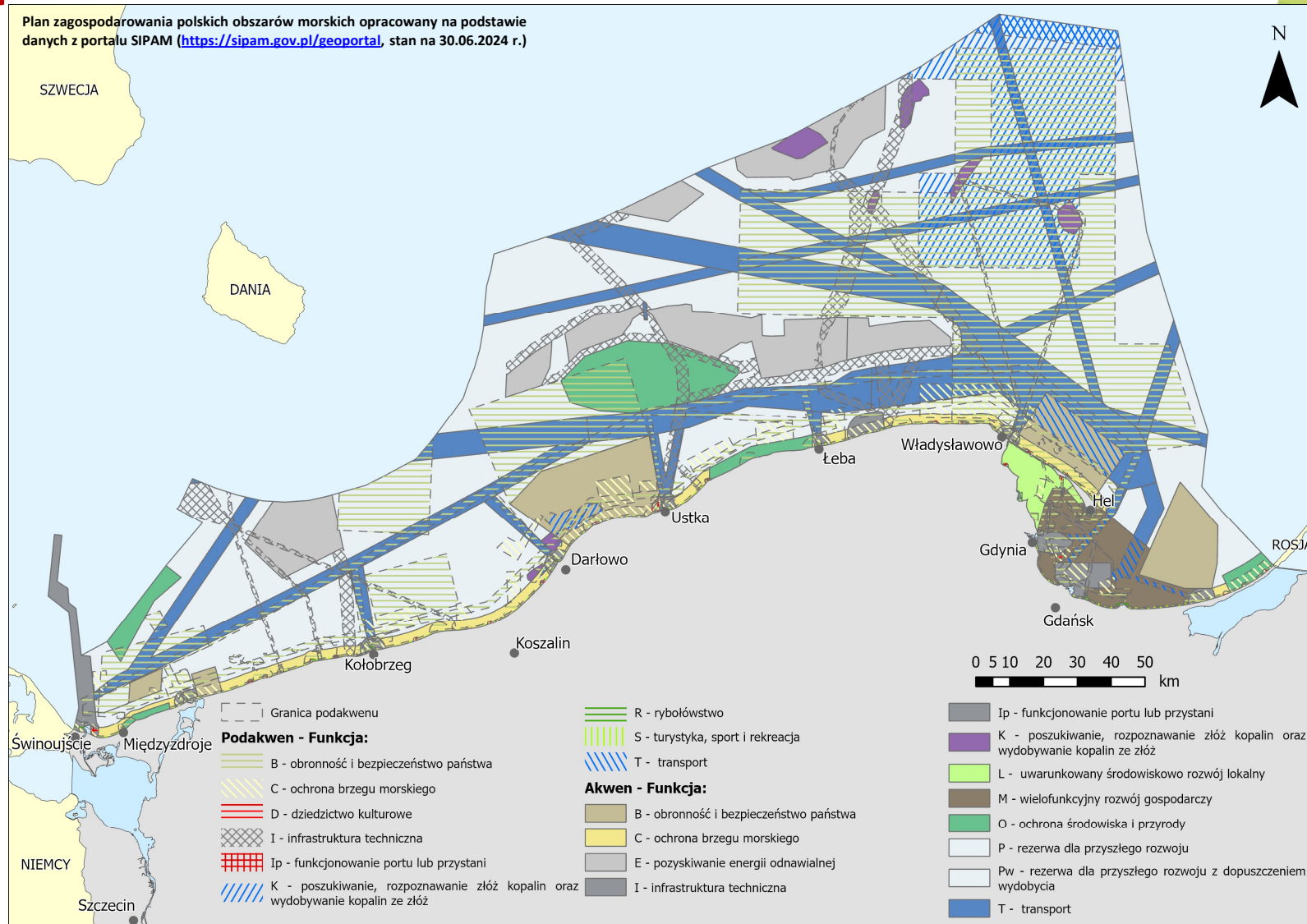


Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 3: Zagospodarowanie obszarów morskich RP

- Plan zagospodarowania przestrzennego morskich wód wewnętrznych, morza terytorialnego i wyłącznej strefy ekonomicznej w skali 1:200 000
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 kwietnia 2021 r. w sprawie przyjęcia planu zagospodarowania przestrzennego morskich wód wewnętrznych, morza terytorialnego i wyłącznej strefy ekonomicznej w skali 1: 200 000

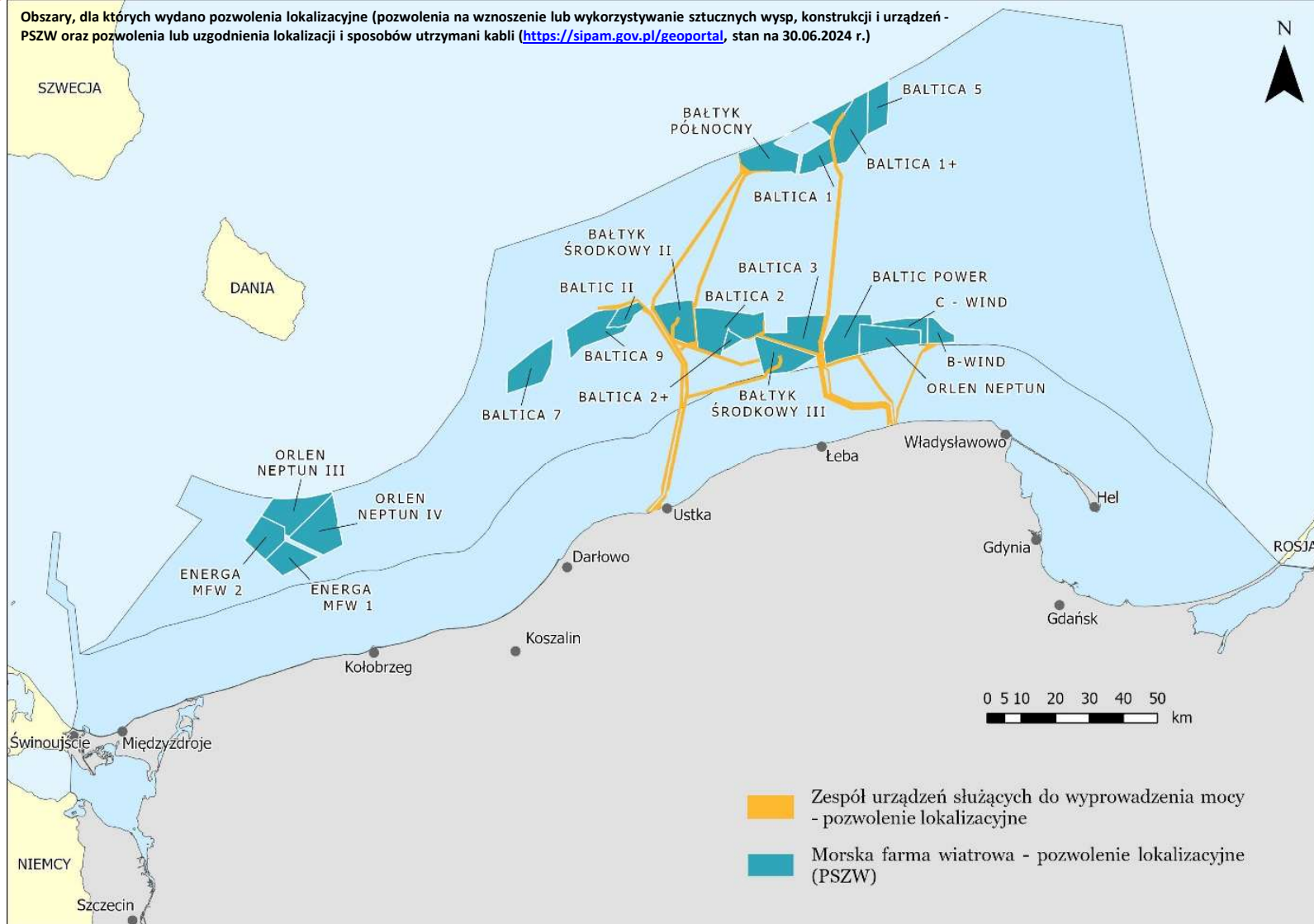
Plan zagospodarowania polskich obszarów morskich opracowany na podstawie danych z portalu SIPAM (<https://sipam.gov.pl/geoportal>, stan na 30.06.2024 r.)



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
 państwowa służba geologiczna

ROZDZIAŁ 3: Zagospodarowanie obszarów morskich RP

- do dnia 30 czerwca 2024 roku **wydano 21 pozwoleń lokalizacyjnych (PSZW)** dla morskich farm wiatrowych
- **Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku (PEP2040)**
- moc zainstalowana do 2030 r. - **5,9 GW**
- moc zainstalowana do 2040 r. – **11 GW**



