

Warszawa, 2020



Polski przemysł dla energetyki jądrowej

WYTYCZNE

WSPOMAGAJĄCE DZIAŁANIA PRZEDSIĘBIORSTW KRAJOWYCH W BUDOWIE ELEKTROWNI JĄDROWYCH

ZBIORNIKI CIŚNIENIOWE KLASY 1, 2, 3 ORAZ NIE OBJĘTE KLASYFIKACJĄ
W ELEKTROWNIACH JĄDROWYCH



Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa

Autor opracowania:

dr inż. Jerzy Niagaj, prof. nzw. – Pełnomocnik ds. Energetyki Jądrowej

Zamawiający:

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

ul. Wawelska 52/54

00-922 Warszawa

Zakres wytycznych:

Niniejsze wytyczne zawierają zestawienie wymagań zawartych w najczęściej stosowanych na świecie amerykańskich i francuskich kodach jądrowych w zakresie wytwarzania zbiorników ciśnieniowych elektrowni jądrowych.

Projekt współfinansowany ze środków Ministerstwa Klimatu i Środowiska.

Wszelkie uwagi, sugestie i propozycje co do dalszych działań w zakresie przygotowania polskiego przemysłu do kooperacji z energetyką jądrową prosimy przesyłać na adres pocztowy: Ministerstwo Klimatu i Środowiska, ul. Wawelska 52/54, 00-922 Warszawa lub na adres e-mail: andrzej.sidlo@klimat.gov.pl

Wytyczne nr: W/MKiŚ/DEJ/IS/07/20, Wydanie 1

ISBN 978-83-61272-02-1

Classes 1, 2, 3 and non-nuclear pressure vessels in nuclear power plants.

Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa, 2020.

Nakład 500 szt.

© Wszystkie prawa zastrzeżone

SPIS TREŚCI

	str.
1 Wprowadzenie	5
2 Zbiorniki ciśnieniowe w elektrowniach jądrowych	8
2.1 Klasyfikacja zbiorników ciśnieniowych w elektrowniach jądrowych	8
2.2 Podstawowe zbiorniki ciśnieniowe w elektrowniach z reaktorem PWR	16
3 Wymagania dotyczące zbiorników ciśnieniowych klasy 1, 2, 3 wg przepisów ASME i AFCEN	25
3.1 Wymagania ASME Section III	25
3.1.1 Class 1 Components: ASME Section III, Division 1 – Subsection NB	28
3.1.2 Class 2 oraz Class 3 Components	32
3.1.3 Supports: ASME Section III, Division 1 – Subsection NF	34
3.2 Wymagania sekcji RCC-M przepisów AFCEN	37
3.2.1 Class 1 Components	38
3.2.2 Class 2 Components	45
3.2.3 Class 3 Components	52
3.2.4 Small Components	56
3.2.5 Supports	58
4 Wymagania dotyczące zbiorników ciśnieniowych nie objętych klasyfikacją wg ASME Section III oraz AFCEN RCC-M	63
4.1 Zbiorniki nie objęte klasyfikacją wg ASME Section III	63
4.2 Zbiorniki nie objęte klasyfikacją wg AFCEN RCC-M	64

5	Wymagania norm KTA oraz przepisów PNAE dotyczące zbiorników ciśnieniowych elektrowni jądrowych	65
5.1	Wymagania niemieckich norm KTA	65
5.2	Wymagania rosyjskich przepisów PNAE	66
6	Zestawienie tabelaryczne podstawowych wymagań zawartych w poszczególnych przepisach i normach	58
7	Podsumowanie	71
8	Piśmiennictwo	74

