



MINISTERSTWO ENERGII



**Wydział  
Inżynierii Lądowej**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA



# WYTYCZNE KONSTRUKCJE Z BETONU W OBIEKTACH ENERGETYKI JĄDROWEJ

*dr inż. Tomasz Piotrowski*

---

**Zakład Inżynierii Materiałów Budowlanych**  
**Instytut Inżynierii Budowlanej**  
**Wydział Inżynierii Lądowej**  
Politechnika Warszawska

Al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa  
tel.: +48 22 234 64 80  
fax: +48 22 825 75 47  
mail: [t.piotrowski@il.pw.edu.pl](mailto:t.piotrowski@il.pw.edu.pl)

# Biuletyn przygotowany dla Ministerstwa Energii

*Bulletin prepared for Ministry of Energy*



Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej

---

**SPIS TREŚCI**

1. Wprowadzenie .....	4
2. Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej .....	6
2.1. Uwagi ogólne .....	6
2.2. Znaczenie jakości prac betonowych i żelbetonowych w obiektach energetyki jądrowej .....	7
3. Wytyczne dotyczące konstrukcji z betonu w Polsce .....	9
3.1. Normy konstrukcyjne - Eurokody .....	9
3.2. Normy materiałowe PN-EN i PN-B .....	11
4. Urzędy dozoru jądrowego w Polsce i na świecie .....	14
5. Wymagania ogólne dotyczące bezpieczeństwa obiektów energetyki jądrowej ..	17
5.1. URD - Utility Requirements Document EPRI .....	17
5.2. EUR - European Utility Requirements .....	18
6. Wymagania szczegółowe dotyczące konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej .....	20
6.1. AFCEN RCC-CW .....	20
6.2. ACI - American Concrete Institute .....	25
6.3. ASME - American Society of Mechanical Engineers .....	26
6.4. ANSI/ANS - American National Standards Institute/American Nuclear Society .....	27
6.5. ASTM International - American Society for Testing and Materials .....	28
6.6. Pozostałe .....	29
6.6.1. Kanada (CSA) .....	29
6.6.2. Niemcy (KTA, DIN) .....	30
6.6.3. Japonia (AJJ,JSME) .....	32
7. Wdrożenie wymagań dotyczących konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej w Europie .....	33
7.1. Finlandia .....	33
7.2. Wielka Brytania .....	36
7.3. Polska – jak wdrożyć wymagania w naszym kraju? .....	39
8. Droga polskich przedsiębiorstw do udziału w budowie elektrowni jądrowej .....	41
Literatura .....	46

# *PPEJ - Program Polskiej Energetyki Jądrowej*

## *Polish Nuclear Energy Program*

*Uchwała Rady Ministrów z dnia 28 stycznia 2014*

*Sprawozdanie z realizacji 2014-2015 – przyjęte przez Radę Ministrów 14 października 2016 r.*

- **Etap I-2014-2016:**

**ustalenie lokalizacji i zawarcie kontraktu  
na dostarczenie wybranej technologii dla pierwszej elektrowni jądrowej**

*localization and contract for a specific technology*

- **Etap II-2017-2018:**

**wykonanie projektu technicznego i uzyskanie wymaganych prawem decyzji i opinii**

*structural and technical design and and obtaining the required decisions and opinions*

- **Etap III 2019-2024:**

**pozwolenie na budowę i budowa pierwszego bloku pierwszej elektrowni jądrowej,  
rozpoczęcie budowy kolejnych bloków/elektrowni jądrowych, rozruch pierwszego bloku**

*building permission and construction of the first unit,  
start of construction of successive units, start of the first block*

- **Etap IV 2025-2030:**

**kontynuacja i rozpoczęcie budowy bloków/elektrowni jądrowych.  
Zakończenie budowy pierwszej elektrowni jądrowej**

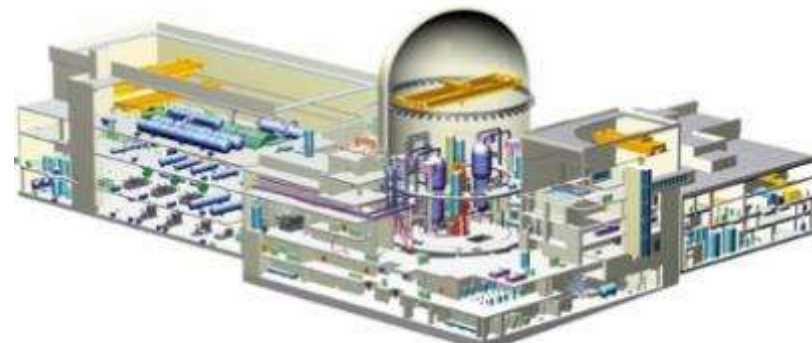
*continuation and start of a construction of new units, completion of construction of the first NPP*

# Jaki reaktor?

## *What type of reactor?*

Tab.1. Wykonawcy, którzy złożyli deklaracje udziału w PPEJ i ich reaktory jądrowe

Firma	Reaktor
EDF SA	Evolutionary Power Reactor (EPR 1600)
GE Hitachi Nuclear Energy Americas LLC	Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) Economic Simplified Boiling Water Reactor (ESBWR)
Westinghouse Electric Company LLC	AP1000 <sup>®</sup> PWR
SNC Lavalin Nuclear Inc.	Enhanced CANDU 6 <sup>®</sup> (EC6) Advanced Fuel CANDU Reactor (AFCR)
Korea Electric Power Corporation	Advanced Power Reactor (APR-1400)



*Rozporządzenie Ministra Gospodarki  
Regulation of Minister of Economy*

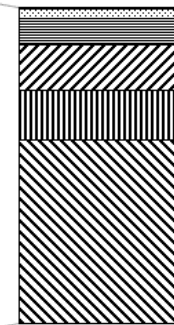
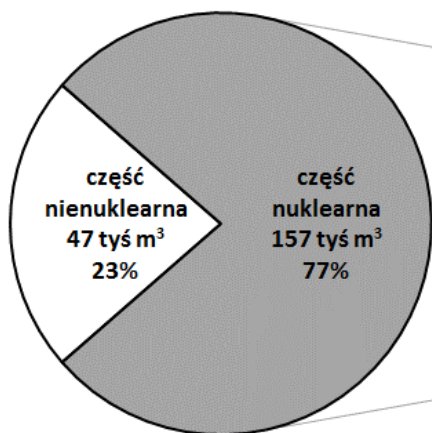
*w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla urządzeń technicznych  
lub urządzeń podlegających dozorowi technicznemu w elektrowni jądrowej  
wersja z dnia 03.10.2013 (ostatecznie przyjęte w innej formie w 2016 roku)  
03.10.2013 version (finally approved in different form in 2016)*