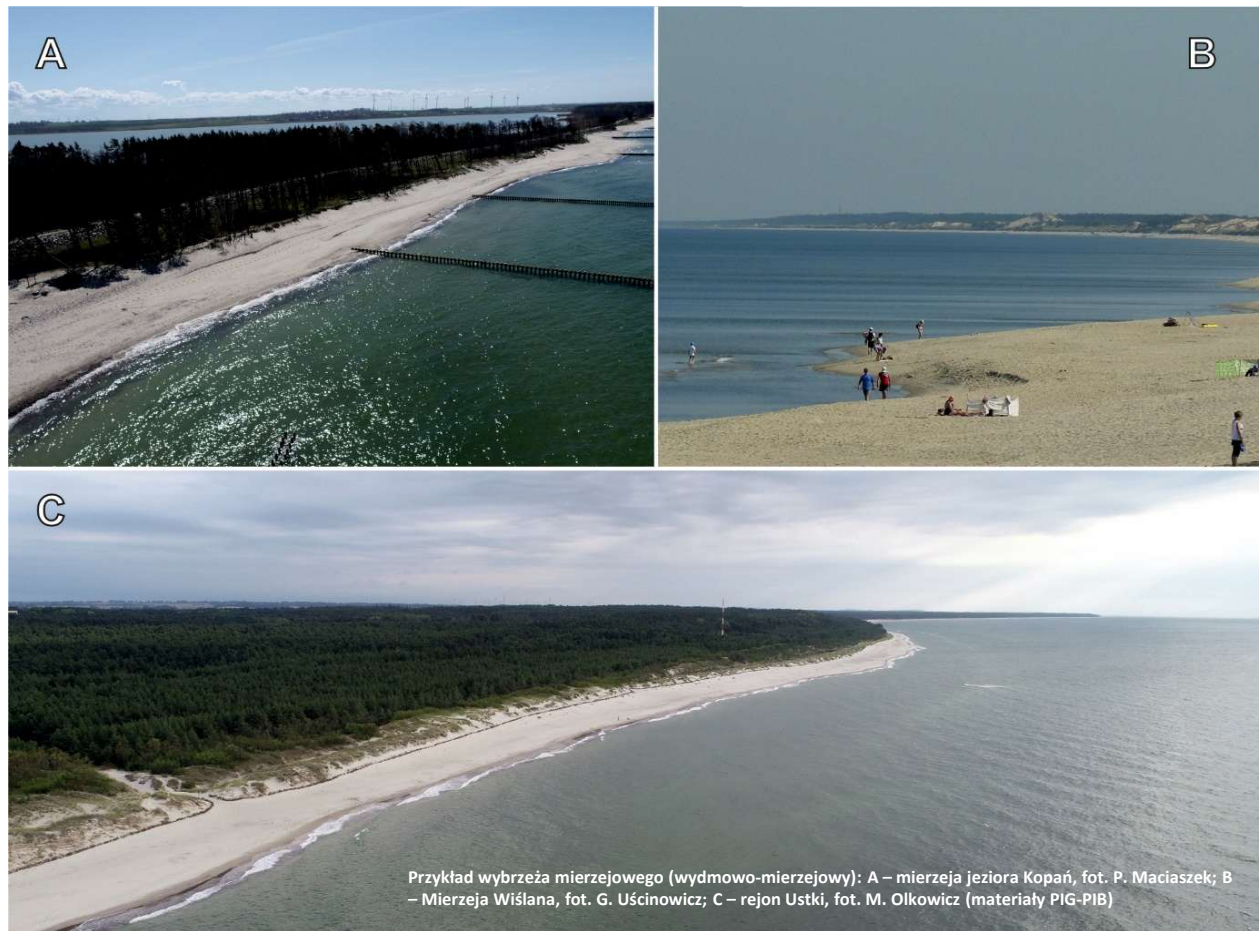
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

ROZDZIAŁ 4: Strefa morza otwartego, strefa i linia brzegowa

- **Strefa morza otwartego**
- **Linia brzegu** - linia brzegowa występuje w obszarze bezpośredniego styku wody i lądu;

na podstawie art. 220 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Ustawa..., 2017) linię brzegu stanowi krawędź brzegu lub linia stałego porostu traw albo linia, którą ustala się według średniego stanu wody z okresu co najmniej ostatnich 10 lat. Jeżeli krawędź brzegu jest wyraźna, linia brzegu biegnie tą krawędzią. Jeżeli krawędź brzegu nie jest wyraźna, linia brzegu biegnie granicą stałego porostu traw, a jeżeli granica stałego porostu traw leży powyżej średniego stanu wody z okresu co najmniej ostatnich 10 lat, to linią brzegu jest linia przecięcia się zwierciadła wody przy tym stanie z gruntem przyległym. Jeżeli brzegi wód są uregulowane, linia brzegu biegnie linią łączącą zewnętrzne krawędzie budowli regulacyjnych, a przy plantacjach wikliny na gruntach uzyskanych w wyniku regulacji – granicą plantacji od strony lądu. Linię brzegu, dla morskich wód wewnętrznych oraz wód morza terytorialnego, ustala, w drodze decyzji, na wniosek podmiotu mającego interes prawny lub faktyczny właściwy terenowy organ administracji morskiej

- **Strefa brzegowa**



Przykład wybrzeża mierzejowego (wydmowo-mierzejowy): A – mierzeja jeziora Kopań, fot. P. Maciaszek; B – Mierzeja Wiślana, fot. G. Uścińowicz; C – rejon Ustki, fot. M. Olkowicz (materiały PIG-PIB)



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

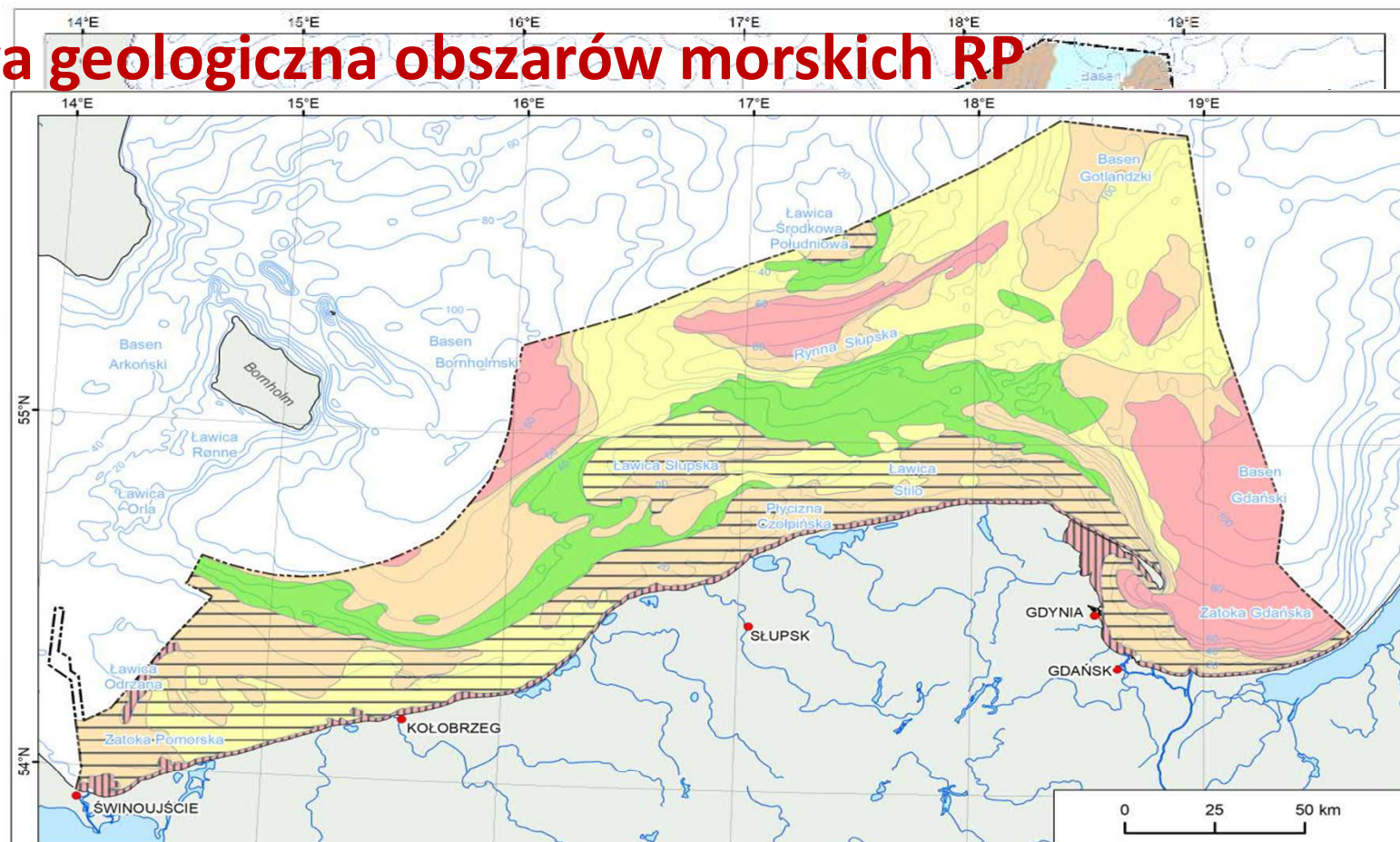
pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 5: Budowa geologiczna obszarów morskich RP

- Rzeźba dna
- Morfogeneza dna
- Mapa geologiczna **podłoża czwartorzędu**
- Mapa geologiczna **osadów powierzchniowych**
- Wybrane **zagrożenia geologiczne**
- Wybrane **zagrożenia antropogeniczne**
- **Warunki geologiczno-inżynierskie**





Warunki podłoża

Strefa głębokości 0 - 10 m p.p.m.

 bardzo niekorzystne

Strefa głębokości 10 - 30 m p.p.m.

 średniokorzystne
 niekorzystne

Strefa głębokości poniżej 30 m p.p.m.

