

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 60, 2013: 222–235  
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 60, 2013)  
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 60, 2013: 222–235  
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 60, 2013)

**Bolesław KŁOSIŃSKI**

Institut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie  
Road and Bridge National Institute, Warsaw

## Ocena i przyszłość Eurokodu 7 „Projektowanie geotechniczne”

### Evaluation and future of the Eurocode 7 – Geotechnical design

**Słowa kluczowe:** fundamenty, badania podłoża, Eurokod 7, projektowanie geotechniczne  
**Key words:** foundations, ground investigation, Eurocode 7, geotechnical design

#### Wprowadzenie

Historia eurokodów sięga 1975 roku, kiedy Komisja Wspólnoty Europejskiej ustaliła program działań, którego celem było usunięcie przeszkód technicznych w handlu i harmonizacja specyfikacji technicznych w budownictwie, m.in. przez utworzenie zbioru norm projektowania konstrukcji, tzw. eurokodów (EC). W 1981 roku powołano zespół autorski Eurocode 7 Group (Frank 2007). Pierwsza wersja Eurokodu 7 „Projektowanie geotechniczne” powstała w 1990 roku. Dalsze prace trwały pod opieką Europejskiego Komitetu Normalizacji CEN i Komitetu CEN/TC 250 „Structural Eurocodes”. W 1994 roku opublikowano tzw. prenormę ENV 1997-1 „Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady

ogólne”. Komitet TC 250 uznał stanowisko Podkomitetu SC7, że projektowanie geotechniczne jest specyficzne i różni się znacznie w poszczególnych krajach. Eurokod 7-1 powinien zatem zawierać tylko podstawowe zasady, natomiast szczegóły powinny regulować zharmonizowane normy krajowe. Dalsze prace doprowadziły do przekształcenia wersji ENV w EN 1997-1:2004, jak też do opublikowania w 2007 roku EN 1997-2 „Część 2: Rozpoznanie i badania podłoża gruntowego”.

Polskie eurokody geotechniczne PN-EN 1997-1:2008 i -2:2009 „Projektowanie geotechniczne” należą od kwietnia 2010 roku do zbioru norm polskich. PKN opublikował erraty do PN-EN 1997-1 (aż 22 strony!) i do 1997-2. Są do pobrania na stronie [www.pkn.pl](http://www.pkn.pl). Oburzające jest jednak, że PKN sprzedaje (wcale nie tanio) normy bez naniesienia poprawek, które trzeba wprowadzać samemu!

W 2010 roku ustanowiono Załącznik krajowy EC7-1 (jest dostępny do pobra-

nia ze strony internetowej PKN), przez co w zasadzie stworzono warunki umożliwiające stosowanie Eurokodu 7 w praktyce projektowej. W Polsce normy nie są dokumentami obligatoryjnymi, a status prawny eurokodów budzi wątpliwości. Jednak stosowanie Eurokodu 7 zaleca Rozporządzenie MTBiGM (2012).

Zadaniem Załącznika krajowego (ZK) jest m.in. wskazanie decyzji dotyczących tzw. wartości określanych krajowo (NDP). Stwarza to możliwość podania specyficznych wymagań, na przykład odesłania do norm krajowych w sprawach nieuregulowanych przez eurokod. Polski ZK wykorzystał tę możliwość w małym stopniu. Każdy kraj może uzupełnić Eurokod 7 normami krajowymi, aby sprecyzować na przykład stosowane modele obliczeniowe. Jednakże normy te powinny przestrzegać wszystkich zasad Eurokodu 7.

Od kwietnia 2010 roku „eurokody budowlane” są podstawowymi normami projektowania budowli. Eurokody określają zasady projektowania budynków i budowli inżynierskich. Jednak uznaje się w nich odpowiedzialność władz administracyjnych każdego z państw członkowskich i zastrzega, że władze te mają prawo do ustalania wartości związanych z zachowaniem krajowego poziomu bezpieczeństwa konstrukcji. Jako podstawę przyjęto w eurokodach projektowanie metodą stanów granicznych, w połączeniu ze stosowaniem częściowych współczynników bezpieczeństwa. Metoda ta jest dobrze znana w Polsce – stosuje się ją już od lat 70. ubiegłego wieku. Jednak w ujęciu eurokodów występują spore różnice i komplikacje w praktycznym stosowaniu. W eurokodach podano wspólną regulację dopowszechno-

ego stosowania przy projektowaniu całości konstrukcji i ich części składowych oraz wyrobów zarówno tradycyjnych, jak i nowatorskich. Jednak nie uwzględniają one odmiennych od zwykłych rodzajów konstrukcji lub warunków zadanych w projekcie – w takich przypadkach wymaga się na przykład dodatkowych analiz lub opinii eksperta.

Zbiór norm z dziedziny geotechniki stanowi znaczący fragment normalizacji europejskiej. Projekty konstrukcji geotechnicznych wykonuje się zgodnie z zasadami PN-EN 1997. Uzupełniają ją: grupa norm badań gruntów ISO i EN-ISO oraz instrukcje CEN/TC 341, jak też grupa 13 norm PN EN „Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych”. Informacje na temat fundamentowych norm europejskich oraz ich wdrażania w Polsce zawiera Poradnik ITB (Wysokiński i in. 2011) oraz liczne publikacje (Mitew-Czajewska i Siemińska-Lewandowska 2005, Frank 2007, Wysokiński 2008, 2009, 2012, Garbulewski 2009, Godlewski 2009, Stilger-Szydło 2009, Kłosiński i Rychlewski 2009, Kłosiński 2010, 2013, Batog i Stilger-Szydło 2010, Szydło i Stilger-Szydło 2010, Puła 2011, Batog i Hawrysz 2012).