- **ETC-C:** EPR Technical Code for Civil works i **RCC-G:** Design and Construction Rules for Civil Works of PWR Nuclear Islands, które ewoluowały do **RCC-CW 2016**
- **JSME S NE1:** Rules on Concrete Containment Vessels for Nuclear Power Plants
- **CSA series N287:** Requirements for Concrete Containment Structures for CANDU Nuclear Power Plants
- **KEPIC** (Korea Electric Power Industry Code), Area – SN (Nuclear Structures), Category SNB – Concrete Containment oraz Category SNC – Concrete Structures
- **ASME Boiler and Pressure Vessel Code.** An International Code. Section III: Rules for Construction of Nuclear Facility Components. Division 2 – Code for Concrete Containments
- **ACI 349:** Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures and Commentary.

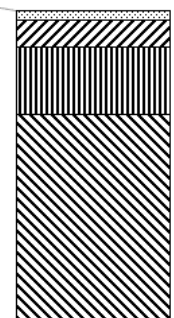
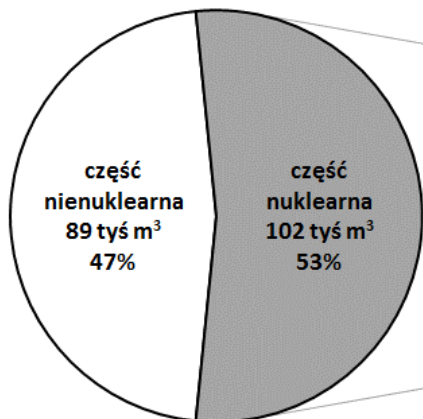
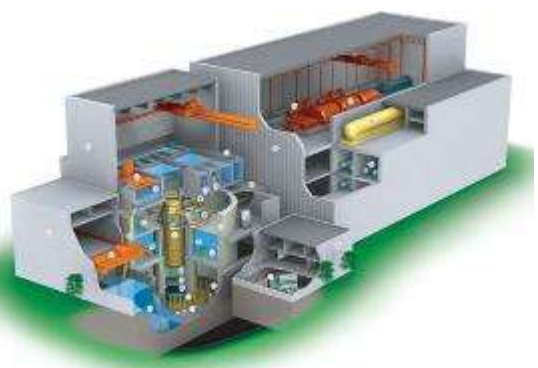


# Ile betonu jest w elektrowni jądrowej?

## How much concrete is in NPP?



- 0.3% ■ wyposarzenie części nuklearnej
- 2.6% ▨ inne budynki
- 6.2% ▩ budynek przechowywania odpadów
- 11% ▧ budynek magazynowania paliwa
- 12% ▨▨ obiekty pomocnicze
- 45% ▧▨ budynek reaktora



- 0.1% ■ wyposarzenie części nuklearnej
- 1.6% ▨ inne budynki
- 4.6% ▧ budynek magazynowania paliwa
- 11.5 ▨▨ obiekty pomocnicze
- 35.3 ▧▨ budynek reaktora

Tab.2. Redukcja objętości wbudowywanego betonu w elektrowni AP1000 wobec pozostałych

Rodzaj reaktora		EPR	ABWR	AP1000
Moc nominalna	[MWe]	1600	1380	1000
Objętość betonu	[tys. m <sup>3</sup> ]	205	191	100
Objętość betonu na 1 MWe	[m <sup>3</sup> /MWe]	128	139	100

# Znaczenie prac betonowych przy budowie elektrowni jądrowej



## Olkiluoto 3 (Finlandia)

kontrakt : planowany: 3,0 mld €  
rzeczywisty: 8,5 mld €  
Termin: planowany: 2003-2007  
rzeczywisty: 2003 - ... (2018?)



W 2009 roku na podstawie STUK Investigation Report 1/06 [1] przeanalizowano przyczyny i sformułowano wniosek [2], iż „powodem znacznego opóźnienia w realizacji projektu, konieczności opracowania dużych przeróbek był nieprawidłowy schemat dostaw betonu, co przyczyniło się do powstania napięcia pomiędzy firmami uczestniczącymi i pociągnęło za sobą poważne straty finansowe”



## Flamanville 3 (Francja)

kontrakt : planowany: 3,3 mld €  
rzeczywisty: 10,5 mld €  
Termin: planowany: 2007-2012  
rzeczywisty: 2007 - ... (2018?)



## Hinkley Point C (Wielka Brytania)



podczas przeglądu kosztów Hinkley Point, EDF potwierdził wzrost budżetu o 1,5 mld funtów ze względu na "lepsze zrozumienie" potrzebnych prac budowlanych i spełnienie wymagań regulatora brytyjskiego [ źródło: The Guardian]

[1] STUK Nuclear Reactor Regulation: Management Of Safety Requirements In Subcontracting During The Olkiluoto 3 Nuclear Power Plant Construction Phase, Investigation Report 1/06 1 Translation 1.9.2006

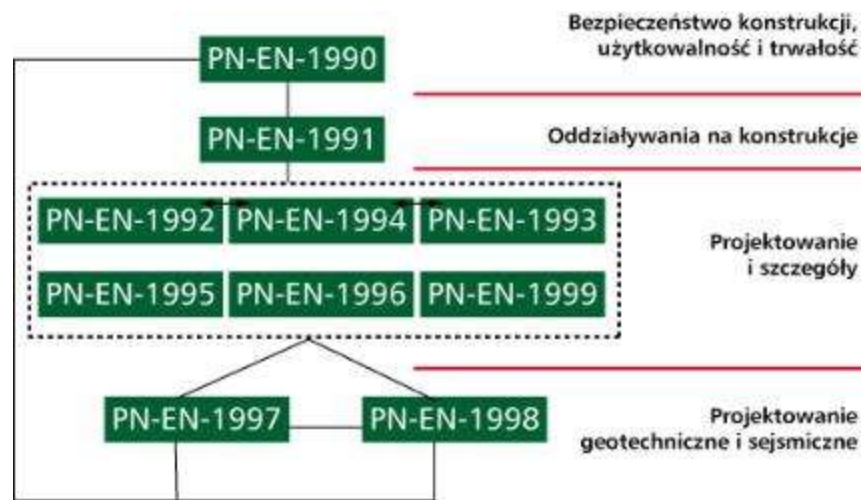
[2] Ruuska I., Artto A., Aaltonen K., Lehtonen P., Dimensions of distance in a project network: Exploring Olkiluoto 3 nuclear power plant project, International Journal of Project Management 27 (2009) 142–153

# Normy budowlane w Polsce

## *Standards in Poland*

Dz.U. 2002 Nr 169 poz. 1386 USTAWA o normalizacji z dnia 12 września 2002 r.