 korzystne
 średniokorzystne
 niekorzystne
 bardzo niekorzystne

Kramarska i in., 2019

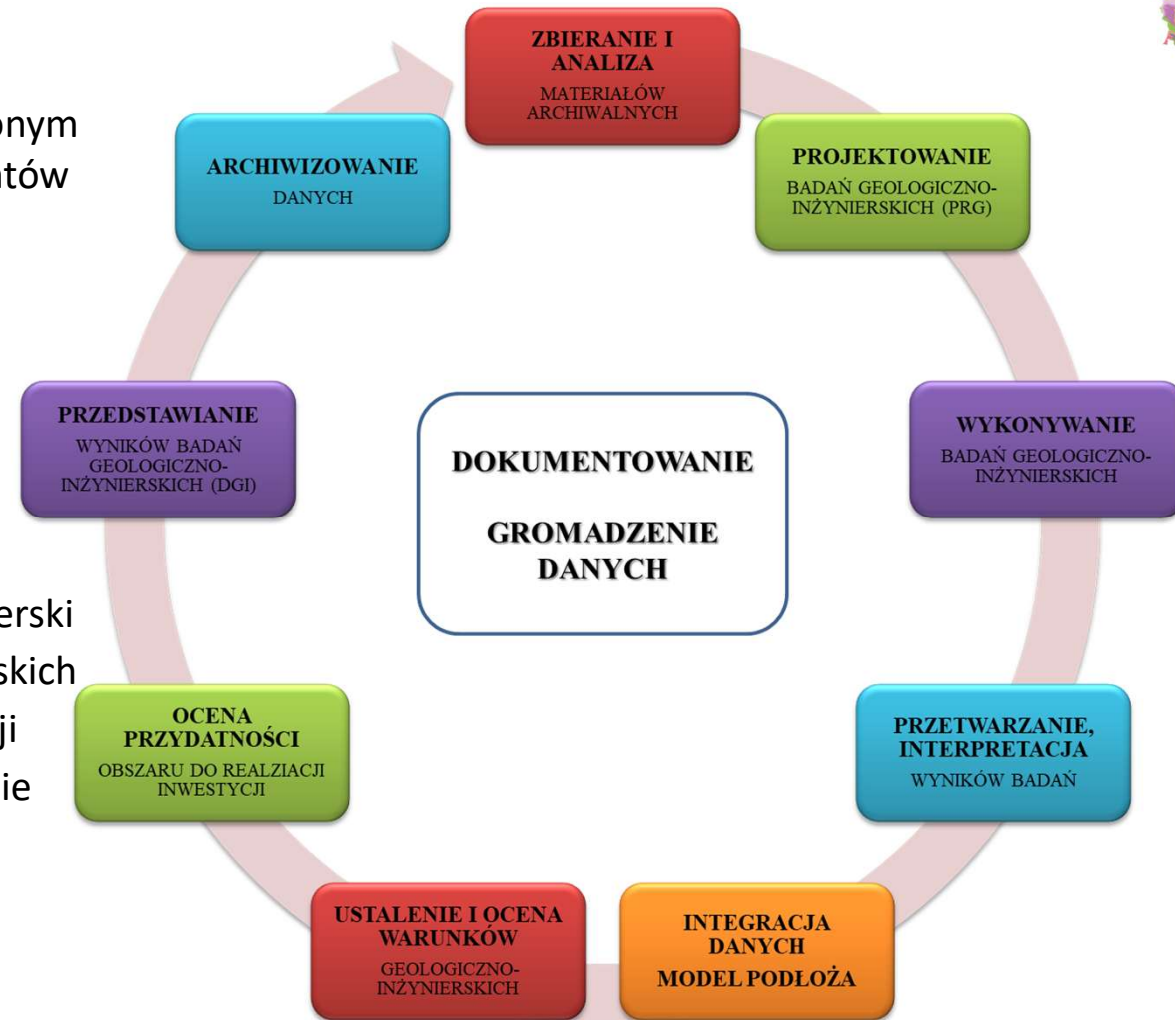


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

ROZDZIAŁ 6: Proces dokumentowania geologiczno-inżynierskiego

Dokumentowanie geologiczno-inżynierskie

- sposób postępowania (proces) prowadzony w określonym celu, na podstawie przepisów prawa, norm, dokumentów kontraktowych i doświadczenia, polegający na:
 - zbieraniu i analizie **materiałów archiwalnych**
 - **projektowaniu** badań
 - **wykonywaniu** badań terenowych i polowych
 - **przetwarzaniu, analizie, ocenie, interpretowaniu, modelowaniu** wyników badań
 - **integracji danych** w efekcie czego powstaje model podłoża w szczególności model geologiczno-inżynierski
 - **ustalaniu i ocenie** warunków geologiczno-inżynierskich
 - **ocenie przydatności** obszaru do realizacji inwestycji
 - **przedstawianiu** wyników badań w określonej formie
 - **gromadzeniu i archiwizowaniu** wyników badań



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZA
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 6: Uwarunkowania prawne dokumentowania GI, normalizacja

- w praktyce, dla inwestycji morskich farm wiatrowych **wykonuje się kilka dokumentacji geologiczno-inżynierskich**
- np. **osobno** dla obszaru **MFW**, **trasy kabla na odcinku morskim, przewiertu – wyjścia kabla morskiego na ląd i osobno dla obiektów na odcinku lądowym**
- **dla obszaru MFW zazwyczaj wykonywane są dwie dokumentacje geologiczno-inżynierskie**. Pierwszą wykonuje się przed rozpoczęciem etapu projektowania, po to aby jak najszybciej zdobyć wstępne dane geologiczne dla całego obszaru MFW. Drugą dokumentację geologiczno-inżynierską wykonuje się na etapie projektu budowlanego i dotyczy ona już konkretnych obiektów posadawianych na obszarze MFW tj. morskich turbin wiatrowych MTW oraz morskich stacji elektroenergetycznych MSE
- **niezależnie prowadzone są procedury dotyczące opracowania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej dla trasy kabla** na odcinku morskim, zazwyczaj dla wyjścia kabla morskiego na ląd, trasy kabla na odcinku lądowym oraz dla lądowych stacji elektroenergetycznych
- **dostępnych jest wiele norm**, zarówno dotyczących projektowania lokalizacji i posadowienia, prowadzenia badań oraz analizy i raportowania wyników badań – **implementowanych z przemysłu naftowego i gazowniczego**



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



POLSKA NORMA

ICS 75.180.10

PN-EN ISO 19901-8

Wprowadza

EN ISO 19901-8:2023, IDT

ISO 19901-8:2023, IDT

Zastępuje

PN-EN ISO 19901-8:2015-10

Przemysł naftowy i gazowniczy, w tym energia niskoemisyjna

Konstrukcje morskie

Część 8: Badania dna morskiego

Norma Europejska EN ISO 19901-8:2023 *Oil and gas industries including lower carbon energy -- Offshore structures -- Part 8: Marine soil investigations (ISO 19901-8:2023)* ma status Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2024

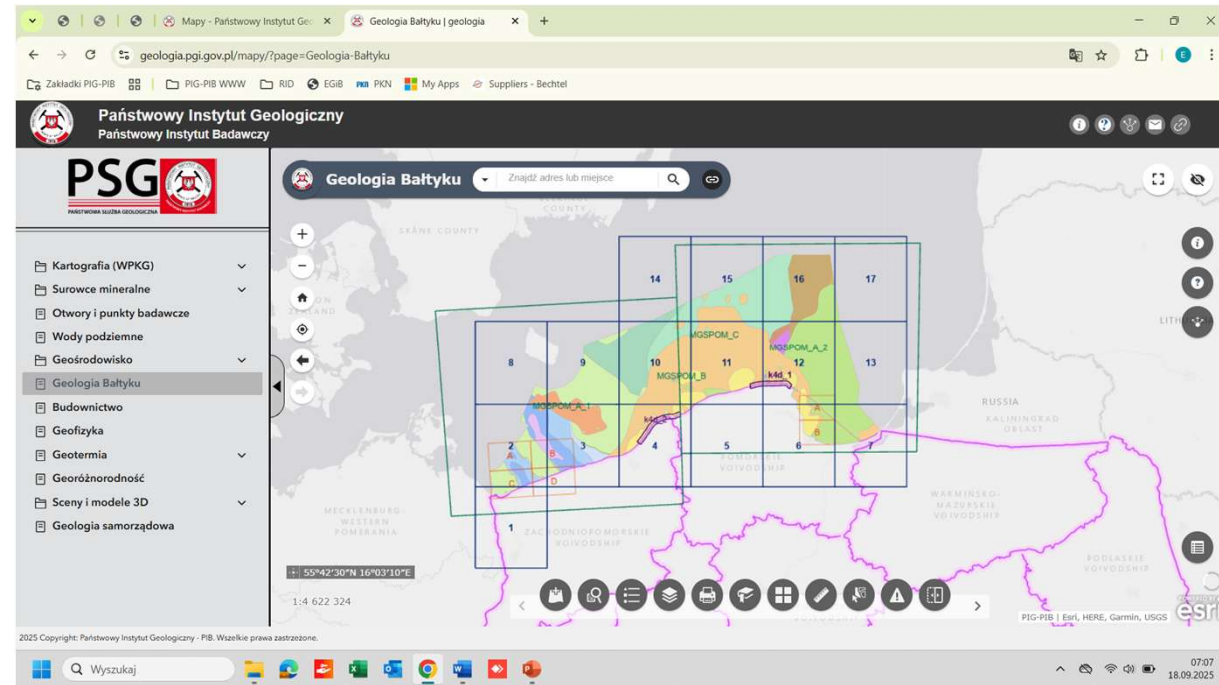
nr ref. PN-EN ISO 19901-8:2024-03

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być zwielokrotniana jakkolwiek techniką bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego

ISBN 978-83-8372-337-2

ROZDZIAŁ 6: Zbieranie i analiza materiałów archiwalnych

- Źródła danych **geologicznych i geofizycznych**
- Źródła danych **górnictwych**
- Źródła danych związanych z **ochroną przyrody** i obiektami **cennymi kulturowo**
- Źródła danych dotyczące **zagospodarowania terenu badań i kierunków rozwoju**
- Źródła danych **kartograficznych i geodezyjnych**
- Źródła danych **geotechnicznych**
- Źródła danych innych w szczególności danych **środowiskowych**



<https://geologia.pgi.gov.pl> - zakładka GEOLOGIA BAŁTYKU



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



ROZDZIAŁ 6: Projektowanie badań geologiczno-inżynierskich

➤ **Rozstaw badań, ich rozdzielczość oraz zasięg głębokościowy** powinny umożliwić na rozpoznanie wszystkich warstw w podłożu oraz innych czynników, które mogą mieć wpływ na bezpieczeństwo projektowanej inwestycji

➤ Szczególnie istotne są:

- **identyfikacja pogrzebanych rynien (kanałów) erozyjnych** wypełnionych osadami o odmiennych z otoczeniem (niskich lub wysokich) parametrach mechanicznych,
- **występowanie gruntów/skał o wysokiej wytrzymałości lub gławowisk, gławów o dużych rozmiarach**, które mogą utrudniać instalację fundamentów lub wykonanie rowu kablowego,
- **występowanie zagrożeń geologicznych**, takich jak m. in.: osuwiska, uskoki, występowanie stref nagromadzenia gazów w osadach dennych itp.,
- **występowanie obiektów antropogenicznych**, takich jak: UXO, wraki, skrzyżowania z inną infrastrukturą, podmorskie stanowiska archeologiczne itp.,
- w przypadku obiektów liniowych – **zidentyfikowanie granic** w planie pomiędzy gruntami/skałami **o skrajnie odmiennych właściwościach**, wymagających zmiany technologii układania kabli