## **Charakterystyka normy PN-EN 1997**

Norma PN-EN 1997 podaje ogólne zasady projektowania geotechnicznego: obliczania oddziaływań geotechnicznych na konstrukcje (budynki i budowle inżynierskie) oraz projektowania elementów konstrukcji stykających się z gruntem (fundamentów bezpośrednich, pali, ścian podziemi itp.). Szczegółowe zasady pro-

jektowania lub modele obliczeniowe, tj. konkretne wzory obliczeniowe lub wykresy, są zamieszczone tylko w załącznikach informacyjnych. Powodem tego był fakt, że modele obliczeniowe w geotechnice są różne w różnych krajach i nie udało się ich uzgodnić, zwłaszcza że wiele z tych modeli wymaga nadal „kalibrowania” i dostosowania do metody stanów granicznych.

We wstępie do Eurokodu 7 powiedziano, że powinien on być stosowany do wszystkich zagadnień współdziałania konstrukcji z podłożem (gruntami i skałami), fundamentów i konstrukcji oporowych. Norma dotyczy nie tylko budynków, lecz także mostów i innych budowli inżynierskich. Zawiera również przepisy oraz zasady dobrej praktyki, wymagane do właściwego rozwiązywania zagadnień geotechnicznych w projektach konstrukcyjnych lub w projektach czysto geotechnicznych. Jednakże norma nie obejmuje wielu powszechnie stosowanych konstrukcji, na przykład z gruntu zbrojonego (gwoździami, geosyntetykami) lub podłoża wzmocnionego kolumnami, a o wielu zagadnieniach tylko wspomniano.

Eurokod nie określa ściśle formy obliczeń, lecz podaje kryteria, które należy sprawdzić obliczeniowo. Zawiera też listę warunków (postaci stanów granicznych), których rozpatrzenie jest wymagane w projekcie geotechnicznym. Szczególny nacisk położono w nim na kryteria użytkowości, gdyż w geotechnice ten stan graniczny występuje częściej niż stan nośności (Popielski i Dąbska 2012, Popielski 2013). Ważną propozycją promowaną przez Eurokod 7 jest „metoda obserwacyjna” projektowania.

Współczynniki częściowe w normie PN-EN 1997-1 pełnią rolę analogiczną do współczynników obciążeń (zwykle  $> 1$ ) oraz współczynników redukcyjnych (zwykle  $< 1$ ) w dotychczasowych normach budowlanych PN. Jednak system współczynników w eurokodach jest bardziej rozbudowany i zróżnicowany. Zalecane wartości współczynników częściowych (aż ponad 100!) zawiera Załącznik A normy EN 1997-1, lecz wartości te mogą być ustalone inaczej w Załączniku krajowym.

Należy podkreślić, że w odróżnieniu od EN 1990, w Eurokodzie 7 „wywalczono” przyjmowanie w stanach EQU, STR i GEO do ciężaru objętościowego gruntu współczynników częściowych  $\gamma_M$  równych 1. Takie postanowienie znacznie upraszcza obliczenia geotechniczne, gdyż bardzo często nie wiadomo z góry, czy ciężar gruntu działa utrzymująco, czy destabilizująco, przez co należałoby rozbudowywać liczbę sprawdzanych kombinacji. Jest to zwłaszcza istotne przy obliczaniu stateczności skarp.

Większość krajów nie jest w pełni zadowolona z wartości podanych w Załączniku A normy i stosuje współczynniki częściowe odmienne od zalecanych. Na przykład Austria i Niemcy zmniejszają współczynniki bezpieczeństwa w sytuacjach przejściowych (np. w czasie budowy lub napraw), w nawiązaniu do różnych konsekwencji zniszczenia według EN 1990. Wiele propozycji zmian jest racjonalnych, lecz są one mocno zróżnicowane, co jest zaprzeczeniem unifikacji projektowania. Ankieta CEN/SC7 wykazała, że w odniesieniu do nośności pali i stateczności skarp chyba tylko Polska akceptowała komplet wartości współczynników według Za-

łącznika A (choć wprowadzane zmiany przeważnie nie są duże). Warto podkreślić, że wszystkie kraje przyjęły zalecaną w tablicy A4 wartość współczynnika do ciężaru objętościowego gruntu  $\gamma_\gamma = 1,0$ , uznaną za najbardziej racjonalną.

Krajowe obliczenia porównawcze fundamentów wskazują, że wymiarowanie według obecnych polskich norm przeważnie jest oszczędniejsze niż na podstawie Eurokodu 7. A mimo to konstrukcje ogólnie są bezpieczne, nieliczne zaś przypadki niepowodzeń lub nawet awarii są powodowane przyczynami niemającymi związku ze współczynnikami bezpieczeństwa.

Twórcom normy EN 1997-1 trudno było uzgodnić sposób stosowania współczynników częściowych. W stanach STR i GEO wprowadzono trzy różne tzw. podejścia obliczeniowe: DA1, DA2 lub DA3. Różnią się one sposobem rozkładu współczynników częściowych pomiędzy oddziaływania, skutki oddziaływań, właściwości i wytrzymałości materiałów. Częściowo wynika to z różnic w sposobie wprowadzania poprawek dotyczących niepewności modelowania skutków oddziaływań i wytrzymałości. W podejściu DA1, w kombinacji 1 zapas bezpieczeństwa stosuje się głównie do oddziaływań, podczas gdy do oporów/nośności zalecane są współczynniki równe 1,0 (zestawy M1 i R1) lub bliskie 1,0 (zestaw R1 w przypadku obciążonych osiowo pali i zakotwień). W kombinacji 2 parametry wytrzymałościowe gruntu są zawsze zmniejszane przez współczynniki częściowe do obliczania oddziaływań geotechnicznych, a niekiedy też przy obliczaniu nośności (zestaw M2). W przypadku obciążonych osiowo pali i zakotwień ich całkowitą nośność

zmniejsza się, stosując bezpośrednio zestaw R4. W podejściu DA2 współczynniki bezpieczeństwa są stosowane do oddziaływań (zestaw A1) i do oporów lub nośności podłoża (zestaw R2). W podejściu DA3 (w istocie będącym uproszczonym DA1) zapas bezpieczeństwa jest wprowadzany do oddziaływań (zestaw A2 do oddziaływań pochodzących od konstrukcji i zestaw M2 do parametrów wytrzymałościowych gruntu oddziałującego na konstrukcje, np. oddziaływań geotechnicznych) oraz do oporów gruntu (zestaw M2 do parametrów wytrzymałościowych; zalecane wartości w zestawie R3 do całkowitej nośności podłoża są ogólnie równe 1,0, z wyjątkiem pali wyciąganych i zakotwień, dla których zaleca się wartość 1,1, zdaniem autora – zbyt małą).