### 1. Normy konstrukcyjne – Eurokody / Structural codes - Eurocodes



źródło: [www.inzynierbudownictwa.pl](http://www.inzynierbudownictwa.pl)

### 2. Normy materiałowe PN-EN i PN-B / Material codes PN-EN and PN-B

KT 102 ds. Podstaw Projektowania Konstrukcji *Budowlanych* / *Basics of structures design*

KT 108 ds. *Kruszyw i Kamienia Budowlanego* / *Aggregate and stones for construction*

KT 195 ds. *Prefabrykatów z Betonu* / *Precast concrete products*

KT 196 ds. *Cementu i Wapna* / *Cement and lime*

KT 213 ds. *Projektowania i Wykonawstwa Konstrukcji z Betonu* / *Design and construction of concrete structures*

KT 254 ds. *Geotechniki* / *Geotechnic*

KT 274 ds. *Betonu* / *Concrete*



# Ogólne wymagania bezpieczeństwa

## *General safety requirements*



URD - Utility Requirements Document EPRI

URD jest podzielony na trzy poziomy (*Tiers*):

Tier 0: Executive Summary (Podsumowanie)

Tier 1: Policy and Top-Tier Design Requirements (Polityka i wymagania najwyższego poziomu)

Tier 2: Detailed Requirements (Wymagania szczegółowe)

→ **Chapter 6: Building Design and Arrangement**



### EUR - European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants

Vol 1: Main policies and objectives (główne polityki i cele)

**Vol 2: Generic nuclear island requirements (ogólne wymagania dla wyspy jądrowej)**

Vol 3: Application of EUR to specific designs (zastosowanie do konkretnych projektów)

Vol 4: Power generation plant requirements (wymogi układu wytwarzania energii)

W Rozdziale 2.6 pkt 4.9 wskazano jedynie, że głównymi wymaganiami dla betonu są:

- dla konstrukcji masywnych, projektant określa odpowiednie wymagania w celu ograniczenia zarysowania termicznego we wczesnym wieku. Aby to osiągnąć, efekt pucolanowy w betonie musi być ograniczony poprzez odpowiednią specyfikację materiałów
- betonowanie w niskich temperaturach powinno być przeprowadzane w kontrolowanych warunkach i z zastosowaniem sprawdzonych praktyk. Zaleca się, aby betonowanie dużych konstrukcji było zaplanowane w łagodnych porach roku. Przy betonowaniu w ekstremalnych warunkach termicznych temperatura betonu powinna być monitorowana i kontrolowana,
- nie zaleca się stosowania dodatków organicznych w celu poprawy właściwości betonu.

# Wymagania szczegółowe

## Detail requirements

afcen



- **Część G – General:** ogólne postanowienia: przedstawia strukturę i zakres RCC-CW, wymienia normy i teksty, o których mowa i podaje wymagania dotyczące zarządzania jakością;
- **Część D – Design:** oddziaływania i kombinacje oddziaływań, które należy uwzględnić przy projektowaniu konstrukcji, wartości liczbowe (intensywność obciążeń) powiązanych z tymi oddziaływaniami powinny zawierać szczegółowe dokumenty dla każdego projektu elektrowni jądrowej; zasady i kryteria niezbędne do projektowania konstrukcji z betonu, stalowej obudowy bezpieczeństwa (steel liner), wykładzin metalowych zapewniających szczelność zbiorników basenu i kanałów między zbiornikami, konstrukcji stalowych, zamocowań oraz zagadnień geotechnicznych;
- **Część C – Construction:** szczegółowe wymagania dotyczące wykonywania konstrukcji z betonu, zbrojenia, systemu sprężającego, elementów metalowych zapewniających szczelność itp.;
- **Część M – Maintenance and Monitoring:** główne zasady dotyczące badań i monitoringu obudowy bezpieczeństwa, obejmujących wstępną kontrolę odbioru i badania okresowe.

### Part D Design

DGENR	DESIGN GENERAL REQUIREMENTS
DGEOT	GENERAL RULES FOR GEOTECHNICAL DESIGN
<b>DCONC</b>	<b>GENERAL RULES FOR CONCRETE STRUCTURES</b>
DCLIN	METAL PARTS INVOLVED IN THE LEAKTIGHTNESS OF THE CONTAINMENT
DPLIN	METAL PARTS INVOLVED IN THE WATERTIGHTNESS OF THE POOLS AND TANKS
DSTLW	GENERAL RULES FOR STRUCTURAL STEELWORK
DANCH	INTERFACE REQUIREMENTS BETWEEN ANCHORS AND CONCRETE

### Part C Construction

CGEOT	EARTHWORKS AND SOIL TREATMENTS
<b>CCONC</b>	<b>CONCRETE</b>
CFNSH	SURFACE FINISH AND FORMWORK
CREIN	REINFORCEMENT FOR REINFORCED CONCRETE
CPTSS	POST TENSIONING SYSTEM
CPREF	PREFABRICATED CONCRETE ELEMENTS AND REINFORCEMENT CAGES
CCLIN	LEAKTIGHT METAL PARTS ON CONTAINMENTS
CPLIN	POOLS AND TANKS
CSTLW	STRUCTURAL STEELWORK
CANCH	METAL ELEMENTS EMBEDDED INTO THE CONCRETE
CBURP	REINFORCED CONCRETE PIPELINES
CJOIN	JOINT SEALING
CTOLR	SURVEY NETWORKS, TOLERANCES AND MONITORING SYSTEM

Wymagania przedstawione w RCC-CW 2016 są oparte na normach europejskich i francuskiej praktyce pod względem wymagań jakościowych dla betonu (znakowanie NF, znak CE, etc.).

Normy i praktyki krajowe mogą zastąpić francuskie, pod warunkiem że są równoważne i zaakceptowane w projekcie.

