

Obiekty budownictwa energetycznego w świetle nadchodzących Eurokodów drugiej generacji



mgr inż.
WITOLD BOGUSZ
Delegat Polski do GEN TC250/SC7
„Evolution of Eurocode 7”
Instytut Techniki Budowlanej
ORCID: 0000-0002-6266-342X

Budownictwo w sektorze energetycznym często związane jest ze znacznie większymi potencjalnymi konsekwencjami zniszczenia i potrzebą zachowania użyteczności obiektów. W artykule przedstawiono i omówiono nadchodzące zmiany w drugiej generacji europejskich norm dotyczących projektowania konstrukcji (Eurokodów).

Budownictwo w sektorze energetycznym charakteryzuje się większym zróżnicowaniem niż w przypadku typowych obiektów. Istotnym elementem odróżniającym te konstrukcje od typowego budownictwa jest kwestia konsekwencji ewentualnego ich zniszczenia. Z tego względu projektowanie i realizacja inwestycji w tym sektorze wymaga często indywidualnego podejścia oraz zróżnicowania wymagań projektowych w zakresie zarówno niezawodności, jak i kontroli jakości. Naprzeciw tej specyficy wychodzą obecnie wprowadzane zmiany w normach europejskich dotyczących projektowania konstrukcji (Eurokody).

Nowa generacja Eurokodów jeszcze mocniej podkreśla konieczność zróżnicowania podstawowych wymagań odnośnie do niezawodności i użyteczności obiektów, w zależności od ich przeznaczenia, stopnia skomplikowania, jak i klas konsekwencji zniszczenia. Jednym z najważniejszych elementów wprowadzanych zmian będzie system zarządzania jakością oraz ryzykiem, mający na celu zróżnicowanie wymagań dotyczących różnych

aspektów projektowania konstrukcji i projektowania geotechnicznego.

Artykuł przedstawia najważniejsze zmiany planowane w drugiej generacji Eurokodów w kontekście specyfiki budownictwa energetycznego.

Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji i projektowania geotechnicznego

Dotychczasowa norma PN-EN 1990 [2] zmieni swoją nazwę na Podstawy projektowania konstrukcji i projektowania geotechnicznego. Ma to związek z ujednoczeniem wielu zagadnień związanych z różnymi aspektami projektowania obiektów budowlanych. Choć główna treść normy zasadniczo nie ulega znacznej modyfikacji, istotne zmiany można zauważyć już w załączniku A projektu normy prEN 1990 [4]. Będzie on zawierał odmienne zasady stosowania dla różnych typów obiektów:

- budynków;
- mostów;
- wież, masztów i kominów;

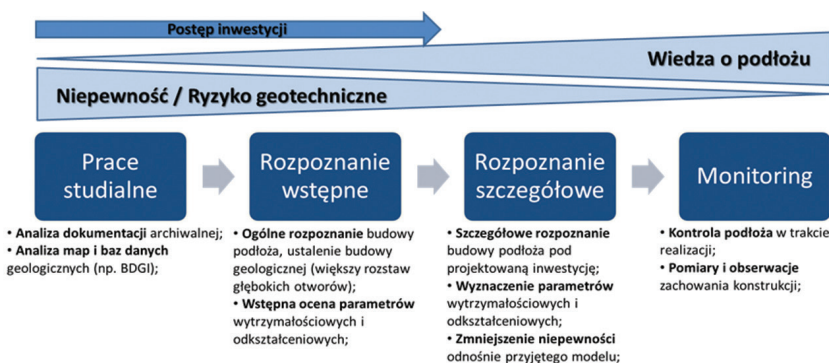
- silosów i zbiorników;
- konstrukcji wsporczych dźwigów;
- budowli morskich.

Na obecnym etapie projekt normy prEN 1990 [4] uwzględni jedynie zasady dla budynków. W tab. 1. przedstawiono proponowane wartości współczynników częściowych dla różnych kombinacji obliczeniowych (DC) w zależności od analizowanego zagadnienia. Ich wartości mogą podlegać modyfikacji przez współczynnik konsekwencji K_f , którego wartość zależy od przyjętej klasy konsekwencji zniszczenia (tab. 2.), a który ma służyć różnicowaniu poziomu niezawodności projektowanych obiektów. Istotną zmianą w prEN 1990 [4] w stosunku do PN-EN 1990 [2] jest wydzielenie pięciu klas konsekwencji (CC0-CC4), a także podniesienie ich rangi z poziomu informacyjnego do normatywnego. Eurokody swoim zakresem zasadniczo będą obejmowały tylko klasy CC1-CC3.