Eurokod 7 pozwala stosować współczynniki częściowe do oddziaływań („u źródła”) albo do efektów oddziaływań (są one oznaczane odpowiednio  $\gamma_F$  lub  $\gamma_E$ ). Z zasady w podejściu DA1 są one stosowane „u źródła”, natomiast w podejściach DA2 i DA3 dopuszczalne są obie opcje. W odniesieniu do wartości obliczeniowych w sytuacjach wyjątkowych (punkt 2.4.7.1) do oddziaływań i efektów oddziaływań zaleca się przyjmować wszystkie wartości współczynników równe 1,0.

Wybór podejść obliczeniowych jest decyzją poszczególnych krajów. Decydują tu głównie dotychczas stosowane zasady projektowania. Z obliczeń porównawczych (Evaluation... 2005, Orr 2011, Orr i in. 2011) wynika, że na ogół różnice wyników nie są znaczne. O wyborze podejścia często decyduje uproszczenie sposobu projektowania. Jednak

w niektórych przypadkach różnice wyników bywają nadspodziewanie duże.

W Polsce, podobnie jak w Niemczech i kilku innych krajach, do obliczania fundamentów wybrano podejście obliczeniowe oznaczane DA2\* (Frank i in. 2004, Vogt i in. 2006), w którym wszystkie obliczenia wykonuje się, przyjmując wartości charakterystyczne, a współczynniki częściowe stosuje się dopiero na końcu, przy sprawdzaniu warunku stanu granicznego nośności. W przypadku tego podejścia nie jest konieczne rozróżnianie oddziaływań stałych korzystnych i niekorzystnych. Natomiast do sprawdzania stateczności ogólnej oraz skarp i zbroczy jest stosowane podejście „materiałowe” DA3, gdyż DA2 jest tu nieprzydatne. Podejście DA3 jest też zalecane w przypadku obliczania nośności granicznej metodami numerycznymi (np. MES).

### **Załącznik krajowy do normy PN-EN 1997-1**

Załącznik krajowy określa dane wymagane przez normę, a także postanowienia nieobligatoryjne, specyficzne w warunkach polskich. Stwarza to możliwość racjonalnego dostosowania normy do lokalnych warunków, dotychczasowej praktyki itp. Załącznik jest jedyną możliwością, by wpłynąć na sposób stosowania normy w danym kraju. Większość krajów korzysta z tej możliwości, zastrzegając lub łagodząc wymagania, dodając wyjaśnienia i uzupełnienia.

Komitet Techniczny PKN nr 254 „Geotechnika” ustalił Załącznik krajowy (2010), dostępny na stronie internetowej PKN. Podano w nim wartości współczyn-

ników częściowych, zasadniczo zgodnie z Załącznikiem A do PN-EN 1997-1. Wartości obciążeń i współczynniki częściowe do oddziaływań zostały już określone w normie PN-EN 1990:2004, którą Polska akceptowała bez zmian krajowych. A warto zauważyć, że wartości tych współczynników są w niej ostrożniejsze niż dotychczas w normach PN.

Załącznik krajowy do EC7-1 zawiera m.in. postanowienia:

- wymaganie ustalenia kategorii geotechnicznej oraz wytyczne dotyczące rozpoznania podłoża w trzech kategoriach geotechnicznych (tablica NA1),
- współczynniki częściowe w specjalnych sytuacjach (ogólnie = 1,0),
- wybór podejścia obliczeniowego DA: ogólnie DA2, a do stateczności ogólnej – DA3,
- w podejściu DA2 obliczenia dla wartości charakterystycznych przy sprawdzaniu warunku nośności, tzw. wersja DA2\*,
- wyparcie hydrauliczne (HYD) wywołane ciśnieniem spływowym należy sprawdzać, stosując wzór 2.9b, przyjmując taki sam współczynnik częściowy do tego samego oddziaływania (zasada „jednego źródła”),
- wartości współczynników modelu obliczeniowego pali określono jako równe 1.

Mimo dostępnych informacji ostatnio ukazują się publikacje znanych i szanowanych specjalistów, w których podano błędnie, że w Polsce stosuje się podejście DA1, wymagające dwukrotnego obliczenia!

Wpływ wyboru podejścia obliczeniowego DA na wyniki nie jest duży. Przeważa opinia, że najważniejsze jest podej-

ście DA2\*. Oznacza ono, że wszystkie obliczenia fundamentu bezpośredniego wykonuje się, przyjmując wartości charakterystyczne. Powoduje to (Vogt i in. 2006), że przy obciążeniach ukośnych i mimośrodowych przyjmuje się charakterystyczne wartości mimośrodów, a nie obliczeniowe, gdyż powodowałyby to dwukrotne pomnożenie przez współczynnik częściowy i nielogiczny wzrost globalnego współczynnika bezpieczeństwa. Rozwiązanie takie upraszcza obliczenia w przypadku kombinacji wielu obciążeń (pionowych, poziomych, mimośródów etc.) i eliminuje potrzebę analizowania wielu różnych kombinacji, zwykle niewiele się różniących. Jednakże w specyficznych sytuacjach obliczeniowych uproszczenie w podejściu DA2\* może być niebezpieczne, na przykład gdy wpływy dwu (lub więcej) niezależnych składników obciążeń redukują się do niewielkiej wartości. Pomnożenie jej przez współczynnik częściowy daje zatem tylko niewielki, być może zbyt mały zapas bezpieczeństwa.