W rozdziale **DCONC** oraz załączniku DC - oprócz Eurokodów i normy EN 206 przywołane są następujące dokumenty:

- AFGC 2007:** Concrete design for a given structure service life - Durability management with regard to reinforcement corrosion and alkali-silica reaction -State of the art and Guide for the implementation of a predictive performance approach based on upon durability indicators
- CEB-FIP:** CEB/FIP Model Code for Concrete Structures
- ETAG013:** Post Tensioning Kits for prestressing of Structures
- IAEA-NS-G-1.10:** Design of Reactor Containment Systems for Nuclear Power Plants Safety Guide Series

Rozdział **CCONC** składa się z siedmiu podrozdziałów:

- CCONC 1000:** Składniki - Charakterystyka, wybór składników i testów kontroli zgodności
- CCONC 2000:** Kwalifikacja i specyfikacja betonu
- CCONC 3000:** Produkcja i kontroli zgodności
- CCONC 4000:** Transport mieszanki betonowej
- CCONC 5000:** Układanie mieszanki betonowej (zalecenia dotyczące zagęszczania, pielęgnacji, itp.)
- CCONC 6000 :** Produkty uszczelniające i wyrównujące
- CCONC 7000:** Dodatkowe środki uszczelniające do betonu: iniekcje.

Tab. 4. Lista krajowych norm francuskich w rozdziale GREFD dla rozdziału CCONC RCC-CW 2016 wobec odpowiedniej listy w ETC-C 2010

Norma	Data	Tytuł
NF EN 206-1 /CN	12/2012	Concrete - Part 1: specification, performance, production and conformity - National addition to NF EN 206-1
NF P 15-317	09/2006	Hydraulic binders - Sea-water resisting cements
NF P 15-318	09/2006	Hydraulic binders - Cement with limited sulphides content for use in prestressed concrete. (usunięto w RCC-CW 2016)
NF P 15-319	01/2014	Hydraulic binders - Cements for works using waters with high sulfate content
NF P 18-363	12/2014	Admixtures for concrete, mortar and grout - Tusschenbroeck test
NF P 18-370	07/2013	Admixtures - Curing products for concrete and mortar - Definition, specifications and marking
NF P 18-424	05/2008	Concrete - Freeze test on hardened concrete - Freeze in water - Thaw in water
NF P 18-425	05/2008	Concrete - Freeze test on hardened concrete - Freeze in water - Thaw in water
NF P18-454*	12/2004	Concrete - Reactivity of a concrete formula with regard to the alkali-aggregate reaction - Performance test

### Part C Appendices

- CA TOLERANCES
- CB CONCRETE PROPERTIES ACCORDING TO EXPOSURE CLASSES
- CC INFORMATION AND REQUIREMENTS RELATIVE TO PRESTRESSING SYSTEMS
- CD TRANSLATION OF THE REQUIREMENTS FROM 'NF MARK' CEMENTS, 'NF MARK' ADMIXTURES AND CURING COMPOUNDS, AND 'NF MARK' SPECIAL PRODUCTS FOR CONSTRUCTION WITH HYDRAULIC CONCRETE
- CE TRANSLATION OF NF P 18-576: DETERMINATION OF FRIABILITY COEFFICIENT FOR FINE AGGREGATES
- CF TRANSLATION OF NF P 18-459: TESTING HARDENED CONCRETE — TESTING POROSITY AND DENSITY
- CG TRANSLATION OF NF P 18-507: WATER RETENTION TEST
- CH TRANSLATION OF NF P 18-454: POTENTIAL REACTIVITY OF A CONCRETE MIX WITH REGARDS TO ALKALI-SILICA REACTION
- CI SEISMIC ISOLATION SYSTEM

**Tabela 1. Porównanie zalecanych wartości granicznych dotyczących składu oraz właściwości betonu wg RCC-CW [4], PN-EN 1992-191:2008 [9] oraz PN-EN 206:2014 [6]**

*Table 1. Comparison of recommended limiting values for composition and properties of concrete according to RCC-CW [4], PN-EN 1992-191:2008 [9] and PN-EN 206:2014 [6]*

klasa ekspozycji	Korozja spowodowana karbonatyzacją				Korozja spowodowana chlorkami						Agresja spowodowana zamrażaniem/rozmarzaniem				Środowiska agresywne chemicznie				
					Woda morską			Chlorki nie pochodzące z wody morskiej											
	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3		
<b>RCC-CW</b>																			
min klasa wytrzymałości	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50	C35/45	C40/50	C40/50	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C40/50	C40/50		
max w/b*	0,55	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,45	0,45		
<b>Eurokod 2, czyli PN-EN 1992-1-1:2008 Załącznik E</b>																			
Wskazana klasa betonu	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	-	C30/37	C30/37	C35/45		
<b>PN-EN 206:2014 Załącznik F</b>																			
min klasa wytrzymałości	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45		
max w/c*	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45		
min. zaw. powietrza (%)	-				-				-				4,0			-			
inne wymagania	-				-				-				kruszywo zgodne z EN 12620 o odpowiedniej mrozoodporności				cement odporny na siarczany		

\* zarówno współczynnik w/b jak i w/c należy obliczać zgodnie z koncepcją współczynnika k, czyli  $w/b = \text{woda}/(\text{cement} + k \cdot \text{dodatek})$



Table 2. Exposure class description and performance test selection for specific conditions in France  
 Tabela 2. Dobór klasy ekspozycji i wybór badania mrozoodporności dla wybranych warunków we Francji

Exposure class	PN-EN 206:2014		NF EN 206/CN [12]		Performance test according to RCC-CW [17]
	Saturation	De-icing	Freezing zone	De-icing zone	
XF1	Moderate	No	Mild/Moderate	No-deicing/Not frequent	–
XF2	Moderate	Yes	Mild/Moderate	Frequent/Very frequent	NF P 18-425 [22]*
XF3	High	No	Severe	No-deicing/Not frequent	NF P 18-424 [21]
XF4	High	Yes	Severe	Frequent/Very frequent	NF P 18-424 [21]

Table 4. Limiting values for composition and properties of concrete to resist freezing and thawing according to BS 8500-1:2006 [1]  
 Tabela 4. Wartości graniczne dla składu i właściwości betonu z uwagi na mrozoodporność zgodnie z BS 8500-1:2006 [1]