Kolejną istotną zmianą, również związaną ze zróżnicowaniem poziomu niezawodności, jest przyjęcie tzw. systemu zarządzania jakością. W tab. 3. przedstawiono przykład zróżnicowania poziomów projektowania, weryfikacji, nadzoru, inspekcji i utrzymania w zależności od przyjętego poziomu odpowiedzialności (klasa konsekwencji zniszczenia) danego obiektu. Zasadniczo projekty nowych norm (prEN 1990 [4] oraz prEN 1997 [5]) podają tylko ogólne zalecenia w tej kwestii. Szczegółowy zakres zróżnicowania powinien być ustalony na szczeblu krajowym lub na podstawie specyfikacji inwestora.

Norma prEN 1990 [4] odnosi się również do kryteriów użyteczności dla projektowanych obiektów. Szczególnie w kontekście ich współpracy z podłożem wprowadzono pojęcie klas wrażliwości konstrukcji (SSC), dla których przykładowe kryteria podane są w tab. 4. Natomiast w tab. 5. przedstawione są przykłady typowych

Rysunki arch. autora



Rys.1. Schemat podsumowujący fazy procesu projektowego geotechnicznego (interpretacja własna)

Tab. 1. Współczynniki częściowe do oddziaływań oraz ich efektów dla podstawowych sytuacji obliczeniowych, na podstawie prEN 1990 [4]

Oddziaływania lub ich efekty				Współczynnik częściowy dla przypadku obliczeniowego γ_F				
Typ	Grupa	Symbol	Efekt oddziaływania	Nośność konstrukcji	Stateczność ogólna i wypór		Projektowanie geotechniczne	
				DC1	DC2(a)	DC2(b)	DC3	DC4
Oddziaływania stałe G_k	Wszystkie (bez wody)	γ_G	Niekorzystne, destabilizujące	1,35 K_F	1,35 K_F	1,00	1,00	-
	Woda	$\gamma_{G,w}$		1,20 K_F	1,20 K_F	1,00	1,00	
	Wszystkie (bez wody)	$\gamma_{G,stb}$	stabilizujące	-	1,15	1,0	-	
	Woda	$\gamma_{G,w,stb}$			1,0	1,0		
	Wszystkie	$\gamma_{G,fav}$	korzystne	1,00	1,00	1,00	1,00	
Sprężanie P_k			Zależne od materiału					
Oddziaływania zmienne Q_k	Wszystkie (bez wody)	γ_Q	niekorzystne	1,50 K_F	1,50 K_F	1,50 K_F	1,30	γ_Q / γ_G
	Woda	$\gamma_{Q,w}$		1,35 K_F	1,35 K_F	1,35 K_F	1,15	1,00
	Wszystkie	$\gamma_{Q,fav}$	korzystne	0				
Efekty oddziaływania E		γ_E	niekorzystne	Niestosowane				1,35 K_F
		$\gamma_{E,fav}$	korzystne					1,00

konstrukcji wraz z przypisanymi im klasami. Podział ten oparty jest na jakościowej ocenie wpływu przemieszczeń na warunki użytkowania obiektów i dla nietypowych konstrukcji, np. w zakresie budownictwa energetycznego, będzie wymagał indywidualnej klasyfikacji.

O ile kwestia klasyfikacji konstrukcji do klas wrażliwości powinna leżeć w gestii projektanta czy specyfikacji branżowych, klasy konsekwencji powinny być ustalane indywidualnie dla każdego projektu przez inwestora.

Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne

Obecny Eurokod 7 [3] znacznie odbiega swoją specyfiką od pozostałych Eurokodów konstrukcyjnych. Wprowadzane w nim modyfikacje mają na celu zmianę tego stanu rzeczy, przybliżając konstruktorom projektowanie geotechniczne. Zakres wprowadzanych zmian jest zbyt szeroki, aby omówić go w tym artykule. Elementami wartymi wspomnienia

Tab. 2. Zróżnicowanie klas konsekwencji zniszczenia z odniesieniem do przykładów z sektora energetycznego (podsumowanie zapisów prEN 1990 [4])

Klasa konsekwencji, opis		Zagrożenie życia ludzkiego	Konsekwencje ekonomiczne, społeczne, środowiskowe	Przykłady obiektów budownictwa energetycznego	Współczynnik K_F
CC4	Najwyższa	Ekstremalne	Ogromne	Poza zakresem Eurokodów (np. obiekty energetyki jądrowej)	
CC3	Wysoka	Wysokie	Bardzo duże	Elementy infrastruktury krytycznej – Obiekty główne elektrowni konwencjon.; – Sieci przesyłowe ≥ 200 kV;	1,10
CC2	Normalna	Średnie	Znaczące	Typowe obiekty niebędące istotnymi elementami infrastruktury krytycznej	1,00
CC1	Niska	Niskie	Małe	Obiekty o niskim znaczeniu – Obiekty pomocnicze bez znaczenia dla działania systemu energetycznego; – Sieci przesyłowe < 1 kV;	0,90
CC0	Najniższa	Bardzo niskie	Nieistotne	Poza zakresem Eurokodów (np. elementy niekonstrukcyjne)	