Załącznik krajowy jest ważnym dokumentem – umożliwia on wpłynięcie na ostateczną postać normy PN-EN 1997-1, wprowadzonej w Polsce. Jednak można zauważyć, że Załącznik krajowy mało wyjaśnia i niewiele wnosi. Załączniki innych krajów (np. BS czy DIN) bywają dużo obszerniejsze i bogatsze merytorycznie.

## **Rozpoznanie i badania podłoża gruntowego: PN-EN 1997-2 Część 2**

Norma PN-EN 1997-1 podkreśla w p. 2.4.1 fundamentalne znaczenie badań podłoża: „(2) Zaleca się uwzględnić

fakt, że znajomość warunków gruntowych zależy od zakresu i jakości rozpoznania geotechnicznego. Rozpoznanie podłoża i kontrola jakości wykonawstwa ma zazwyczaj większe znaczenie dla spełnienia podstawowych wymagań niż dokładność modeli obliczeniowych i współczynniki częściowe”.

Norma PN-EN 1997-2 stanowi powiązanie wymagań projektowych części 1, w szczególności rozdziału 3 „Dane geotechniczne”, z wynikami uzyskiwanymi z badań laboratoryjnych i polowych w celu zapewnienia bezpiecznego i oszczędnego projektowania geotechnicznego. Norma składa się z sześciu rozdziałów, uzupełnionych przez 24 załączniki. Nie normalizuje ona samych badań geotechnicznych. Norma PN-EN 1997-2 zawiera zasady uzupełniające PN-EN 1997-1, dotyczące planowania badań podłoża i opracowania dokumentacji badań, ogólnych wymagań dla niektórych powszechnie stosowanych badań laboratoryjnych i polowych, interpretacji i oceny wyników badań oraz wyprowadzenia wartości parametrów i współczynników geotechnicznych.

Znaczną część poświęcono dokumentacji badań, która powinna zawierać część prezentującą same wyniki oraz odrębną część interpretującą je i oceniającą. Za właściwy zakres i kompletność badań odpowiada projektant. Odpowiedzialność wykonującego badania jest niesprecyzowana. Jeśli rozpoznanie jest niepełne, to należy je uzupełnić. Badaniami podłoża według Eurokodu zajmowali się m.in.: Garbulewski (2009), Godlewski (2009), Wysokiński (2009), Tarnawski (2012), Lechowicz (2013).

## Problemy stosowania i niedostatki normy PN-EN 1997

Zasady stosowania Eurokodu 7 do projektowania geotechnicznego można znaleźć w wykładach Warsztatów Projektanta WPPK 2009 i 2013 w Wiśle, corocznych seminariach ITB i IBDiM, a zwłaszcza w Poradniku ITB (Wysokiński i in. 2011). Poniżej przedstawiono wybrane zagadnienia, budzące szczególne zainteresowanie i dyskusję projektantów.

**Parametry obliczeniowe gruntów.** Stanowią one podstawę obliczeń geotechnicznych i są dość subiektywnie oceniane. Zadaniem projektanta geotechnicznego jest ocena całokształtu dostępnych danych i wybór na ich podstawie parametrów charakterystycznych. Wartości ich należy wybrać „jako ostrożne oszacowanie wartości wpływających na wystąpienie rozpatrywanego stanu granicznego”. Nie jest to wartość średnia lub wyznaczona z określonym prawdopodobieństwem metodami analizy statystycznej. Wybór wartości jest decyzją ekspercką, zależy też od doświadczenia i wiedzy projektanta-geotechnika.

**Parcie i ciśnienie wody.** Dyskusję budzi sposób obliczania obciążeń ciśnieniem wody: czy przyjmować jej charakterystyczny poziom i mnożyć ciśnienie przez współczynnik częściowy (co może powodować przyjmowanie wysokości słupa wody, która fizycznie nie jest możliwa), czy też zakładać obliczeniowy poziom wody z odpowiednim nadmiarem (jak danych geometrycznych).

**Projektowanie pali.** Norma PN-EN 1997-1:2008 zawiera tylko ogólne wzory i wartości częściowych współczynni-

ków bezpieczeństwa (przyjęte bez zmian w polskim ZK) oraz zasady określania nośności charakterystycznej (współczynniki korelacyjne). Eurokod zdecydowanie preferuje określanie nośności na podstawie próbnych obciążeń pali, a dodatkowo badań dynamicznych.

Zasady PN-EN 1997-1 dość istotnie różnią się od obecnych norm krajowych. Podstawą określenia jest wartość charakterystycznej nośności granicznej pala. Jednak wartość charakterystyczna nie jest średnią wyników jak w PN, ale ostrożniejsza – zredukowana przez współczynnik korelacyjny, zależny m.in. od liczby badań. Z próbnych obciążeń statycznych nośność graniczną określa się jako odpowiadającą osiadaniu równemu 10% średnicy pala. Ale takiego osiadania w krajowych badaniach niemal nigdy nie udaje się osiągnąć.

Brak w EC 7-1 jakichkolwiek wskazań, jak powinno się obliczać nośność pali na podstawie danych z badań gruntu – są odesłania do przepisów krajowych, których jednak w Polsce nie ma. A zatem nie istnieją „obliczenia nośności granicznej pali według Eurokodu” – są tam tylko zasady oraz wycinkowe dane informacyjne w EC7-2. Sposoby obliczania w krajach europejskich bardzo się różnią. Jednak są to nośności graniczne, a nie „graniczne obliczeniowe”, a więc zredukowane – jak obliczane według PN-B-02482:1983. Opublikowano różne propozycje obliczania nośności pali lub adaptacji normy palowej (Sobała 2011a, b, Kłosiński 2012, Puła 2013).