Exposure class	Min. strength class	Max w/c ratio	min. air content and min. cement or combination content (kg/m <sup>3</sup> ) for max. aggregate size			
			32/40 mm	20 mm	14 mm	10 mm
XF1	C20/25	0,60	3,0 260	3,5 280	4,5 300	5,5 320
	C28/35	0,60	– 260	– 280	– 300	– 320
XF2	C25/30	0,60	3,0 260	3,5 280	4,5 300	5,5 320
	C32/40	0,55	– 280	– 300	– 320	– 340
XF3	C25/30	0,60	3,0 260	3,5 280	4,5 300	5,5 320
	C40/50	0,45	– 320	– 340	– 360	– 360
XF4	C28/35	0,55	3,0 280	3,5 300	4,5 320	5,5 340
	C40/50	0,45	– 320	– 340	– 360	– 360

Agresja spowodowana zamrażaniem/rozmarżaniem			
XF1	XF2	XF3	XF4
C30/37 0,50	C30/37 0,50	C30/37 0,50	C35/45 0,45
C30/37	C25/30	C30/37	–
C30/37 0,55	C25/30 0,55	C30/37 0,50	C30/37 0,45
–	–	4,0	–
kruszywo zgodne z EN 12620 o odpowiedniej mrozoodporności			

Similar concept is in German DIN 1045-2:2008 but due to more severe climate the requirements are more restricted as the limit value of air content depending on the aggregate size is:

- up to 8 mm ≥ 5,5 %;
- up to 16 mm ≥ 4,5 %;
- up to 32 mm ≥ 4,0 %;
- up to 64 mm ≥ 3,5 %.

Probably in the nearest future the same idea will be implemented in new version of  
**PN-B-06265:2004**





# Wymagania szczegółowe

## *Detail requirements*

Obiekty części nienuklearnej obejmują normy:

**ACI 318-14:** Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary

**ACI 301-16:** Specifications for Structural Concrete

Obiekty istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego należy projektować i wykonywać zgodnie z

**ACI 349-13:** Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures and Commentary

**ACI 349.3R-02:** Evaluation of Existing Nuclear Safety-Related Concrete Structures

**ACI 349.2R-07:** Guide to the Concrete Capacity Design (CCD) Method—Embedment Design Examples

**ACI 349.1R-07:** Reinforced Concrete Design for Thermal Effects on Nuclear Power Plant Structures



Komitet 359 – Concrete Containments for Nuclear Reactors, wspólny komitet ACI I ASME:

**ACI 359-07:** Code for Concrete Containments – Rules for Construction of Nuclear Facility Components

**ACI 211.1-91:** Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (Reapproved 2009)

**ACI 221R-96:** Guide for Use of Normal Weight and Heavyweight Aggregates in Concrete (Reapproved 2001)

**ACI 304.3R-96:** Heavyweight Concrete: Measuring, Mixing, Transporting, and Placing (Reapproved 2004)

**ACI 207.1R-05:** Guide to Mass Concrete (Reapproved 2012)

**ACI 207.2R-07:** Report on Thermal and Volume Change Effects on Cracking of Mass Concrete

**ACI 207.3R-94:** Practices for Evaluation of Concrete in Existing Massive Structures for Service Conditions (Reapproved 2008)

**ACI 207.4R-05:** Cooling and Insulating Systems for Mass Concrete (Reapproved 2012)

**ACI 207.5R-11:** Report on Roller-Compacted Mass Concrete

**ACI 364.11T-15:** Managing Alkali-Aggregate Reaction Expansion in Mass Concrete

Wykonywanie konstrukcji z betonu powinno natomiast odbywać się zgodnie z:

**ACI 304R-00:** Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete (Reapproved 2009).

# Wymagania szczegółowe

## *Detail requirements*



American Nuclear Society



Wśród ponad 80-ciu aktualnych norm dwie dotyczą bezpośrednio betonu jako materiału osłonowego:

**ANSI/ANS-6.4-2006 (R2016):** Nuclear Analysis and Design of Concrete Radiation Shielding for Nuclear Power Plants  
(Revision of ANS 6.4-1997; R2004)

**ANSI/ANS-6.4.2-2006 (R2016):** Specification for Radiation Shielding Materials (Revision of ANS-6.4-1985; R1997; R2004)



Na aż 2444 normy z zakresu budownictwa zawartych w Section 4 Annual Book of ASTM Standards 2017, składa się:

Volume 04.01: Cement; Lime; Gypsum (139)

Volume 04.02: Concrete and Aggregates (186)

Volume 04.03: Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems (287)

Volume 04.04: Roofing, Waterproofing (172)

Volume 04.05: Chemical-Resistant Nonmetallic Materials; Vitriified Clay Pipe; Concrete Pipe; Fiber Reinforced Cement Products; Mortars and Grouts; Masonry; Precast Concrete (285)

Volume 04.06: Thermal Insulation; Building and Environmental Acoustics (220)

Volume 04.07: Building Seals and Sealants; Fire Standards; Dimension Stone (201)

Volume 04.08: Soil and Rock (I): D421-D5876 (204)

Volume 04.09: Soil and Rock (II): D5878-latest (167)

Volume 04.10: Wood (90)

Volume 04.11: Building Constructions (I): E72-E2110 (160)

Volume 04.12: Building Constructions (II): E2112--latest; Sustainability; Asset Management; Technology and Underground Utilities (182)

Volume 04.13: Geosynthetics (151)

# Wymagania szczegółowe

## *Detail requirements*



Canadian Nuclear Safety Commission CNSC wydała w 2008 roku dokument **RD-337: Design of New Nuclear Power Plants**, zawierający oczekiwania i wytyczne obejmujące projektowanie elektrowni jądrowych chłodzonych wodą i opierający się na dostosowaniu wytycznych zawartych w dokumencie **IAEA NS-R-1: Safety of Nuclear Plants: Design** do regulacji kanadyjskich.