Tab. 3. Przykład zróżnicowania poziomów w systemie zarządzania jakością [1]

Klasa konsekwencji	Projektowanie i weryfikacja	Nadzór na budowie i inspekcja	Utrzymanie
CC4	Indywidualne wymagania, wyższe niż dla CC3		
CC3	– Przez wykwalifikowanego inżyniera; – Na podstawie danych dla konkretnej lokalizacji; – Ocena ilościowa parametrów geotechnicznych; – Niezależna weryfikacja przez stronę trzecią; – Szczegółowa i niezależna ocena istotnych założeń projektowych oraz przewidywanego zachowania konstrukcji;	– Ciągły nadzór przez wykwalifikowanego inżyniera; – Kontrola oparta na wynikach prowadzonych pomiarów; – Niezależna i rozszerzona inspekcja przez stronę trzecią;	– Szczegółowy program utrzymania i kontroli; – Ciągłe utrzymanie;
CC2	– Przez wykwalifikowanego inżyniera; – Jakościowa ocena parametrów geotechnicznych; – Niezależna weryfikacja; – Szczegółowa ocena istotnych założeń projektowych oraz przewidywanego zachowania konstrukcji;	– Nieciągły nadzór przez wykwalifikowanego inżyniera; – Niezależna inspekcja;	– Okresowa inspekcja przez wykwalifikowanego inżyniera; – Ograniczony monitoring obiektu; – Rutynowe utrzymanie;
CC1	– Projekt oparty na uproszczonych zasadach projektowania; – Samodzielna weryfikacja przez projektanta;	– Nieformalny nadzór; – Samodzielna inspekcja;	– Coroczna inspekcja przez wykwalifikowanego inżyniera; – Utrzymanie ograniczone do niezbędnych napraw;
CC0	– Brak indywidualnego projektu – Brak weryfikacji	– Brak nadzoru – Brak inspekcji	Brak inspekcji lub inspekcja prowadzona przez niewykwalifikowany personel

Tab. 4. Kryteria użyteczności dla przemieszczeń fundamentów według prEN 1990 [4]

Klasa wrażliwości konstrukcji	Opis wrażliwości	Kryteria użyteczności C_d		
		Maksymalne osiadanie s_{Cd}	Maksymalne przemieszczenie kątowe β_{Cd}	Maksymalne przechylenie ω_{Cd}
SSC5	Najwyższa	10 mm	0,05%	0,1%
SSC4	Wysoka	15 mm	0,075%	0,2%
SSC3	Normalna	30 mm	0,15%	0,3%
SSC2	Niższa	60 mm	0,3%	0,4%
SSC1	Najniższa	100 mm	0,5%	0,5%

Tab. 5. Przykłady klas wrażliwości konstrukcji dla różnych typów obiektów w prEN 1990 [4]

Kryteria użyteczności C_d	Typ obiektu	Klasa wrażliwości konstrukcji
Osiadanie s_{Cd}	Przyłącza instalacji	SSC1
	Fundamenty mostów	SSC2
Przemieszczenie kątowe β_{Cd}	Budynki o konstrukcji ramowej; zbrojone ściany nośne; zbiorniki stalowe; tory podsuwnicowe	SSC3
	Płyty	SSC1
	Maszyny (zakres) Maszyny (typowe)	SSC2 – SSC5 SSC3
Przechylenie ω_{Cd}	Wieże, budynki wysokie; wysokość: $H < 24$ m $24 \text{ m} \leq H < 60$ m $60 \text{ m} \leq H < 100$ m $100 \text{ m} < H$	SSC2 SSC3 SSC4 SSC5
	Działanie wiatrów i schodów ruchomych	SSC5

są jednak pozostawione kategorie geotechniczne, które zostaną uzależnione (tab. 6.) od przyjmowanych klas konsekwencji i od tzw. klasy złożoności warunków geotechnicznych (GCC). W odniesieniu do samego projektowania zwiększa się nacisk na zachowanie transparentności tego procesu, jego dokumentowanie i prowadzenie go fazami. Ma to szczególne znaczenie w kontekście projektowania rozpoznania geotechnicznego (rys. 1.).