Wartości oporów podstawy ( $q_{b;k}$ ) i pobocznic ( $q_{s,i;k}$ ) według EN 1997-1 nie są równoznaczne z oporami  $q$  i  $t_i$  w normie PN-B-02482. Nie można brać

bezpośrednio oporów z normy palowej, gdyż opory te są zredukowane (mniejsze też są w niej współczynniki bezpieczeństwa). A wiadomo, że norma palowa jest bardzo bezpieczna! Do praktycznego stosowania EC 7-1 niezbędne jest uzupełnienie go znowelizowaną normą palową (której brak!). Nośność osiową pali można określać, stosując współczynniki częściowe według Eurokodu 7-1 i Załącznika krajowego, a charakterystyczną nośność osiową obliczać stosując propozycje adaptacji normy palowej (Sobala 2011a, b, Kłosiński 2012, Puła 2013).

Współczynniki bezpieczeństwa dotyczące nośności osiowej są w PN-EN 1997 wyższe niż w normie palowej PN-B-02482:1983 – projektowane fundamenty palowe będą więc bezpieczniejsze, ale i droższe! Ale warto zwrócić uwagę, że wiele krajów zwiększa współczynniki dotyczące pali wyciąganych (a także kotew gruntowych) w stosunku do podanych w PN-EN 1997-1 (podobnie jak było w PN-B-02482).

**Brak zasad stosowania analiz MES.** Metoda ta ma niewątpliwe zalety, ale użycie jej w zgodzie z Eurokodem jest trudne, zwłaszcza w przypadku zagadnień silnie nieliniowych lub znacznego wpływu prekonsolidacji podłoża. Ważniejsze problemy to wybór odpowiednich modeli numerycznych, ustalenie wyjściowego stanu naprężenia (współczynnika  $K_0$ ), dobór parametrów geotechnicznych. Stosowanie współczynników częściowych do obciążeń i wytrzymałości gruntu jest nieodpowiednie w przypadku zagadnień interakcyjnych. Trudne jest wyznaczenie nośności konstrukcji oporowych (np. jak postępować z wartością  $K_0$  – jeśli zakła-

dać ją „ręcznie”, to jaka jest korzyść z analizy MES?). Wyniki obliczeń MES zwykle istotnie zależą od ich procedury i szczegółów założeń. Powstaje fundamentalne pytanie, czy w takim stanie stosować klasyczne współczynniki bezpieczeństwa, czy też specjalne dostosowane do tej metody. Wielu ekspertów uważa, że wyniki należy traktować z ograniczonym zaufaniem. Wskazówki stosowania metod numerycznych można znaleźć w pracy Świecy (2011). Doświadczenia (Orr 2011) z obliczeń porównawczych konstrukcji wskazują, że podejścia DA2 i DA3 dają w wyniku różne wymiary elementów (podobnie jest w przypadku obliczeń tradycyjnych), ale wybór modelu konstytutywnego i założeń modelowania konstrukcji ma wpływ dużo większy niż wybór podejścia DA.

Dyskusje prowadzone w Komitecie Technicznym PKN nr 254 „Geotechnika” wskazują, że po wprowadzeniu Eurokodu 7 nadal są potrzebne (jak w innych krajach UE) krajowe normy geotechniczne (np. PN-B-03020, PN-B-02482, PN-B-03010), lecz zharmonizowane z eurokodami, uaktualnione i uzupełnione. Natomiast opracowania właściwie od nowa wymaga na przykład projektowanie obudów głębokich wykopów i ścian utwierdzonych w gruncie, kotew gruntowych, posadowień na wzmocnionym podłożu, konstrukcji gwoździowanych i z gruntu zbrojonego, zbrojenia z geosyntetyków. Norma nie porusza szczegółów projektowania pali (pewne propozycje są w PN-EN 1997-2), stateczności hydraulicznej, stateczności skarp. Wspomniano zaledwie o wzmacnianiu podłoża, konstrukcjach z gruntu zbrojonego itp.



## **Przyszłość Eurokodu „Projektowanie geotechniczne”**

Postęp wdrażania Eurokodu 7 jest monitorowany przez Komitet CEN/TC250/SC7. Przed jego corocznymi posiedzeniami przeprowadzane są ankiety w krajach CEN, dotyczące przebiegu wdrażania oraz podstawowych informacji o Załącznikach Krajowych i innych ustaleniach w poszczególnych krajach. W ankiecie Komitetu ETC 10 w 2011 roku wskazano priorytety uzupełnień i zmian w Eurokodzie 7 (Bond 2012):

- przyjmowanie w obliczeniach poziomu wody gruntowej,
- uproszczenie / mniej podejść obliczeniowych DA,
- wytyczne użycia metod numerycznych,
- uzgodnienie EC 7 z EC 8 „Projektowanie sejsmiczne”,
- przegląd Załączników krajowych i harmonizacja wartości NDP,
- dodanie współczynnika uwzględniającego klasy konsekwencji (jak w DIN),
- podanie wskazówek określania parametrów charakterystycznych gruntu,
- usunięcie materiału „podręcznikowego”, zwłaszcza z EC 7-2, uproszczenie tekstu Eurokodu 7-1 na bardziej zrozumiałe!

Ankieta wskazała, że szczególnie brak w Eurokodzie 7: zasad obliczania metodami numerycznymi, obliczania nośności pali według badań podłoża (jedynie przykładowe sposoby są w EC7-2), projektowania na przykład konstrukcji z gruntu zbrojonego (gwoździami, geosyntetykami) lub wzmocnienia podłoża na przykład kolumnami, wykorzystania

starych fundamentów, współczynników modelu dla pali, kotew itp.