Do norm kanadyjskich związanych z konstrukcjami betonowymi oraz betonowymi obudowami bezpieczeństwa dla elektrowni atomowych wydanych przez CSA:

<b>CSA A864:</b>	Guide to the Evaluation and Management of Concrete Structures Affected by Alkali-Aggregate Reaction
<b>CSA N285.5:</b>	Periodic inspection of CANDU nuclear power plant containment components
<b>CSA N287.1-93 (R2004):</b>	General Requirements for Concrete Containment Structures for CANDU Nuclear Power Plants
<b>CSA N287.2-08:</b>	Material Requirements for Concrete Containment Structures for CANDU Nuclear Power Plants
<b>CSA N287.3-93 (R2004):</b>	Design Requirements for Concrete Containment Structures for CANDU Nuclear Power Plants
<b>CAN/CSA-N287.4-92 (R2008):</b>	Construction, Fabrication and Installation Requirements for Concrete Containment
<b>CSA N287.5-93 (R2004):</b>	Examination and Testing Requirements for Concrete Containment Structures for CANDU
<b>CSA N287.6-94 (R2004):</b>	Pre-Operational Proof and Leakage Rate Testing Requirements for Concrete Containment
<b>CSA N287.7-08:</b>	In-service examination and testing requirements for concrete containment structures for CANDU nuclear power plants
<b>CSA S448.1-93 (R2005):</b>	Repair of Reinforced Concrete in Buildings

# Wymagania szczegółowe

## *Detail requirements*



Obecnie w skład specyfikacji KTA wchodzi ponad 100 dokumentów, z czego najważniejsze ze względu na projektowanie konstrukcji betonowych i żelbetowych są:

- KTA-GS-78:** Recommendations Regarding the Application of KTA Safety Standards Considering Current Structural Engineering Standards
- KTA 2201.3:** Design of Nuclear Power Plants Against Seismic Events; Part 3: Civil Structures



Do celów projektowania i budowy obiektów z betonu w elektrowniach jądrowych, należy zaliczyć opracowane przez DIN:

- DIN 25449:** Reinforced and prestressed concrete components in nuclear facilities - Safety concept, actions, design and construction
- DIN 25459:** Reinforces and prestressed concrete containment for nuclear power plants
- DIN 25413-1:** Classification of shielding concretes by proportion of elements - part 1: neutron shielding
- DIN 25413-2:** Classification of shielding concretes by proportion of elements - part 2: gamma shielding

# Wymagania szczegółowe

## *Detail requirements*

Japońskie normy projektowe i konstrukcje w zakresie obiektów inżynierskich betonowych i żelbetowych w elektrowniach atomowych opierają się przede wszystkim na wytycznych opracowanych przez Japoński Instytut Architektury (AIJ) oraz Japońskie Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników (JSME). Do najważniejszych należy zaliczyć:



**Architectural  
Institute of Japan**

**AIJ Standard for Structural Calculation of Reinforced Concrete Structures**, 1999, 412 pp., Architectural Institute of Japan, Tokyo 108-8414, Japan (in Japanese)

**AIJ Standard for Structural Design and Construction of Prestressed Concrete Structures**, 1998, 473 pp., Architectural Institute of Japan, Tokyo 108-8414, Japan (in Japanese)



**Standard Specifications for Concrete Structures**, Japan Society of Civil Engineers, Tokyo, 160-0004, Japan, 2002:

Part 1. Structural Performance Verification (Japanese version, 257 pp.; English version, 274 pp.)

Part 2. Seismic Performance Verification (Japanese version, 133 pp.; English version, 47 pp.)

Part 3. Materials and Construction (Japanese version, 380 pp.; English version, 443 pp.)

**JSME S NC1:** Rules on Design and Construction for Nuclear Power Plants. (JSME Design and Construction Code)

**JSME S NE1:** Rules on Concrete Containment Vessels for Nuclear Power Plants

**JEAG 4601:** Technical Guidelines for Seismic Design of Nuclear Power Plant





# Wymagania szczegółowe

## *Detail requirements*

**Guide YVL 4.1: Concrete structures for nuclear facilities**, który 15 listopada 2013 został zastąpiony przez **Guide YVL E.6: Buildings and structures of a nuclear facility**.

*„Konstrukcje, materiały i wyniki ich badań powinny spełniać wymagania fińskiego prawa, przepisów i norm budowlanych. Jeżeli fińskie przepisy, kody i normy są niewystarczające, mogą być wykorzystane przepisy i wytyczne zagraniczne, ale należy w takim przypadku udowodnić, że dane przepisy, kody i standardy mają zastosowanie w tej materii.”*

### **Beton:**

**SFS-EN 206+A1:2016:** Concrete. Specification, performance, production and conformity

**SFS-7022:2015:** Concrete. Application of standard SFS-EN 206-1 in Finland

### **Cement:**

**SFS-EN 197-1:2012:** Cement. Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements

**SFS-7022:2015:** Concrete. Application of standard SFS-EN 206-1 in Finland

### **Kruszywo:**

**SFS-EN 12620+A1:2008:** Aggregates for concrete

**SFS 7003:2016:** Concrete aggregates are the characteristics required for different applications and the requirements for them

### **Woda:**

**SFS-EN 1008:2002:** Mixing water for concrete. Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete

### **Domieszki:**

**SFS-EN 934-2:2013:** Admixtures for concrete, mortar and grout. Part 2: Concrete admixtures. Definitions, requirements, conformity, marking and labelling