Rodzaj prac/ badań	Zalecany zakres prac/badań	Rodzaj posadowienia	Zalecana ilość/liczba
Badania geofizyczne	Badania sejsmiczne UHR, UUHR	Wszystkie rodzaje	Siatka profili na całym obszarze farmy. Przekroje muszą przechodzić nad każdą z lokalizacji MTW i MSE
Wiercenia	Wiercenia pełnordzeniowe lub z ciągłym poborem prób z zastosowaniem specjalistycznych próbników na całej długości	Fundamenty grawitacyjne lub kesony	min. 1 pod fundament MSE min. 1 pod turbinę min. głębokość 1,5-krotność szerokości fundamentu (wg. Cook (red.), 2022) Dodatkowo (Cook (red.), 2022), zaleca się wykonać płytkie otwory lub sondowania wokół podstawy przy dużej zmienności warunków gruntowych
		Fundamenty palowe (tripal lub monopali)	min. 1 pod fundament MSE min. 1 pod turbinę min. głębokość to głębokość zagłębienia pala plus strefa oddziaływania Proponowane głębokości rozpoznania podłoża (wg. DNV-GL-C212): W przypadku długich pali o małych średnicach 10 średnic pala powinno być wystarczające W przypadku wielkośrednicowych monopali 0,5-krotność ich średnicy poniżej zagłębienia pala powinna być wystarczająca
		Fundamenty typu jacket (kratownicowe) lub tripod	min. 1 na środku fundamentu, w przypadku bardzo zmiennych warunków – 1 pod każdą nogę Proponowane głębokości rozpoznania podłoża (wg. DNV-GL-C212): min. głębokość 10 średnic pala
		Fundamenty kotwiczone	min. 1 pod każdy punkt kotwiczenia min. głębokość zależna od typu kotwicy i warunków w podłożu
Opróbowanie wierceń	Po wykonaniu klasyfikacji i opisu makroskopowego (i w razie potrzeby oceny masywu skalnego na podstawie rdzenia wiertniczego - RQD) zabezpieczony powinien być możliwie cały rdzeń. W przypadku braku możliwości zachowania całego rdzenia należy zabezpieczyć wszystkie próbki wysokiej jakości	Wszystkie rodzaje	Opróbowany powinien możliwie cały rdzeń z uwagi na wysokie koszty jego pozyskania.
Sondowania parametryczne i badania otworowe	Sondowania CPTU zaburtowo do maksymalnej możliwej głębokości Sondowania CPTU z dna otworu do głębokości otworu wiertniczego W szczególnych przypadkach stosuje się także sondowania z końcówkami typu Ball lub T-bar do oceny warstw o bardzo niskiej wytrzymałości występujących płytko. Otworowe pomiary sejsmiczne PS logging	Fundamenty grawitacyjne lub kesony	min. 1 pod fundament (nie dotyczy posadowienia na skałach) min. głębokość taka jak przy wymaganiach dla otworu Dodatkowo (Cook (red.), 2022), zaleca się wykonać płytkie otwory lub sondowania wokół podstawy przy dużej zmienności warunków gruntowych
		Fundamenty palowe (tripal lub monopali)	min. 1 pod fundament (nie dotyczy posadowienia na skałach lub kombinacji skała/grunt) min. głębokość taka jak przy wymaganiach dla otworu
		Fundamenty typu jacket (kratownicowe) lub tripod	min. 1 na środku fundamentu, w przypadku bardzo zmiennych warunków – 1 pod każdą nogę min. głębokość taka jak przy wymaganiach dla otworu
		Fundamenty kotwiczone	min. 1 pod każdy punkt kotwiczenia min. głębokość zależna od typu kotwicy i warunków w podłożu
Badania laboratoryjne właściwości fizyczno-mechanicznych			
Badania laboratoryjne właściwości chemicznych gruntów			
Badania laboratoryjne wody morskiej			



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

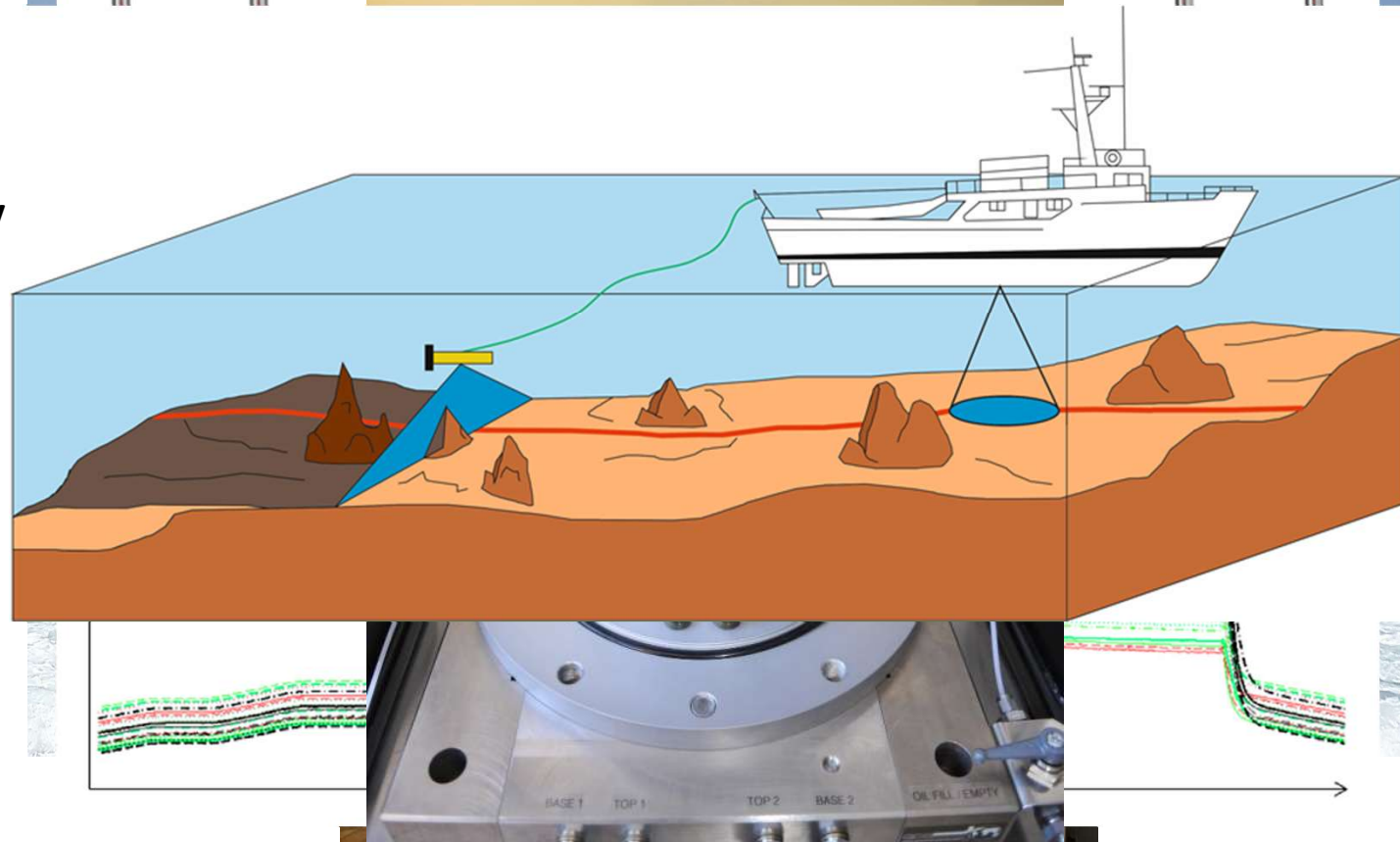


Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZA
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 6: Wykonywanie badań geologiczno-inżynierskich



- badania geofizyczne
- wiercenia badawcze wraz z poborem prób gruntu, skał i wody
- sondowania parametryczne, badania otworowe, badania specjalne
- badania laboratoryjne
- geodezja i teledetekcja morska



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

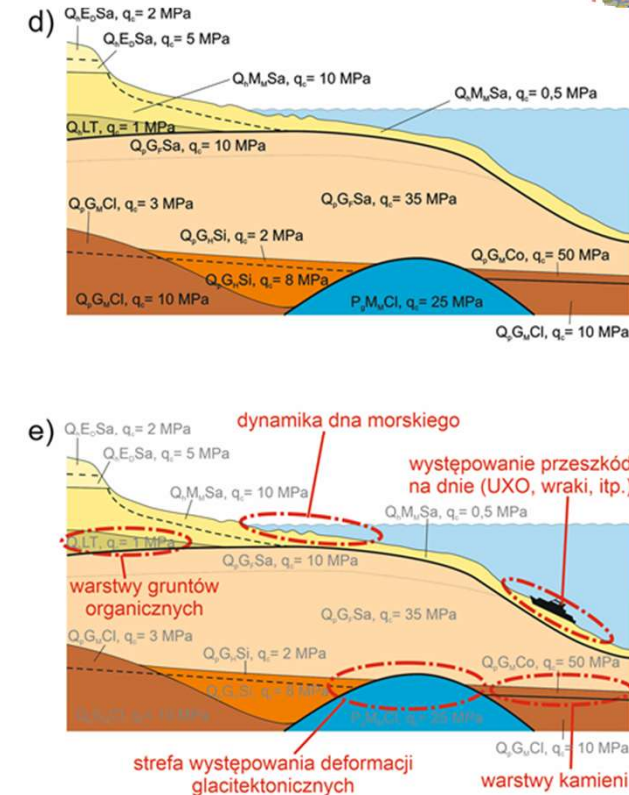
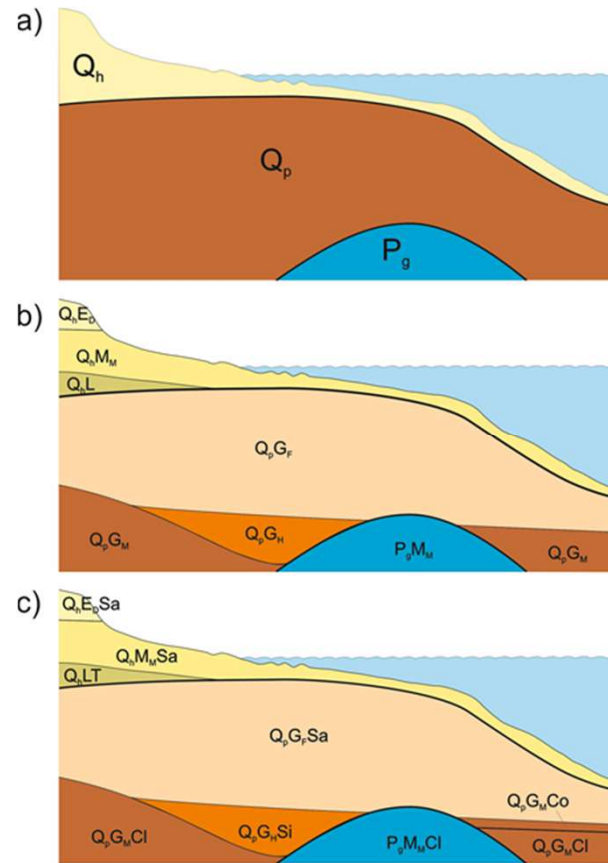


Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 6: Model geologiczno-inżynierski (EGM)

➤ Model geologiczno-inżynierski (ang. Engineering Geological Model, EGM)

- obejmuje **wszystkie dane**, które umożliwiają **interpretację i ocenę warunków geologiczno-inżynierskich** oraz **pozwalają na ocenę interakcji** warunków geologiczno-inżynierskich z projektowanym obiektem budowlanym, aby na tej podstawie **podejmować decyzje inżynierskie** przez cały cykl życia obiektu budowlanego, od jego rozpoczęcia po jego likwidację
- przyjmując tą definicję, celem jest **wyjście poza koncepcję**, w której „model” jest **uproszczoną i statyczną trójwymiarową** reprezentacją warunków gruntowych oraz **uznanie**, że tworzenie i rozwój EGM to **ciągły proces gromadzenia danych**, który zapewnia kierowanie i kontrolowanie prac inżynierskich przez cały cykl życia obiektu budowlanego (IAEG - Baynes, Parry, 2022 przetłumaczone)



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

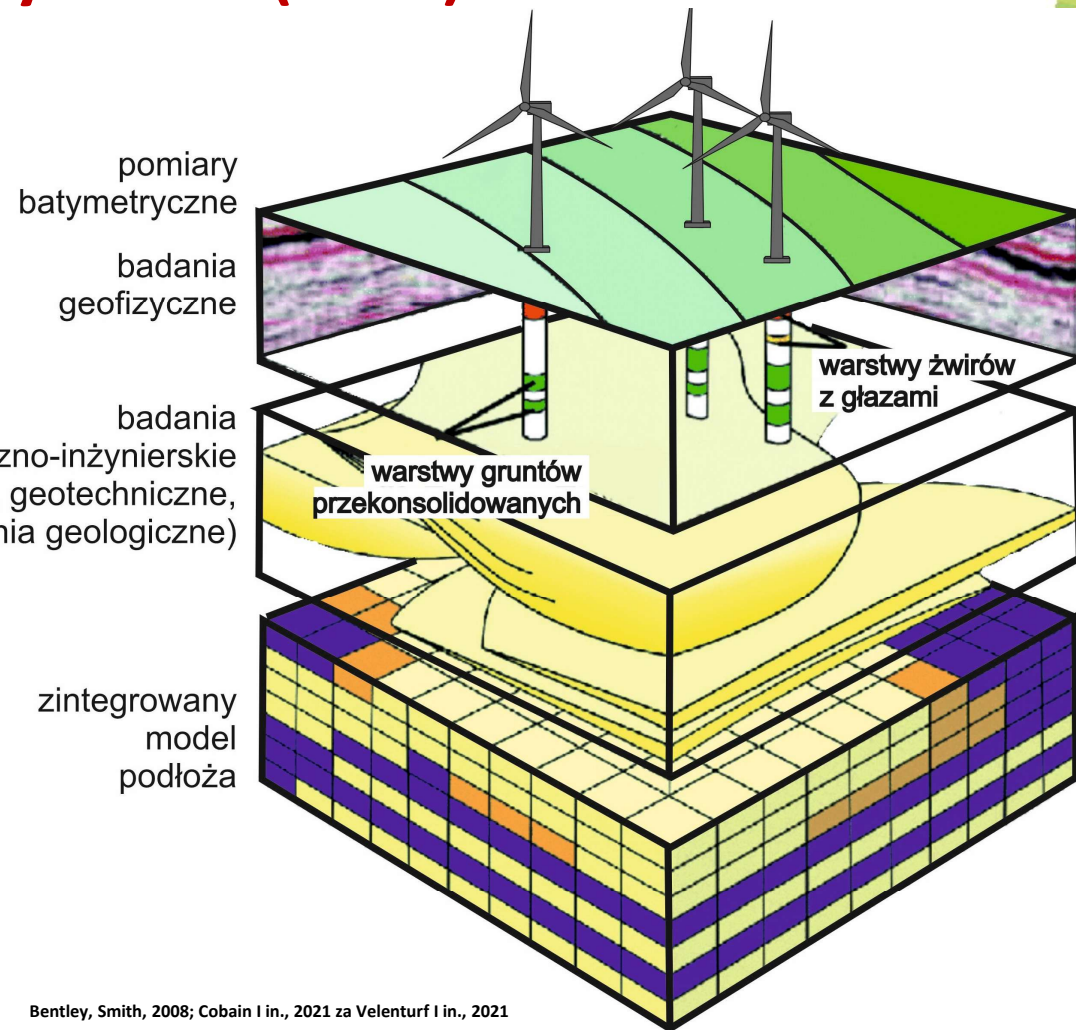
pgi.gov.pl



Finansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZA
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 6: Model geologiczno-inżynierski (EGM)

- Model podłoża oraz warunki geologiczno-inżynierskie określa się na podstawie **zintegrowanych danych** geofizycznych, geologicznych, geologiczno-inżynierskich, geotechnicznych oraz środowiskowych



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

Bentley, Smith, 2008; Cobain I in., 2021 za Velenturf I in., 2021



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 6: Warunki geologiczno-inżynierskie – opis i ocena

➤ WARUNKI GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE

- to zbiór cech budowy geologicznej, w szczególności **warunki geomorfologiczne, warunki strukturalne** (tektonika, warunki geodynamiczne), **warunki geologiczne** (sposób ułożenia i następstwo występowania skał i gruntów, ich wiek, geneza, litologia), **warunki hydrogeologiczne, właściwości fizyczno-mechaniczne** gruntów i skał, a także **zagrożenia**, konieczne do ustalenia na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych MFW i ZU

Czynniki geologiczno-inżynierskie	Ocena warunków geologiczno-inżynierskich		
	niekorzystne	średniokorzystne	korzystne
	Kryterium służące do oceny warunków geologiczno-inżynierskich		
Występowanie na obszarze MFW przeszkód antropogenicznych (wraki, UXO, inne)	Występuje	Nie występuje	Nie występuje
Występowanie na powierzchni dna przeszkód naturalnych (kamienie i głazy)	Występuje	Występuje	Nie występuje
Występowanie na powierzchni dna gruntów piaszczystych (warstwa I, II, IVa)	Występuje	Występuje	Nie występuje
Spadki dna lub występowanie zboczy	≥2%	≥2%	<2%
Występowanie w podłożu MFW rynien erozyjnych	Występuje	Nie występuje	Nie występuje
Występowanie w podłożu MFW warstw gruntów mogących zagrozić stateczności fundamentu (warstwa IIIa)	Występuje	Nie występuje	Nie występuje
Występowanie w podłożu MFW warstw gruntów utrudniających wprowadzanie fundamentu (warstwy ekstremalnie sztywne, przeszkody naturalne: kamienie i głazy)	Występuje	Nie występuje	Nie występuje
Występowanie w projektowanym poziomie posadowienia warstw zapewniających stateczność fundamentu (25 m p.p.d.)	Nie występuje	Nie występuje	Występuje



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl












Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 6: Warunki geologiczno-inżynierskie – opis i ocena

➤ WARUNKI GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE

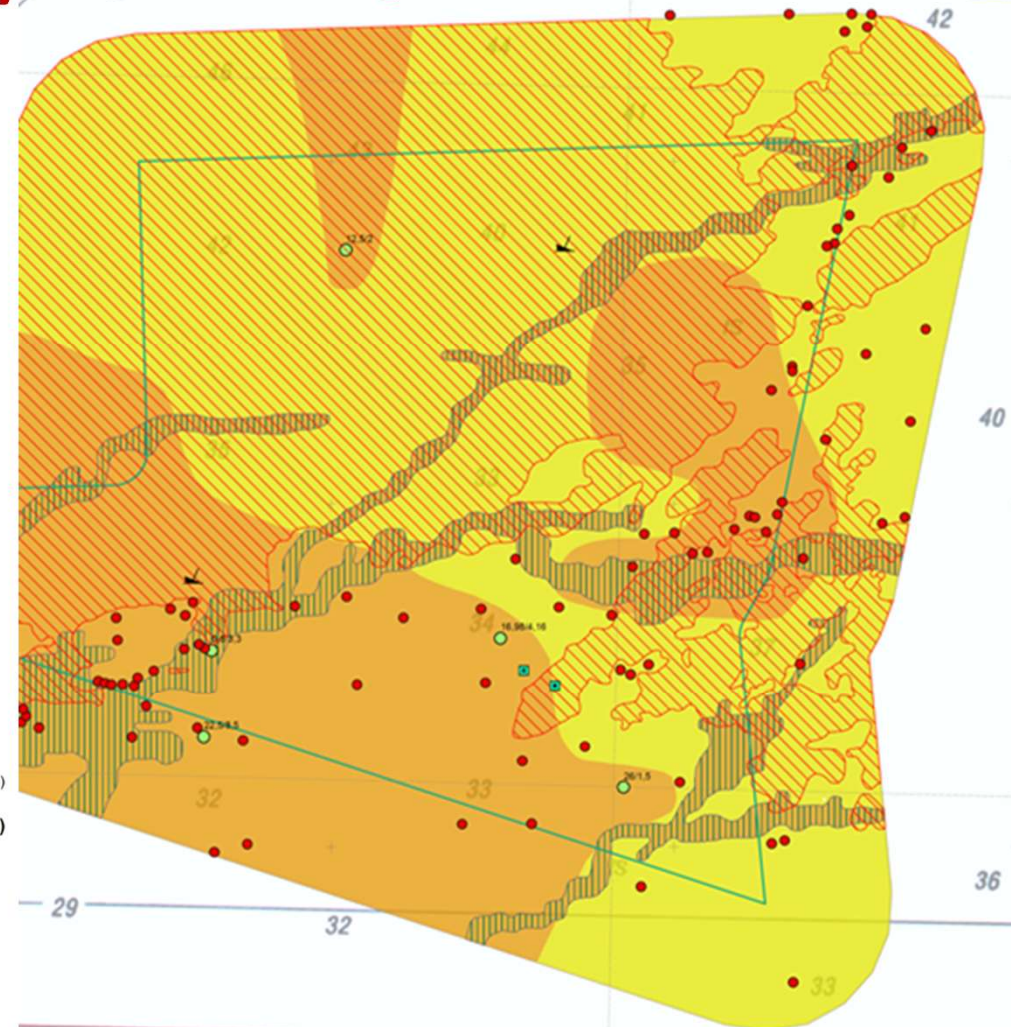
▪ Mapa geologiczno-inżynierska

OBJAŚNIENIA LEGEND

-  Wraki
Wrecks
-  Inne obiekty antropogeniczne
Other anthropogenic objects
-  Pojedyncze duże głazy
Single large boulders
-  Głębokość i miąższość warstwy kamieni w profilu otworu
Depth and thickness of the stone layer in the borhole profile
-  Obszar Baltica-3
Baltica-3 Area
-  Obszar Baltica-2
Baltica-2 Area
-  Obszar Morskiej Farmy Wiatrowej
Offshore Wind Farm Area
-  Obszar występowania kamienisk i pojedynczych dużych głazów
Area of occurrence of stone formations and single large boulders
-  Obszar występowania rynien erozyjnych (na podstawie modelu geofizycznego)
Area of occurrence of rills (based on a geophysical model)