Komisja UE przyznała środki na nowelizację eurokodów do 2015 roku. Z ankiet wynikają zalecenia: opracowania nowych części Eurokodu 7, załączników ze szczegółami projektowania (np. gruntu zbrojonego, mechaniki skał, tuneli), uproszczenie i skrócenie tekstu. W celu ukierunkowania nowelizacji powołano 14 zespołów ekspertów EG „Evolution Groups”, m.in. EG0 Management, 1. Maintenance and simplification, 2. Anchors, 3. Model solutions, 4. Numerical methods, 5. Reinforced soil, 7. Pile design, 9. Water pressures, 10. Calculation models, 12. Tunnelling, 13. Rock mechanics, 14. Ground improvement. Uczestniczy w nich kilkoro ochotników z Polski.

## **Ustalenia komitetu CEN/TC 250/SC7**

Na corocznym posiedzeniu w Madrycie w kwietniu 2013 roku przeprowadzono dyskusję na temat oceny i potrzebnych zmian normy EN 1997. Przewodniczący Komitetu, dr A. Bond, oraz Grupy EG przedstawiły szereg propozycji zmian i uzupełnień. Zgodnie z mandatem Komitetu CEN/TC 250 nowelizacja powinna uwzględniać nowe materiały, przepisy i wymagania rynkowe, poprawić harmonizację postanowień oraz wygodę stosowania. Planowany terminarz prac przewiduje rozpoczęcie w październiku 2013 roku przeglądu (po 5 latach stosowania) tekstu Eurokodu 7, a do 2019 roku opracowanie drugiej generacji eurokodów.

Szeroka dyskusja dotyczyła nowego podziału normy EN 1997. Jednym z zaleceń było ujednoczenie rozdziałów części 1 z układem innych eurokodów. Przeważało poparcie dla podziału na trzy części: 1. „Zasady ogólne”, 2. „Badania podłoża” (dodano nowy rozdział 2. Cele badań podłoża) i 3. „Budowle geotechniczne” (obejmujący głównie reguły stosowania dotyczące różnych rodzajów budowli).

Prace nad nowelizacją podzielono na zadania i fazy, które mogą się nakładać. Grupa EG0 zaproponowała 6 głównych zadań pierwszej fazy nowelizacji: Harmonizacja i wygoda stosowania, Zasady ogólne (nowelizacja części 1), Badania podłoża (nowelizacja części 2), Fundamenty, Konstrukcje oporowe, Mechanika skał i obliczenia dynamiczne.

Przyjmując za podstawę obecne wersje części 1 i 2 oraz zachowując (w zasadzie) istniejący materiał, uczynienie Eurokodu 7 bardziej wygodnym w użyciu ma polegać na skróceniu i uproszczeniu tekstu oraz eliminowaniu powtórzeń. Istniejące „zasady” (P), jeżeli nie podają bezpośrednich i praktycznych zaleceń (a np. wyjaśnienia), powinny zostać zmienione w „reguły stosowania” lub przeniesione do załączników informacyjnych, lub całkiem usunięte. Materiał podręcznikowy i wyjaśnienia, które „personel odpowiednio wykwalifikowany i z doświadczeniem geotechnicznym” powinien znać, należy przenieść do załącznika informacyjnego. W zasadniczym tekście będą odesłania do tego załącznika. Zalecono, by nowa wersja bardziej nawiązywała do norm badań geotechnicznych, co pozwoli skrócić tekst i ułatwi korzystanie.

Zalecono, by krajowe organy normatywne udostępniły swoje Załączniki krajowe (zalecane w wersji angielskiej).

Podsumowano działania wybranych Grup Rozwojowych (EG):

1. Grupa EG1 „Zakotwienia” opracowała zmiany dotyczące projektowania kotew. Są one obecnie ankietowane. Zmieniono m.in. wartości współczynników częściowych i kryteria interpretacji badań kotew. Zmieniony rozdział 8. Zakotwienia przedstawia racjonalne, wyczerpujące zasady projektowania według stanów granicznych, uwzględniające stany nośności i użyteczności budowli i kotew.

2. Grupa EG3 „Rozwiązania modelowe” przygotowuje około 20 przykładów wzorcowych obliczeń zgodnie z Eurokodem. Określono też zagadnienia wymagające wyjaśnienia i dalszych opracowań.

3. Grupa EG4 „Metody numeryczne” zaleca nowy podrozdział, zawierający definicję „metod numerycznych”, wymagane kompetencje stosujących je projektantów, weryfikację oprogramowania i analiz, metody zalecane do sprawdzania stanu SLS, sposób sprawdzania ULS GEO/STR i specyficzne wartości współczynników częściowych, trudności w stosowaniu podejść obliczeniowych DA. Zwrócono uwagę na trudności w wyznaczaniu i stosowaniu parametrów efektywnych w analizach MES. Zaawansowane metody numeryczne mogą zapewniać większy stopień bezpieczeństwa niż typowe obliczenia geotechniczne. Dlatego celowe jest przeanalizowanie stosowania innych wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa. Potrzebne są zalecenia dotyczące sposobu sprawdzania stanów

granicznych – redukcji parametrów wytrzymałości gruntu czy obliczonej nośności. Wpływ na wyniki mają także czynniki, do których współczynniki częściowe nie są stosowane. Wiele zagadnień jest dyskusyjnych i wymaga dalszych studiów i badań.

4. Grupa EG6 „Projektowanie sejsmiczne” skupiła się na harmonizacji postanowień EC7 i EC8, które obecnie są niespójne, a nawet sprzeczne. Zjawiska i obciążenia sejsmiczne mają kluczowe znaczenie dla wielu krajów Europy. Analogiczne problemy występują także w konstrukcjach z obciążeniami dynamicznymi.

5. Grupa EG7 „Projektowanie pali” określiła potrzebne zmiany EC7: powinny zostać usunięte powtórzenia tekstu, zreformowane parametry ustalane krajowo NDP – odpowiednio do użytych modeli obliczeniowych. Uzupełnienia wymagają m.in. zagadnienia tarcia negatywnego, pracy grup pali, badania pali. Wskazane byłoby podanie wzorcowych modeli obliczeniowych. Obliczenia powinny zapewniać wspólny dla UE poziom bezpieczeństwa. Zaproponowano opracowanie „Europejskich zaleceń projektowania pali” (jako dodatek do EC7 lub zwięzły poradnik), które by dokumentowały metody obliczeń pali w różnych krajach. Zalecenia zawierałyby objaśnienia metod oraz źródła i uzasadnienia postanowień, ograniczenia w stosowaniu itp. Byłyby one pomocą projektową, zwłaszcza dla konstruktorów, lecz także dla ekspertów geotechników.