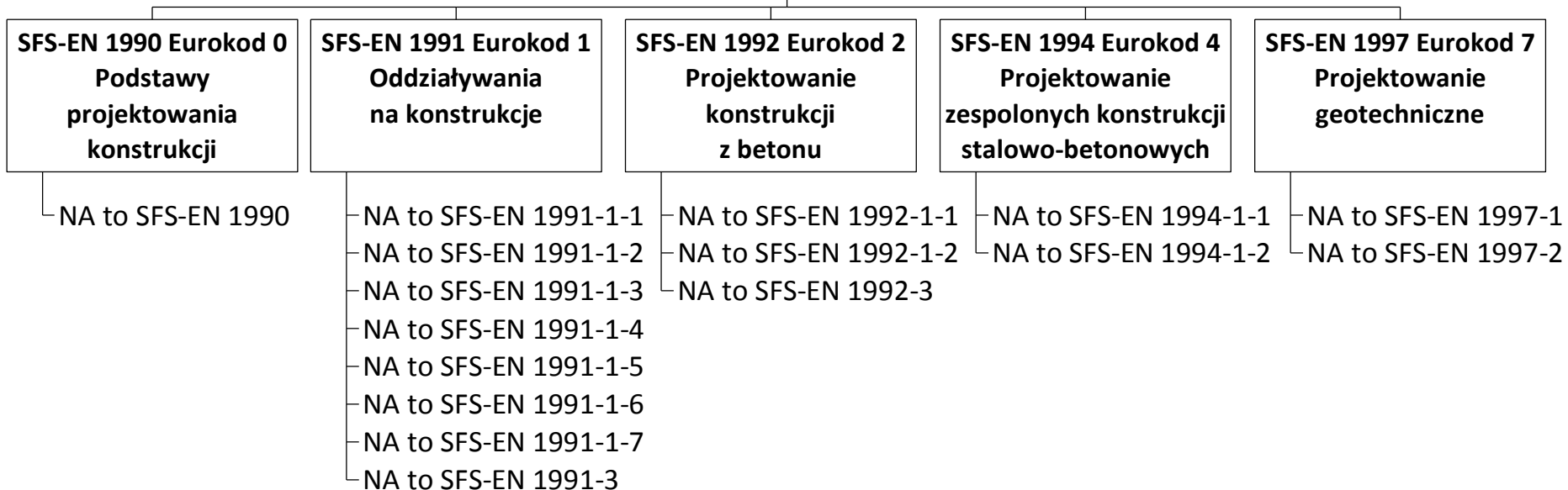
# Wykorzystanie kodów w Finlandii

## *Use of codes – Finland case*

W przypadku projektu Olkiluoto 3 w Finlandii urządzenia mechaniczne z najwyższych klas bezpieczeństwa (klasy 1 i 2) były projektowane i produkowane zgodnie z jednym z trzech kodów nuklearnych: **RCC-M, ASME Sekcja III i KTA**

Prace budowlane były realizowane **zgodnie z lokalnymi wymaganiami fińskimi**, w tym:  
**The National Building Code of Finland (RakMK)**, Ministry of the Environment  
**BY50, Concrete Code 2012** (a new version is BY65:2016), Concrete Association of Finland

### Fińskie krajowe załączniki do Eurokodów



# Wykorzystanie kodów w UK

## *Use of codes – UK case*

Firma Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. w swojej propozycji projektu reaktora UK ABWR wymagania techniczne dla obiektów inżynierskich oparła na kodach **ASME BPVC Sec. III and Division 2 for Reinforced Concrete Containment Vessel** oraz **ACI 349 z ANSI/AISC N690**.

*Tab.5. Zestawienie norm proponowanych przez Hitachi-GE dla obiektów inżynierskich przy budowie reaktora UK ABWR [13]*

<b>Numery normy</b>	<b>Tytuł</b>
ASME BPVC Sec. III Division 2	Rules for Construction of Nuclear Facility Components, Division 2: Code for Concrete Containments
ACI 349	Code Requirements for Nuclear Safety- Related Concrete Structures
ANSI /AISC N690	Specification for Safety-Related Steel Structures for Nuclear Facilities
NUREG-800	USNRC Standard Review Plan for Review of Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants- LWR Edition 3.8.1 Concrete Containments 3.8.4 Other Seismic Category I Structure 3.8.5 Foundation
RG 1.136	Design Limits, Loading Combinations, Materials, Construction, and Testing of Concrete Containments
RG 1.142	Safety-Related Concrete Structures for Nuclear Power Plants (Other than Reactor Vessels and Containments)
ACI 318	Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary
ANSI/AISC 360	Specification for Structural Steel Buildings

# Wykorzystanie kodów w UK

## *Use of codes – UK case*

Jednym z ważniejszych elementów procesu regulacyjnego w Wielkiej Brytanii związanego z analizą projektu z uwzględnieniem bezpieczeństwa jądowego i systemów zabezpieczeń jest tzw.

### Ogólna Ocena Projektu (Generic Design Assessment – GDA)



Rok	1				2				3				4				5			
Kwartał	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
UK UPR	ETAP 1		ETAP 2		ETAP 3				ETAP 4				GDA							
AP 1000	ETAP 1		ETAP 2		ETAP 3				ETAP 4											
UK ABWR	ETAP 1		ETAP 2		ETAP 3				Etap 4*											
W teorii			ok. 6-8 mies.		ok. 12 mies.				ok. 28 mies.											

Rok	6				7				8				9				10			
Kwartał	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
UK UPR	GDA																			
AP 1000	przerwa								GDA											
UK ABWR																				
W teorii																				

\* w trakcie realizacji

# Wykorzystanie kodów w Polsce

## *Use of codes – Poland case*

W ustawie **Prawo Atomowe** zapisano, że w projekcie i procesie budowy obiektu jądrowego nie stosuje się rozwiązań i technologii, które nie zostały sprawdzone w praktyce w obiektach jądrowych lub za pomocą prób, badań oraz analiz (Art. 36b).

Art. 36c p.3) stanowi, że to ***Rada Ministrów określi, w drodze rozporządzenia, wymagania bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, jakie ma uwzględniać projekt obiektu jądrowego, dla różnych rodzajów obiektów jądrowych, mając na uwadze konieczność zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego, ochrony radiologicznej, ochrony fizycznej i zabezpieczeń materiałów jądrowych podczas rozruchu, eksploatacji i likwidacji obiektu jądrowego oraz możliwość przeprowadzenia sprawnego postępowania awaryjnego w przypadku wystąpienia zdarzenia radiacyjnego, a także biorąc pod uwagę wydane w tym zakresie zalecenia Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej oraz Stowarzyszenia Zachodnioeuropejskich Organów Nadzoru Instalacji Jądrowych.***

**Zezwolenia na budowę elektrowni jądrowej udziela natomiast Prezes PAA** w oparciu o przeprowadzone przez Inwestora analizy w zakresie bezpieczeństwa jądrowego, z uwzględnieniem czynnika technicznego i środowiskowego.



# Co PAA może zrobić?

## *What PAA can do?*

Najprostszym sposobem mogłoby być bezpośrednio przywołanie wymagań z konkretnych dokumentów omówionych wcześniej. Rozwiązanie to jednak ma istotne wady takie jak:

- **wymagania poszczególnych dokumentów są w wielu miejscach niespójne, a nawet sprzeczne** - należy więc jednoznacznie opowiedzieć się za jednym rozwiązaniem
- **niedostosowanie do warunków w Polsce**, które są odmienne od warunków w krajach wydających zalecenia
- **nieuwzględnienie procedur krajowych** dla spełnienia szczególnych wymagań
- **wprowadzenie obligatoryjności norm i procedur badawczych, które nie są w Polsce stosowane** i nie ma akredytowanych podmiotów mogących przeprowadzić niektóre wymagane badania

Z tego względu **określenie szczegółowych wymagań** w odniesieniu do obiektów z betonu w elektrowni jądrowej z pewnością będzie wymagało wsparcia innych instytucji (np. **Uczelni Wyższych, PKN czy PCA**),