Warunki geologiczno-inżynierskie (zgodnie z Tabelą 13 w rozdziale 11) Geological and engineering conditions (according to Table 13 in Chapter 11)

-  korzystne
favorable
-  średnikorzystne
medium favorable
-  niekorzystne
unfavorable



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 6: Przedstawianie wyników badań geologiczno-inżynierskich: DGI, DGIInna, dobre praktyki

- **Dokumentacja geologiczno-inżynierska** na potrzeby posadowienia morskiej farmy wiatrowej (**MFW**);
- **Dokumentacja geologiczno-inżynierska** na potrzeby posadowienia morskich turbin wiatrowych (**MTW**);
- **Dokumentacja geologiczno-inżynierska** na potrzeby posadowienia zespołu urządzeń służących do wyprowadzenia mocy (**ZU**)
- **Dokumentacja geologiczna inna** sporządzana w przypadku wykonywania prac geologicznych z zastosowaniem badań sejsmicznych w granicach obszarów morskich Rzeczypospolitej Polskiej w celu posadowienia morskich farm wiatrowych oraz zespołu urządzeń służących do wyprowadzenia mocy (**GEOFIZYKA**)



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Strona tytułowa
Część opisowa dokumentacji (§ 2 ust. 3 pkt 4, § 19 ust. 1, § 24 ust. 1 rozporządzenia DGI)
1. Kopia decyzji zatwierdzającej projekt robót geologicznych
2. Karta informacyjna dokumentacji geologiczno-inżynierskiej
3. Wstęp
4. Stopień osiągnięcia zamierzonego celu prac geologicznych
5. Lokalizacja i opis zagospodarowania dokumentowanego obszaru
5.1. Położenie geograficzne i administracyjne dokumentowanego obszaru
5.2. Zagospodarowanie dokumentowanego obszaru
5.3. Obiekty i obszary chronione
5.4. Strefy ochronne
5.5. Działalność górnicza
6. Informacje dotyczące projektowanej inwestycji
6.1. Wymagania techniczno-budowlane projektowanej inwestycji
6.2. Stopień skomplikowania warunków gruntowych dla części naziemnej projektowanej inwestycji
6.3. Kategoria geotechniczna projektowanej inwestycji
7. Wykonane badania i prace geologiczne w tym roboty geologiczne
7.1. Badania oraz prace i roboty geologiczne wykonane w ramach opracowań archiwalnych
7.2. Prace geodezyjne
7.3. Prace kartograficzne
7.4. Badania geofizyczne
7.4.1. (rodzaj badania geofizycznego)
7.5. Prace wiertnicze
7.5.1. Opis i oznaczanie gruntów i skał
7.5.2. Obserwacje poziomów wód podziemnych
7.6. Sondowania
7.6.1. (rodzaj sondowania)
7.7. Badania geochemiczne prób gruntów i wody
7.8. Badania laboratoryjne prób gruntów, skał
7.8.1. Opis i oznaczanie gruntów i skał
7.8.2. Klasyfikowanie gruntów i skał
7.8.3. (kolejny rodzaj badania laboratoryjnego)
8. Opis środowiska geologicznego
8.1. Geomorfologia
8.2. Warunki hydrologiczne
8.3. Budowa geologiczna
8.3.1. Procesy i zjawiska geologiczne, geologiczno-inżynierskie i geodynamiczne
8.3.2. Procesy i przekształcenia antropogeniczne
8.4. Warunki hydrogeologiczne
9. Charakterystyka wydzielonych zespołów gruntów i skał
10. Właściwości fizyczno-mechaniczne gruntów i skał
11. Warunki geologiczno-inżynierskie wraz ze wskazaniami dotyczącymi sposobów posadowienie i metod wzmocnienia oraz prognoza wpływu projektowanej inwestycji na środowisko gruntowo-wodne
12. Zalecenia dotyczące prowadzenia monitoringu projektowanego obiektu budowlanego
13. Przydatność badanego obszaru do realizacji inwestycji
14. Prognoza zmian w środowisku, które mogą powstać na skutek realizacji, funkcjonowania oraz likwidacji inwestycji
15. Podsumowanie

ROZDZIAŁ 6: Gromadzenie i archiwizowanie danych geologiczno-inżynierskich - AGS

- wymiana danych odbywa się poprzez otwarty format danych **AGS**
- inne otwarte formaty danych (np. DIGGS, Geotech IE) **nie są używane**
- format danych **AGS jest preferowany** ze względu używane przez projektantów **programy geotechniczne** (np. programy Bentley'a)
- AGS jest **standardem w środowisku badań pod morskie systemy energii odnawialnej**
- format danych AGS służy do wymiany **danych faktycznych**. Co do zasady, przedmiotem wymiany są **dane zaobserwowane, pomierzone oraz parametry wyprowadzone**
- pliki AGS to pliki tekstowe w formacie plików CSV z rozszerzeniem .ags, w kodowaniu ASCII
- **ryzyko utraty lub zafalszowania części informacji ze względu na brak obsługi polskich znaków diakrytycznych**
- ze względu na **międzynarodowe środowisko wykonawców badań podłoża pod morskie farmy wiatrowe, dane wytwarzane są w języku angielskim**

Electronic Transfer of
Geotechnical
and
Geoenvironmental Data

AGS4

Edition 4.1.1 – March 2022

Published by
Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists

 Association of Geotechnical &
Geoenvironmental Specialists

dokumentacja formatu AGS
<https://www.ags.org.uk/>



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZA
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 7: Podstawy formalno-prawne prowadzenia inwestycji

- **Bardzo skomplikowane podstawy prowadzenia procesu inwestycyjnego**
- **Wiele ustaw i aktów wykonawczych**
- **Wiele decyzji - wybrane decyzje i dokumenty wymagane w procesie inwestycyjnym budowy morskich farm wiatrowych oraz zespołu urządzeń służących do wyprowadzania mocy**

Decyzja wydająca pozwolenie na wznoszenie lub wykorzystanie sztucznych wysp konstrukcji i urządzeń w polskich obszarach morskich (PSZW)
Decyzja wydająca uzgodnienie lokalizacji układania kabli oraz sposobów ich utrzymania w wyłącznej strefie ekonomicznej
Decyzja wydająca pozwolenie na układanie i utrzymywanie kabli na obszarach morskich wód wewnętrznych i morza terytorialnego
Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach
Decyzja zatwierdzająca ekspertyzę nawigacyjną
Decyzja zatwierdzająca ekspertyzę techniczną w zakresie oceny wpływu morskiej farmy wiatrowej i zespołu urządzeń na polskie obszary morza A1 i A2 Morskiego Systemu Łączności w Niebezpieczeństwie i dla Zapewnienia Bezpieczeństwa (GMDSS) oraz na System Łączności Operacyjnej Morskiej Służby Poszukiwania i Ratownictwa
Decyzja zatwierdzająca ekspertyzę techniczną wpływu na Krajowy System Bezpieczeństwa Morskiego
Decyzja zatwierdzająca plan ratowniczy
Decyzja zatwierdzająca plan zwalczania zagrożeń i zanieczyszczeń
Decyzja zatwierdzająca ekspertyzę techniczną w zakresie oceny wpływu morskiej farmy wiatrowej i zespołu urządzeń na systemy obronności państwa, w tym na system zobrazowania radiolokacyjnego, obserwacji technicznej, morskiej łączności radiowej oraz system kontroli służb ruchu lotniczego Sił Zbrojnych RP
Decyzja zatwierdzająca ekspertyzę techniczną w zakresie oceny wpływu morskiej farmy wiatrowej i zespołu urządzeń na system zobrazowania radiolokacyjnego, obserwacji technicznej i morskiej łączności radiowej Straży Granicznej
Pozwolenie na budowę
Certyfikat zgodności projektowej
Decyzja o pozwoleniu na czasowe zajęcie morskich wód wewnętrznych lub morza terytorialnego
Przedłożenie ekspertyzy zgodności projektowej
Zawiadomienie o terminie rozpoczęcia robót budowlanych
Certyfikat dopuszczenia do eksploatacji
Certyfikat bezpieczeństwa eksploatacji
Przedłożenie ekspertyzy zgodności wykonawczej oraz oceny, analizy i raporty
Przedłożenie zgłoszenia przeszkody lotniczej
Decyzja o pozwoleniu na użytkowanie