1 Wprowadzenie

Znowelizowany Program Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) zakłada budowę w Polsce kilku bloków energetycznych o łącznej mocy od 6 do 9 GWe w okresie do 2043 roku, przy czym uruchomienie pierwszego bloku elektrowni jądrowej powinno nastąpić w 2033 roku [1]. Równoległe z pracami nad nowelizacją ww. programu, Polska podjęła dialog ze Stanami Zjednoczonymi Ameryki w obszarze bezpieczeństwa energetycznego, w tym budowy elektrowni jądrowej w Polsce. Efektem tego dialogu było podpisanie w październiku 2020 r. polsko-amerykańskiej umowy o współpracy w zakresie rozwoju energetyki jądrowej oraz cywilnego przemysłu jądrowego w Polsce. Dokument zakłada, że w ciągu najbliższych 18 miesięcy Stany Zjednoczone i Polska będą pracować nad raportem dotyczącym projektu wdrożenia polskiego programu jądrowego oraz zagadnień finansowych, co będzie podstawą dla ostatecznych decyzji podejmowanych przez polski rząd oraz długoterminowego zaangażowania USA w rozwój polskiej energetyki jądrowej. Umowa opisuje także kwestie wsparcia podmiotów gospodarczych, regulacji, badań oraz szkoleń, rozwoju łańcuchów dostaw oraz podnoszenia świadomości dotyczącej energetyki jądrowej w społeczeństwie. Powyższe powoduje, że w chwili obecnej zdecydowanie zwiększa się zasadność podjęcia działań przez krajowe podmioty gospodarcze w zakresie przygotowania się do udziału w procesie budowy pierwszej elektrowni jądrowej, a następnie jej eksploatacji.

Podpisanie ww. umowy pomiędzy Polską a Stanami Zjednoczonymi spowodowało, że najbardziej prawdopodobnym dostawcą technologii jądrowej staje się amerykańska firma Westinghouse z reaktorem AP1000. Znowelizowany PPEJ nie wskazuje jednak konkretnego dostawcy technologii jądrowej, a zatem nie wyklucza możliwości budowy innych reaktorów typu PWR (Pressurized Water Reactor) o mocy 1000÷1650 MW netto, co sugerowałoby, że w Polsce ciągle pozostaje możliwość budowy koreańskiego reaktora APR-1400 lub francuskiego EPR firmy Framatome.

Jak już wielokrotnie wspomiano w poprzednich Wytocznych [2÷7], w związku z brakiem elektrowni jądrowych, Polska nie posiada własnych przepisów dotyczących projektowania, wytwarzania i eksploatacji jądrowych urządzeń technicznych. W ramach przygotowań do budowy pierwszej elektrowni jądrowej w kraju, opracowano jednak dwa rozporządzenia dotyczące ww. zagadnień. Pierwsze z tych rozporządzeń dotyczy rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi

technicznemu w elektrowni jądrowej [8], natomiast drugie opisuje warunki techniczne dozoru technicznego dla urządzeń technicznych lub urządzeń podlegających dozorowi technicznemu w elektrowni jądrowej [9]. To drugie rozporządzenie zakłada, że do projektowania, materiałów i elementów stosowanych do wytwarzania, naprawy lub modernizacji, wytwarzania, eksploatacji, naprawy i modernizacji oraz likwidacji urządzeń elektrowni jądrowej należących do odpowiedniej klasy bezpieczeństwa stosuje się wymagania techniczne określone w dokumentach odniesienia mających zastosowanie do tych urządzeń, o ile przepisy rozporządzenia nie stanowią inaczej. Z kolei do urządzeń elektrowni jądrowej, dla których nie określono klasy bezpieczeństwa, stosuje się wymagania zawarte w normach technicznych właściwych dla danych urządzeń oraz w innych specyfikacjach technicznych dotyczących wymagań projektowych, o ile przepisy niniejszego rozporządzenia nie stanowią inaczej. Z powyższego wynika więc, że dokumentami odniesienia mającymi zastosowanie do konstrukcji i urządzeń elektrowni jądrowych należących do odpowiedniej klasy bezpieczeństwa polski regulator jądrowy, którym jest Państwowa Agencja Atomistyki (PAA), może przyjąć różne przepisy, kody i normy, w tym:

- **ASME** (USA),
- **AFCEN** (Francja),
- **KEPIC** (Korea Południowa).