# Łańcuch dostawców

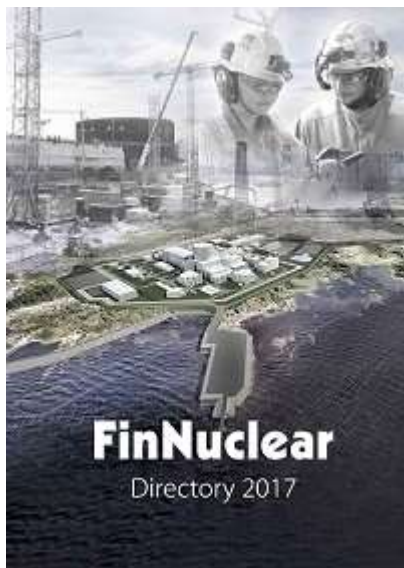
## *Supply chain*

- w 2011 roku zakończyła się budowa bloku energetycznego o mocy 858 MW w **Bełchatowie**
- od lutego 2014 roku trwa budowa bloków 5 i 6 o łącznej mocy 1800 MW w należącej do PGE **Elektrowni Opole**, która jest zrealizowana w 80 procentach. Zgodnie z harmonogramem blok nr 5 ma zostać przekazany do eksploatacji w lipcu 2018 r., a blok nr 6 w lutym 2019 r. Inwestycję o wartości ponad 11,6 mld zł brutto realizuje konsorcjum firm: Rafako, Polimex-Mostostal i Mostostal Warszawa przy współudziale Alstom Power
- od listopada 2014 roku trwa budowa bloku 910 MW w elektrowni należącej do Grupy Tauron **Elektrowni Jaworzno** (kontrakt o wartości 4,4 mld zł netto) z przewidywanym terminem przekazania do eksploatacji na październik-listopad 2019 roku
- od grudnia 2014 konsorcjum Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe, Budimex oraz Tecnicas Reunidas realizują budowę nowego bloku o mocy 450 MW w **Elektrowni Turów** należącej do PGE, planowany termin realizacji to 2-gi kwartał 2020 roku
- 19 grudnia 2017 roku jest planowany termin zakończenia budowy bloku nr 11 o mocy 1075 MW w **Kozienicach**. Wartość umowy konsorcjum Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe i Polimeksu-Mostostalu na budowę bloku w Kozienicach opiewa na 5,1 mld zł netto, a Zakres Polimeksu przewiduje prace budowlano-montażowe, których udział w kontrakcie wynosi 42,6 proc., czyli 2,17 mld zł.

# Łańcuch dostawców

## *Supply chain*

W PPEJ zaznaczono, że analizę przedsiębiorstw pod kątem możliwości uczestnictwa w programie jądrowym wykonuje samodzielnie potencjalny dostawca produktów i usług, natomiast ich „akredytację” od strony systemów zarządzania oraz zapewnienia jakości dokonuje dostawca technologii, który osobiście odpowiada i gwarantuje zapewnienie właściwej jakości oraz standardów powierzonych mu usług. Zatem **to inwestor i/lub bezpośredni dostawca technologii jądrowej określi listą produktów oraz usług, których wykonanie może być powierzone przedsiębiorstwom krajowym.**



SUBSCRIBE

- Join AREVA supply chain
- How does the supplier portal work?
- On-line form
- Purchasing policy

JOIN AREVA SUPPLY CHAIN



With the resurgence of nuclear power, the needs of AREVA are dramatically expanding in many areas.

AREVA's approach to purchasing is to widen and optimize the scope of its suppliers world-wide by selecting the best technical and financial solutions.

To meet the requirements of local or international projects and satisfy our customers, long term partnerships are established with certain suppliers.

# Łańcuch dostawców

## Supply chain

### Hinkley Supply Chain

Engaging South West businesses

01823 443425 | Email

Home Work Packages News Training and Employment Business Support Events Property FAQs Contact Login



**SIZEWELL C SUPPLY CHAIN**

Suffolk Chamber of Commerce SZC

01473 694818

REGISTER NOW

heart of the south west

EDF ENERGY

North Somerset

Home Work Packages News Training and Employment Business Support Events Property FAQs Contact

### The Suffolk Chamber Sizewell C Supply Chain

EDF Energy and its partner investors are planning to build a multi-billion construction at Sizewell C which is a proposed 3.2 GW nuclear power plant with two EPR reactors (each of 1.6GW).

As part of its procurement strategy for Sizewell C, EDF Energy has partnered with the Suffolk Chamber of Commerce to manage the Suffolk Chamber Sizewell C Supply Chain team which is delivering a supply chain solution for EDF Energy and its contractors by engaging with Suffolk businesses that want to become part of the supply chain.



# Wymagania jakościowe

## *Quality requirements*

Należy zaznaczyć, że wymagania techniczne co do poszczególnych elementów projektu jądrowego nie są jedynymi, które są stawiane podwykonawcom – również potencjalnie polskim. Druga, bardzo istotna grupa to **wymagania dotyczące zarządzania jakością** sformułowane w poniższych dokumentach i normach:

- **ISO 9001:2015** - Systemy zarządzania jakością - Wymagania
- **PN-EN ISO 14001:2015** - Systemy zarządzania środowiskowego - Wymagania i wytyczne stosowania
- **PN-N-18001:2004** - Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy - Wymagania
- **IAEA Safety Standards Series No. GS-R-3:2006** - The Management System for Facilities and Activities (obecnie trwają prace nad aktualizacją dokumentu, która ukaże się w 2017 r. i otrzyma nazwę GS-R-2);
- **IAEA Safety Standards Series No. GS-G-3.5:2009** - The Management System for Nuclear Installations
- **ASME NQA-1-2015** - Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Applications;
- **RCC-CW Part G Appendix GA** – RPP Management system
- **NSQ-100** – nowa norma oparta na ISO 9001:2008 oraz dwóch innych standardach w przemyśle jądrowym IAEA GS-R-3:2006 i ASME NQA-1-2008
- **ISO 19443** - Quality management systems - Specific requirements for the application of ISO 9001 and IAEA GS-R requirements by organizations in the supply chain of the nuclear energy sector (pierwsza edycja zostanie opracowana prawdopodobnie pod koniec 2017 r.)

*Thank you for your kind attention*



*Tomasz Piotrowski, Ph.D. Eng.*



Department of Building Materials  
Engineering  
Institute of Building Engineering  
Faculty of Civil Engineering  
Warsaw University of Technology

Al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warsaw, POLAND  
tel.:+48 22 234 64 80  
fax:+48 22 825 75 47  
mail:[t.piotrowski@il.pw.edu.pl](mailto:t.piotrowski@il.pw.edu.pl)