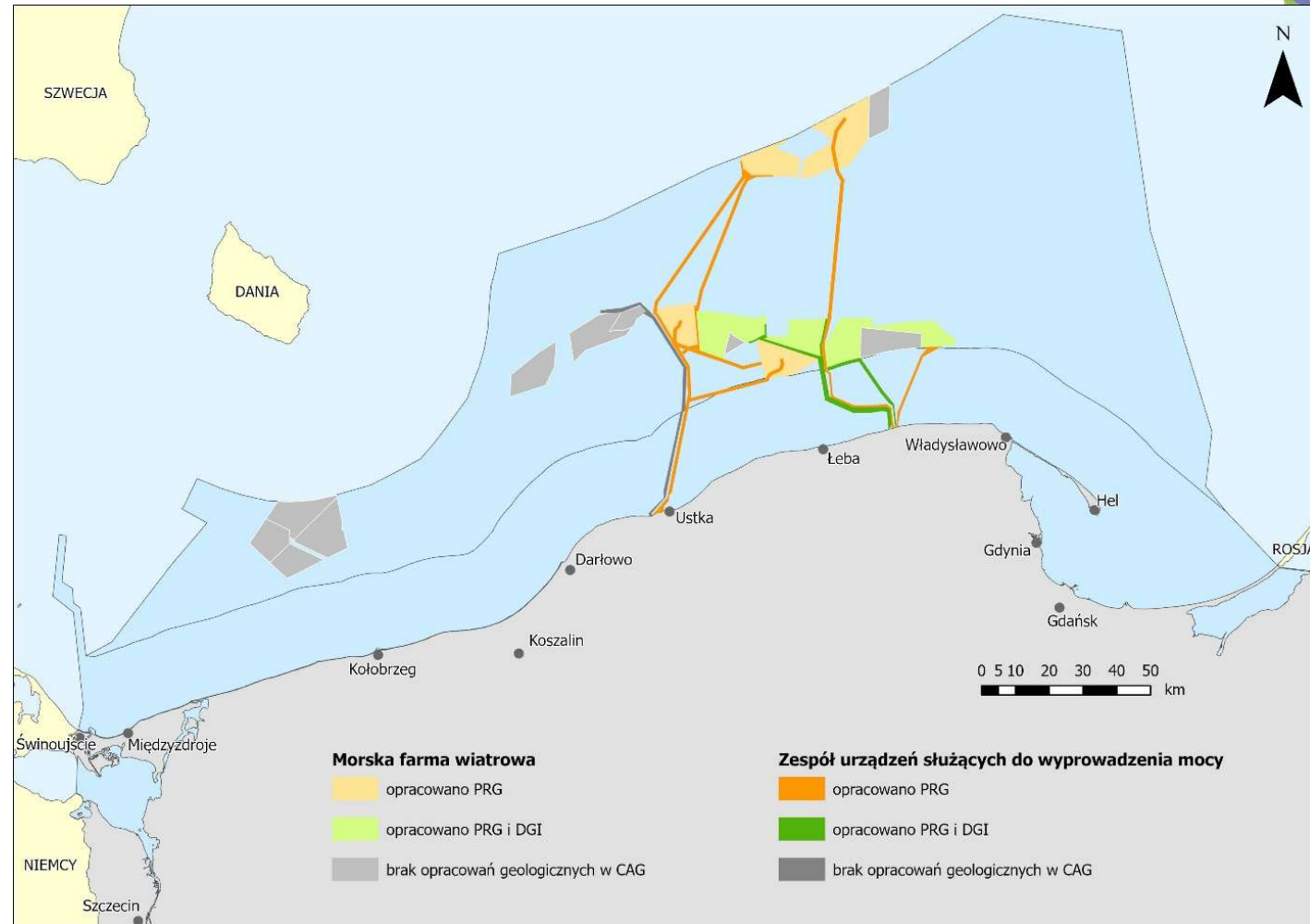
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



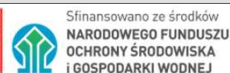
ROZDZIAŁ 8: Krajowe doświadczenia w sporządzaniu PRG i DGI

- W CAG zgromadzonych **70 dokumentów** na potrzeby posadowienia obiektów związanych z realizacją morskich farm wiatrowych w tym (stan na 30.06.2024):
 - **50 projektów robót geologicznych** wraz z dodatkami (w tym 30 dla obszarów morskich)
 - **20 dokumentacji geologiczno-inżynierskich** (w tym 10 dla obszarów morskich)
- **powstała synteza i dobre praktyki**



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZA
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

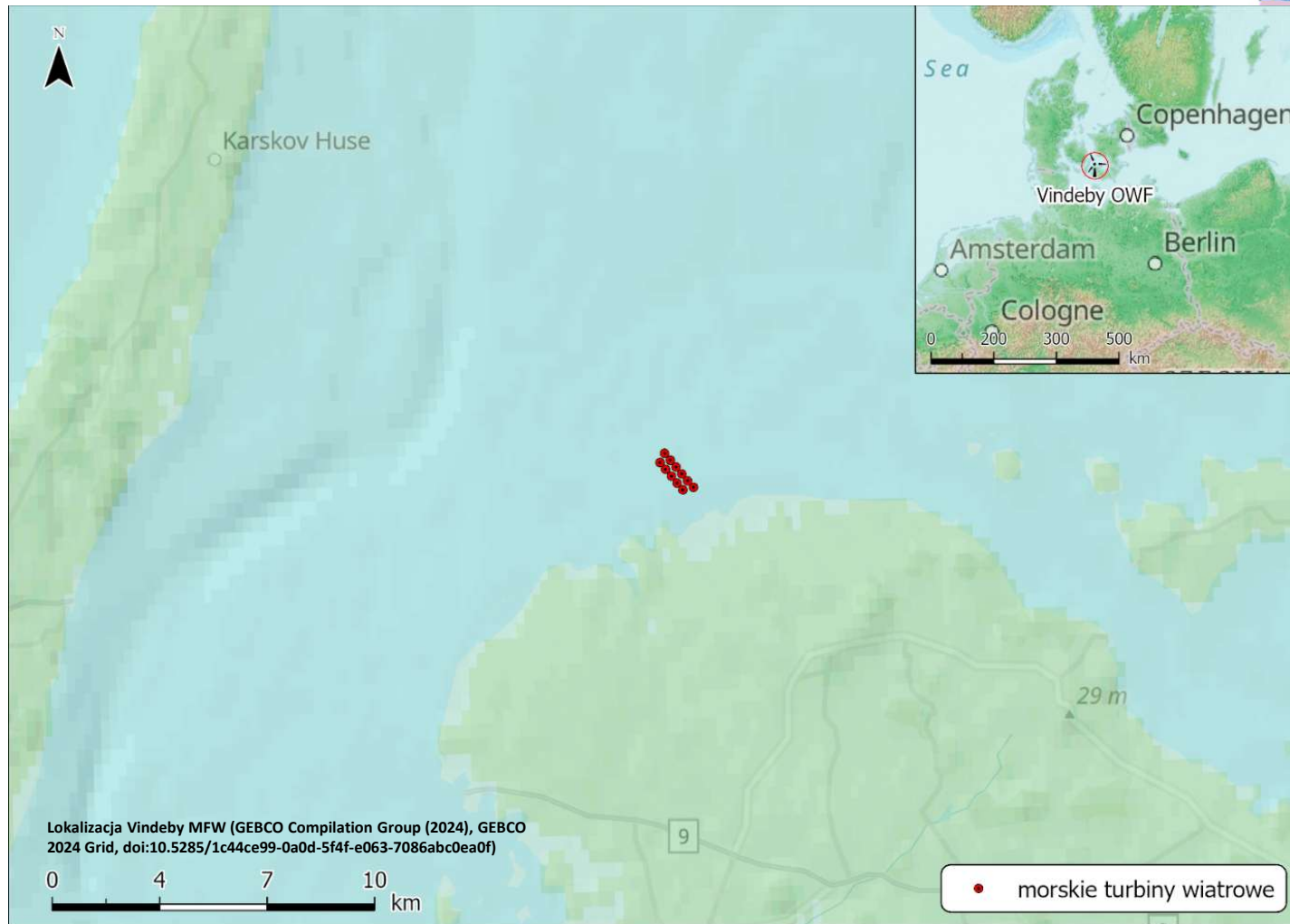
ROZDZIAŁ 9: Funkcjonujące i planowane MFW na świecie

- podano 5 przykładów MFW
- **Pierwsza farma na świecie** Vindeby MFW działała w latach 1991-2016
- w tym okresie zasilala w energie elektryczną **2200 gospodarstw domowych i wyprodukowała 243 GWh**
- w marcu 2017 roku podjęto **decyzję o likwidacji** elektrowni, ze względu na zły stan turbin i nieopłacalność naprawy (Power Technology, 2017)
- likwidację rozpoczęto w marcu 2017 i zakończono w maju 2017 roku (Dong Energy, 2017)



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

ROZDZIAŁ 10: Terminologia

- **Słownik terminów > 100**
- **Spis skrótów i symboli > 390**

10. Terminologia

10.1. Słownik terminów

BADANIA GEOFIZYCZNE – ogół czynności związanych z badaniem środowiska geologicznego za pomocą jakościowych i ilościowych metod fizycznych w celu poznania jego budowy oraz wyjaśnienia zachodzących w nim procesów. Pozwalają ocenić charakter, strukturę i parametry fizyczne, jakimi cechuje się środowisko geologiczne (Ostrowski, Pacanowski, Majer, Sokołowska (red.) i in., 2023).

BADANIA GEOLOGICZNE – wykonywanie terenowych i laboratoryjnych obserwacji, badań i pomiarów środowiska geologicznego; badania środowiska geologicznego wykonywane na potrzeby dokumentowania geologicznego. Szczególnym przypadkiem badań geologicznych są prace geologiczne, w tym roboty geologiczne (Majer, Sokołowska (red.) i in., 2023).

BADANIA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE – wykonywanie terenowych i laboratoryjnych obserwacji, badań i pomiarów środowiska geologiczno-inżynierskiego; badania środowiska geologiczno-inżynierskiego wykonywane na potrzeby dokumentowania geologiczno-inżynierskiego. Szczególnym przypadkiem badań geologiczno-inżynierskich są prace geologiczne, w tym roboty geologiczne (Wytyczne..., 2019 zmienione; Majer, Sokołowska (red.) i in., 2023).

BUDOWA – wykonywanie obiektu budowlanego w określonym miejscu, a także odbudowę, rozbudowę, nadbudowę obiektu budowlanego (Ustawa..., 1994).

BUDOWA GEOLOGICZNA – charakterystyczne cechy struktury przeznaczonej na obiekt podziemny oraz otaczającego górotworu, w tym m.in. sposób ułożenia i następstwo występowania skał i gruntów, ich litologiczno-petrograficzny charakter, wiek, geneza, a także szczelność geologiczna struktury oraz czynniki geodynamiczne, w tym tektonika i aktywność sejsmiczna (na podstawie Bażyński, Turek, 1969; Jaroszewski i in., 1985; Majer, Sokołowska (red.) i in., 2023).

CZYNNIKI LOKALIZACJI OBIEKTÓW BUDOWLANYCH/OBIEKTÓW PODZIEMNYCH – specyficzne uwarunkowania i cechy lokalizacji oraz jej otoczenia wykorzystywane do jej charakterystyki (syn. czynniki wyboru lokalizacji) (Majer, Sokołowska (red.) i in., 2023, zmienione).

DANE GEOLOGICZNE – wyniki bezpośrednich obserwacji i pomiarów uzyskanych w toku prowadzenia prac geologicznych (Ustawa..., 2011b).