Przepisy amerykańskie ASME B&PVC (*American Society of Mechanical Engineers Boiler and Pressure Vessel Code*) są bardzo rozbudowane i dotyczą wszystkich urządzeń ciśnieniowych. W przypadku urządzeń ciśnieniowych energetyki jądrowej wymagania są opisane w ASME Section III [10]. Sekcja ta wraz innymi sekcjami ASME, do których odwołuje się Section III, jest stosowana podczas budowy elektrowni jądrowych nie tylko w Stanach Zjednoczonych, lecz również w wielu innych krajach na świecie. Co więcej, przepisy jądrowe takich krajów jak Japonia, Korea Południowa oraz Kanada są oparte o ASME B&PVC, a istniejące niewielkie różnice lub rozszerzenia wynikają z uwarunkowań lokalnych lub konstrukcyjnych osobliwości technicznych.

Ze względu na uruchomienie w 2018 roku w Chinach (Taishan) elektrowni jądrowej z reaktorami typu EPR, ciągle aktualnym potencjalnym dostawcą technologii jądrowej pozostaje francuski koncern FRAMATOME, co warunkuje, że budowa

elektrowni jądrowej w Polsce może przebiegać w oparciu o wymagania francuskich przepisów AFCEN (*Association Française pour les règles de Conception, de construction et de surveillance en exploitation des matériels des Chaudières Electro Nucléaires*, co tłumaczy się na język angielski jako: *French Association for the rules governing the Design, Construction and Operating Supervision of the Equipment Items for Electro Nuclear Boilers*). Przepisy AFCEN, w tym sekcja RCC-M dotycząca urządzeń ciśnieniowych [11], są od ponad 40 lat rozwijane we Francji w sposób niezależny od kodu ASME, co przyczyniło się do zdecydowanie innej ich struktury, a w niektórych przypadkach również zawartości. Nie zmienia to jednak faktu, iż odpowiednie sekcje obydwu kodów AFCEN i ASME są zasadniczo do siebie podobne.

Oprócz ww. dwóch podstawowych kodów „jądrowych”, na świecie stosuje się inne przepisy, które mają zastosowanie w krajach posiadających własne technologie jądrowe lub krajach, które nie posiadają własnej technologii jądrowej, ale od wielu lat eksploatują elektrownie jądrowe wybudowane przez różnych dostawców. Powoduje to, że podczas napraw i serwisów stosowane są odpowiednie przepisy dostawcy lub przepisy krajowe. Do grupy urządzeń, które są planowo lub awaryjnie naprawiane lub wymieniane, zalicza się zbiorniki ciśnieniowe o różnym przeznaczeniu. A zatem w dobie globalizacji rynków, polskie firmy mają szanse na dostarczanie ww. wyrobów ciśnieniowych nie tylko na rynek Polski, ale na rynki innych krajów europejskich, azjatyckich i innych.

W związku z powyższym, w dalszej części niniejszych wytycznych główną uwagę zwrócono na wymagania zawarte w dwóch podstawowych kodach: amerykańskim ASME oraz francuskim AFCEN, ale dodatkowo opisano również wymagania norm niemieckich KTA i przepisów rosyjskich PNAE.

W opracowaniu zestawiono wymagania w zakresie wytwarzania zbiorników ciśnieniowych klasy 1, 2, 3 i nie objętych tą klasyfikacją podczas budowy elektrowni jądrowych i innych obiektów jądrowych.

Wytyczne są przeznaczone dla przedsiębiorstw, które przygotowują się do uruchomienia produkcji urządzeń lub konstrukcji, jak również świadczenia usług na rzecz budowy elektrowni jądrowych zarówno w kraju, jak i za granicą.