6. Grupa EG8 „Harmonizacja” proponuje redukcję podejść obliczeniowych DA do dwóch: współczynnika materiałowego (MFA, obecne DA3) oraz współ-

czynnika nośności (RFA, połączone obecne DA1 i DA2). Uprości to obliczenia i usunie różne wątpliwości projektantów oraz zredukuje liczbę współczynników częściowych. Zalecono też rozważenie możliwości tylko jednego podejścia obliczeniowego. Przyjęto także propozycję zróżnicowania wymagań niezawodności na podstawie klas konsekwencji zniszczenia oraz zdefiniowania współczynnika materiałowego jako iloczynu trzech czynników.

7. Grupa EG9 „Ciśnienia wody” analizowała stosowanie wzoru 2.9 normy na warunek wyparcia hydraulicznego. Rozpatrywano stan filtracji w gruncie oraz przebicia hydraulicznego. Wykonane studia nie dały przekonujących wyników, zalecono dalsze badania. Zalecono też, by nie stosować współczynników częściowych do ciśnień wody oraz usunąć dyskusyjny tekst z normy.

8. Grupa EG10 „Modele obliczeniowe” podjęła interesujące zadanie wypracowania prostych wzorów analitycznych do obliczeń ręcznych – bez użycia komputera. Dokonano krytycznego przeglądu modeli w EN 1997, załącznikach i normach krajowych oraz w literaturze, w poszukiwaniu najlepszych rozwiązań. Mogą być one włączone do przyszłej wersji normy.

9. Grupa EG11 „Charakteryzacja” przedstawiła schemat blokowy wyznaczania wartości obliczeniowych z wartości pomierzonych w laboratorium lub z badań polowych, wzorowany na stosowanym w betonach. Stanowi on uproszczoną metodę analityczną wyznaczania wartości charakterystycznych parametrów gruntowych.

10. Grupa EG14 „Wzmacnianie podłoża” przygotowuje rozdział do części

nowej normy o zastosowaniach. Rozrózniczono dwa sposoby: użycie typowych technik ulepszania gruntu oraz formowania elementów nośnych. Wskazano bliskie powiązanie z metodami zbrojenia gruntu. Potrzebne jest bliższe zdefiniowanie poszczególnych procesów.

## Podsumowanie

Eurokody są od 2010 roku podstawowymi dokumentami do projektowania budowli w krajach należących do CEN. W Polsce, pomimo wykonania wielu prac wspomagających ich wdrażanie w praktyce, nadal nie są popularne wśród projektantów.

Studia i praktyka projektowa wykazały, że norma geotechniczna PN-EN 1997 ma wiele braków i usterek, a na pewno nie stanowi wystarczającej podstawy projektowania. Potrzebne są zaktualizowane, zgodne z Eurokodem, normy krajowe (co zresztą od początku było planowane, lecz brak środków i determinacji decydentów, by to zrealizować).

Wieloletnie międzynarodowe studia, analizy i warsztaty wskazują kierunki potrzebnych zmian. Mandat UE uruchomił prace nad nową ulepszoną generacją Eurokodów. Powołane przez Komitet CEN/TC 250/SC7 zespoły wypracowują konkretne zalecenia zmian i uzupełnień. W pracach tych uczestniczą eksperci z Polski. Wprowadzenie nowych wersji Eurokodów jest spodziewane do 2020 roku.

## Literatura

BATOG A., HAWRYSZ M. 2012: Wybrane problemy geotechniczne budowy i modernizacji nasypów oraz podtorza kolejowego. *Geoinżynieria drogi mosty tunele* 5: 18–21.

- BATOG A., STILGER-SZYDŁO E. 2010: Stateczność skarp nasypów drogowych w ujęciu Eurokodu 7. *Drogownictwo* 1: 18–21.
- BOND A. 2012: Future of Eurocode 7. Conf. Piling and Foundations, London.
- Evaluation of Eurocode 7, 2005: Proc. Intern. Workshop. Ed. T.L.L. Orr. Trinity College, Dublin.
- FRANK R. 2007: Eurokod 7 „Projektowanie geotechniczne” – prezentacja założeń. *Inżynieria i Budownictwo* 7–8: 355–360.
- FRANK R., BAUDUIN C., DRISCOLL R., KAVVADAS M., KREBS OVESEN N., ORR T., SCHUPPENER B. 2004: Designers Guide to EN 1997-1, Eurocode 7: Geotechnical design. Part 1: General rules. London.
- GARBULEWSKI K. 2009: Wykonanie i interpretacja badań laboratoryjnych wg PN-EN 1997-2. XXIV WPPK, Wisła, I: 47–66.
- GODLEWSKI T. 2009: Wykonanie i interpretacja badań polowych wg PN-EN 1997-2. XXIV WPPK, Wisła, I: 67–108.
- GWIZDAŁA K. 2011: Fundamenty palowe. Technologie i obliczenia. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- KŁOSIŃSKI B. 2010: Ocena Eurokodów geotechnicznych. Warsztaty Europejskie 2010 w Pawii. *Inżynieria i Budownictwo* 11: 642–643.
- KŁOSIŃSKI B. 2012: Projektowanie fundamentów palowych w normie PN-EN 1997 „Projektowanie geotechniczne”. *Inżynieria i Budownictwo* 4: 177–182.
- KŁOSIŃSKI B. 2013: Wdrażanie w Polsce i przyszłość Eurokodu 7 „Projektowanie geotechniczne”. *Inżynieria i Budownictwo* 3: 124–127.
- KŁOSIŃSKI B., RYCHLEWSKI P. 2009: Charakterystyka nowych europejskich norm geotechnicznych. XXIV WPPK, Wisła: 163–204.
- LECHOWICZ Z. 2013: Ustalanie geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. *Geoinżynieria drogi mosty tunele* 1: 24–27.
- MITEW-CZAJEWSKA M., SIEMIŃSKA-LEWANDOWSKA A. 2005: Analiza ściany oporowej według EN 1997-1:2004 Eurocode 7. *Inżynieria i Budownictwo* 3: 129–131.
- ORR T.L.L. 2011: Experiences with the application of Eurocode 7. Proceedings of the 15th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Athens.