Podsumowanie i wnioski

Obecnie prowadzona ewolucja Eurokodów powinna zakończyć się przekazaniem gotowego zestawu większości norm z tego zakresu do komitetów krajowych już w 2023 r. Następnie, po około roku, gdy zostaną opracowane niezbędne załączniki krajowe, w 2024 r., oficjalnie rozpocznie się proces wdrażania drugiej generacji Eurokodów. Planowany okres ich stosowania to lata 2025–2045. Wprowadzane zmiany będą stanowiły istotną ewolucję w zakresie nie-

których aspektów projektowania konstrukcji i projektowania geotechnicznego. Nowy Eurokod wprowadzi w metodologii projektowania zmiany mające na celu uproszczenie obecnych norm oraz zwiększenie transparentności samego procesu projektowego.

Jednakże w wielu wypadkach nie będzie to żadna rewolucja, a tylko aktualizacja normy do obecnych standardów projektowania stosowanych w Europie. Dotyczy to między innymi konieczności posługiwania się klasami konsekwencji zniszczenia i różnicowania poziomu niezawodności w odniesieniu do tych klas. Zostanie to osiągnięte nie tylko przez modyfikację częściowych współczynników bezpieczeństwa, ale także przez zróżnicowanie poziomów nadzoru nad projektowaniem i realizacją. Są to aspekty szczególnie istotne w kontekście budownictwa energetycznego, gdzie konsekwencje pośrednie (np. awaria systemu przesyłu mocy) często dominują nad konsekwencjami bezpośrednimi (np. koszt wymiany uszkodzonego elementu).

Tab. 6. Kategoria geotechniczna w zależności od klasy konsekwencji oraz złożoności warunków geotechnicznych [5]

Klasa konsekwencji (CC)	Klasa złożoności warunków geotechnicznych (GCC)		
	Niższa (GCC1)	Normalna (GCC2)	Wyższa (GCC3)
Wysoka (CC3)	GC2	GC3	GC3
Normalna (CC2)	GC2	GC2	GC3
Niska (CC1)	GC1	GC2	GC2

Literatura:

- [1] Bogusz W., Godlewski T., Philosophy of geotechnical design in civil engineering – possibilities and risks, "Bull. Pol. Acad. of Sci. – Tech. Sci.", Vol. 67, No. 2, 289–306, 2019.
 [2] PN-EN 1990: 2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji.
 [3] PN-EN 1997: 2008 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne.
 [4] prEN 1990: 2019 Eurocode: Basis of structural and geotechnical design (draft 09-2019).
 [5] prEN 1997-1: 202x Eurocode 7: Geotechnical design – part 1: General rules (draft 10-2019).

DOI: 10.5604/01.3001.0013.8792

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Bogusz Witold, 2020, Obiekty budownictwa energetycznego w świetle nadchodzących Eurokodów drugiej generacji. "Builder" 04 (273). DOI: 10.5604/01.3001.0013.8792

Streszczenie: Budownictwo w sektorze energetycznym często związane jest ze znacznie większymi potencjalnymi konsekwencjami zniszczenia i potrzebą zachowania użyteczności obiektów. Wynika to z potrzeby zapewnienia niezawodności systemu, a nie tylko jego poszczególnych elementów. W tym kontekście przedstawiono i omówiono nadchodzące zmiany w drugiej generacji europejskich norm dotyczących projektowania konstrukcji (Eurokodów). Najważniejsza ze zmian, wprowadzenie zróżnicowania poziomu niezawodności, została omówiona w kontekście jej wpływu na projektowanie z wykorzystaniem współczynników częściowych i zaproponowanego systemu zarządzania jakością. Na koniec omówiono niektóre ze zmian w normie Eurokod 7 Projektowanie geotechniczne, gdyż ta norma została poddana największym modyfikacjom.

Słowa kluczowe: normalizacja, Eurokody, podstawy projektowania, zarządzanie jakością

Abstract: Electric power industry structures in light of upcoming 2nd generation of Eurocodes

Civil engineering in the power industry is often associated with much higher potential consequences of failure as well as the need for maintaining serviceability. It stems from the need of ensuring the reliability for the system rather than only its parts. In this context, upcoming changes in the second generation of European structural design codes (Eurocodes) are presented and discussed. The most important one, reliability differentiation, is discussed in the context of its impact on the design using partial factors as well as the implementation of the quality management system. In the end, some additional changes in Eurocode 7 "Geotechnical design" are discussed, as this standard is undergoing the most significant evolution.

Key words: normalization, Eurocodes, basis of design, quality management