DOKUMENT ELEKTRONICZNY – stanowiący odrębną całość znaczeniową, zbiór danych uporządkowanych w określonej strukturze wewnętrznej i zapisany na informatycznym nośniku danych (Ustawa..., 2005).

DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO (DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA) - dokument, stanowiący formę przedstawienia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych, który zawiera opis metodyki polowych i laboratoryjnych badań gruntów/skał, ich wyniki i interpretację, model geologiczny oraz zestawienie wyprowadzonych wartości danych geotechnicznych dla każdej warstwy (Majer, Sokołowska, 2023).

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNA INNA SPORZĄDZANA W PRZYPADKU WYKONYWANIA PRAC GEOLOGICZNYCH Z ZASTOSOWANIEM BADAŃ SEJSMICZNYCH W GRANICACH OBSZARÓW MORSKICH RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ W CELU POSADOWIENIA MORSKICH FARM WIATROWYCH ORAZ ZESPOŁU URZĄDZEŃ



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



ROZDZIAŁ 11: Spis wykorzystanych

- Akty prawne - **68**
- Normy - **47**
- Literatura - **299**
- Strony internetowe - **65**

Regulations of the IHO for international (INT) charts and chart specifications of the IHO. SECTION 200. International Hydrographic Organization, Published by the International Hydrographic Bureau, Monaco. Edition 4.5.0 - October 2014.

11.3. Literatura

ABADIE C. N., BEUCKLAERS W. J. A. P., BYRNE B., HOULSBY G. T., BURD H. J. McADAM R., 2023 - Modeling lifetime performance of monopole foundations for offshore wind applications Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 149, no. 8, 1-21.

ANDERSEN K. H., 2009 - Bearing capacity under cyclic loading – offshore, along the coast, and on land. The 21st Bjerrum Lecture presented in Oslo, 23 November 2007, Canadian Geotechnical Journal, vol. 46, no. 5, 513-535.

ANDERSEN K. H., ENGIN H K., D'IGNIZIO M., YANG S., 2023 - Determination of cyclic soil parameters for offshore design from an existing data base. Ocean Engineering, vol. 267, 1-15.

ANDERSEN K. H., LUNNE T., KVALSTAD T. J., FORSBERG C. F., 2008 - Deep Water Geotechnical Engineering. Proc. XXIV Nat. Conf. of the Mexican Soc. of Soil Mechanics, 26-29, Aguascalientes, Meksyk.

ANDERSEN K. H., PUECH A. A., JARDINE R. J., 2013 - Cyclic resistant geotechnical design and parameter selection for offshore engineering and other applications. Proceedings of TC 209 Workshop 18th ICSMGE Paris, 9-44.

ANDERSEN K.H., 2015 - Cyclic soil parameters for offshore foundation design. The Third ISSMGE McClelland Lecture, Frontiers in Offshore Geotechnics III - Meyer (Ed.) 1- 82.

ANDERSEN K.H., KLEVEN A., HEIEN D., 1988 - Cyclic soil data for design of gravity structures. Journal Geotechnical Engineering, vol. 114, no. 5, 517-539.

ANDERSEN K.H., LAURITSEN, R., 1988 - Bearing capacity for foundations with cyclic loads. Journal of Geotechnical Engineering, vol. 114, no. 5, pp 540-555.

ARDUS D. A. [red.], CLARE D. [red.], HILL A. [red.], 2014 - Offshore Site Investigation and Foundation Behaviour: Papers presented at a conference organized by the Society for Underwater Technology and held in London, UK, September 22-24, 1992. Springer, Berlin, Niemcy.

BAŁACHOWSKI L., 2005 - Oszacowanie kąta tarcia wewnętrznego piasków morskich na podstawie sondowań statycznych CPTU. Inżynieria Morska i Geotechnika nr 6/2005, Gdańsk.

BARLA M. [red.], DI DONNA A. [red.], STERPI D. [red.], 2021 - Challenges and Innovations in Geomechanics: Proceedings of the 16th International Conference of IACMAG - Volume 1. Springer, Berlin, Niemcy.

BARLA M. [red.], DI DONNA A. [red.], STERPI D. [red.], 2021 - Challenges and Innovations in Geomechanics: Proceedings of the 16th International Conference of IACMAG - Volume 2. Springer, Berlin, Niemcy.

BARLA M. [red.], DI DONNA A. [red.], STERPI D. [red.], Insana A., 2022 - Challenges and Innovations in Geomechanics. Proceedings of the 16th International Conference of IACMAG - Volume 3. Springer, Berlin, Niemcy.

BASIŃSKI T, PRUSZAK Z., TARNOWSKA M., ZAJDLER R., 1993 - Ochrona brzegów morskich, Instytut Budownictwa Wodnego PAN, Gdańsk.



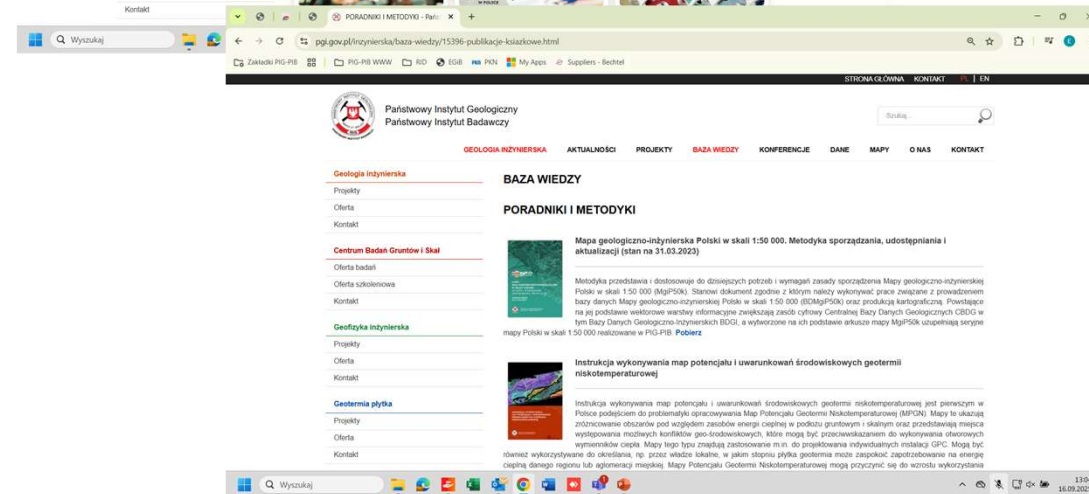
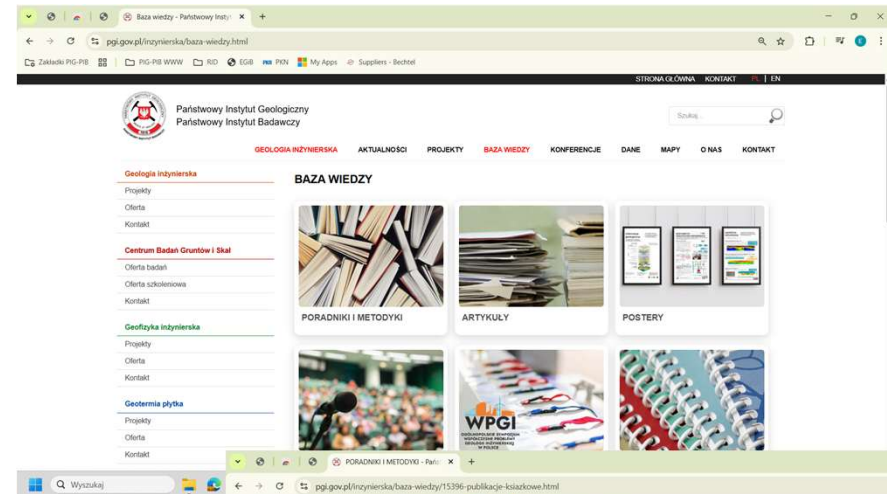
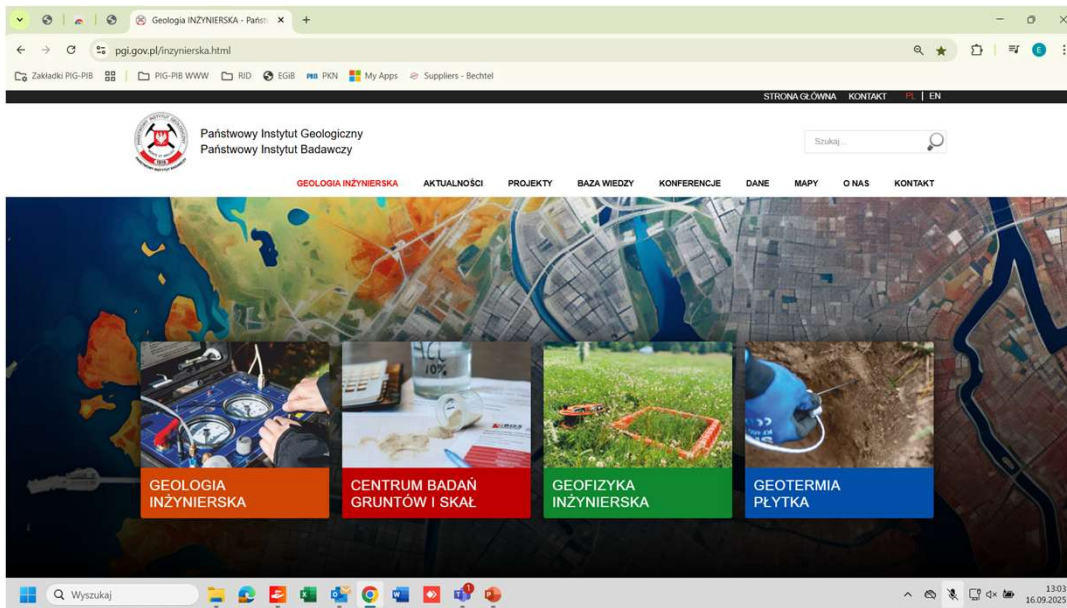
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



PORADNIK: Morskie Farmy Wiatrowe, UDOSTĘPNIANIE

inzynierska.pgi.gov.pl zakładka BAZA WIEDZY



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

MONOGRAFIE, PORADNIKI, METODYKI, INSTRUKCJE: DOSTĘP



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZA
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

DZIĘKUJEMY

emaj@pgi.gov.pl
mmad@pgi.gov.pl
msoko@pgi.gov.pl



© PGI-PIB, Warszawa 2025



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