- ORR T.L.L., BOND A.J., SCARPELLI G. 2011: Findings from the 2nd Set of Eurocode 7 Design Examples. Materiały Konferencji ISGSR. Ed.: N. Vogt, B. Schuppener, D. Straub, G. Bräu). Bundesanstalt für Wasserbau, Munich.
- PN-EN 1997-1:2008 Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- PN-EN 1997-2:2009 Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badania podłoża gruntowego.
- POPIELSKI P. 2013: Metody oceny oddziaływania głębokiego posadowienia na otoczenie. XXVIII WPPK, Geotechnika, 5-8.03.2013, Wisła, II: 69–102.
- POPIELSKI P., DĄBSKA A. 2012: Analiza granicznych odkształceń konstrukcji i przemieszczeń fundamentów według PN-EN 1997-1:2008 w świetle innych norm. *Inżynieria i Budownictwo* 1: 33–38.
- PULA O. 2011: Projektowanie fundamentów bezpośrednich według Eurokodu 7. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław.
- PULA O. 2013: Fundamenty palowe według Eurokodu 7. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław.
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. Dz.U. 2012 nr 0, poz. 463.
- SOBALA D. 2011a: Wyznaczanie nośności geotechnicznej pali wciskanych. *Mosty* 6: 54–56.
- SOBALA D. 2011b: Wyznaczanie nośności pali wciskanych według Eurokodu 7. *Inżynieria i Budownictwo* 12: 635–640.
- STILGER-SZYDŁO E. 2009: Drogowe i autostradowe budowle ziemne – nośność i stateczność. *Geoinżynieria drogi mosty tunele* 1: 56–64.
- SZYDŁO A., STILGER-SZYDŁO E. 2010: Wykorzystanie Eurokodów geotechnicznych w drogownictwie. *Drogownictwo* 11: 365–369.
- ŚWIECA M. 2011. Zasady projektowania geotechnicznego w nawiązaniu do Eurokodu 7 z zastosowaniem programów numerycznych. ITB, Warszawa.
- TARNAWSKI M. 2012: Metody badań podłoża gruntowego na potrzeby budowy dróg. Konferencja IBDiM „Podłoże i fundamenty budowli drogowych”. 9.05.2012, Kielce: 3–32.
- VOGT N., SCHUPPENER B., WEISSENBACH A., GAJEWSKA B., KŁOSIŃSKI B. 2006: Podejścia obliczeniowe stosowane w Niemczech w projektowaniu geotechnicznym według Eurokodu 7-1. *Inżynieria i Budownictwo* 6: 326–330.
- WYSOKIŃSKI L. 2008: Projektowanie geotechniczne. *Geoinżynieria drogi mosty tunele* 2: 26–46.
- WYSOKIŃSKI L. 2009: Projektowanie geotechniczne od klasyfikacji gruntów do monitoringu obiektu wg norm europejskich. XXIV WPPK, Wisła, I: 291–318.
- WYSOKIŃSKI L. 2012: Projektowanie konstrukcji oporowych wg Eurokodu 7. *Materiały Budowlane* 3 (475): 25–29.
- WYSOKIŃSKI L., KOTLICKI W., GODLEWSKI T. 2011: Projektowanie geotechniczne według Eurokodu 7. Poradnik. ITB, Warszawa.
- Załącznik krajowy NA, 2010. Postanowienia krajowe w zakresie przedmiotowym EN 1997-1:2004. PN-EN 1997-1:2008/Ap2 wrzesień 2010.

## Streszczenie

**Ocena i przyszłość Eurokodu 7 „Projektowanie geotechniczne”.** Po ponad 20 latach prac, w 2004 roku opublikowano część 1. Eurokodu 7, tj. EN 1997-1:2004. Od 2010 roku norma ta została wprowadzona w UE i innych krajach – członkach CEN. Przeprowadzono kilka „warsztatów” jej stosowania oraz oceniających ją ankiet. Zebrane doświadczenia są podstawą podjętego przez UE programu nowelizacji systemu Eurokodów w perspektywie 2020 roku. W artykule omówiono wnioski z warsztatów oraz przedstawiono oceny EC7, wynikające z międzynarodowych ankiet Komitetu CEN/TC 250/SC7 i z doświadczeń krajowych. Opisano propozycje nowej edycji Eurokodu 7 oraz ustalenia przyjęte przez Komitet SC7 w Madrycie w 2013 r.

## Summary

**Evaluation and future of the Eurocode 7 – Geotechnical design.** Following over 20 years of work, the Eurocode 7 Part 1, i.e. EN 1997-1:2004, was published. Since 2010 this standard was established in EU and other countries members CEN. Several Workshops on application the EC7 were organized and few questionnaires evaluating it. The experience gathered is a basis of the program of renewing of the Eurocodes in perspective of 2020. In the paper conclusions

from the workshops and opinions resulting from international questionnaires of CEN/TC 250/SC7 as well as from national experience are presented. The proposals for new edition of Eurocode 7 and decisions of the SC7 2013' meeting in Madrid were described.

**Author's address:**

Bolesław Kłosiński  
Instytut Badawczy Dróg i Mostów  
ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa  
Poland  
e-mail: bklosinski@ibdim.edu.pl