2 Zbiorniki ciśnieniowe w elektrowniach jądrowych

2.1 Klasyfikacja zbiorników ciśnieniowych w elektrowniach jądrowych

Zbiorniki ciśnieniowe są nieodzownym elementem nie tylko elektrowni konwencjonalnych pracujących na paliwie stałym, ciekłym lub gazowym, lecz także wykorzystujących paliwo jądrowe. Niezależnie od rodzaju elektrowni, w każdej z nich określona grupa zbiorników pełni podstawowe zadania technologiczne, ale jednocześnie praca elektrowni nie byłaby możliwa bez całego szeregu bardziej lub mniej istotnych zbiorników, systemów i instalacji pomocniczych, których niezawodne działanie jest nie mniej ważne, niż zbiorników podstawowych. Urządzenia ciśnieniowe w zależności od przeznaczenia pracują w różnych warunkach środowiskowych oraz są wypełnione różnymi substancjami roboczymi, jak również powinny spełniać różne wymagania, m.in. w zakresie temperatury pracy i ciśnienia (nadciśnienia lub podciśnienia (próżnia)). W związku z istotną rolą zbiorników ciśnieniowych w zapewnieniu bezpiecznej i niezawodnej pracy całego zakładu, zasady ich projektowania, wytwarzania i odbioru podlegają znormalizowaniu, np. w oparciu o wymagania PED, ASME lub norm serii EN, EN ISO, API, NORSOK itd., co zależy od branży przemysłowej oraz kraju, w którym te zbiorniki będą eksploatowane.

Elektrownia jądrowa jest szczególnym i bardzo skomplikowanym obiektem przemysłowym. Podczas pracy tego rodzaju elektrowni występuje dodatkowe zagrożenie w postaci promieniowania generowanego przez paliwo jądrowe, które jest wykorzystywane do inicjacji reakcji jądrowej. W wyniku tej reakcji wydziela się energia służąca do podgrzewania wody w reaktorach jądrowych i wytworzenia pary. Fakt ten powoduje, że zasady projektowania, wytwarzania i odbioru urządzeń ciśnieniowych istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego są ujęte w odrębnych, specjalnych przepisach tj. amerykańskie przepisy ASME Section III [10] oraz francuskie AFCEN RCC-M [11]. Niektóre układy elektrowni jądrowej nie mają jednak wpływu na bezpieczeństwo jądrowe, np. określone urządzenia ciśnieniowe wyspy turbinowej (konwencjonalnej). W związku z powyższym rozróżnia się dwie główne grupy konstrukcji, układów (systemów) i komponentów elektrowni jądrowych (*structures, systems and components (SSC)*):

- związane z bezpieczeństwem jądrowym (*safety-related*);
- nie związane z tym bezpieczeństwem (*non safety-related*).

W języku angielskim ostatnia grupa urządzeń i układów może być także opisana jako: *non-nuclear* lub *non-Code* lub *No Class* lub *unclassified* lub *Non-Safety (NS)* lub *Not Classified (NC)*.

Nie wszystkie jednak urządzenia i systemy związane z bezpieczeństwem jądrowym (*safety-related*) pełnią w elektrowni podobne funkcje oraz pracują w tych samych warunkach, a zatem ich uszkodzenie lub niewłaściwa praca nie stwarza podobne ryzyko dla ludzi i otoczenia. Aby zdefiniować i ujednoczyć podejście do poziomu bezpieczeństwa jądrowego Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej w Wiedniu (*International Atomic Energy Agency – IAEA*) wiele lat temu opracowała, a obecnie stale doskonali i publikuje cały szereg dokumentów w ramach serii *IAEA Safety Standards Series*. Konieczność sklasyfikowania urządzeń elektrowni jądrowej z uwagi na ich znaczenie dla bezpieczeństwa dostrzeżono już na wczesnych etapach projektowania i eksploatacji reaktorów jądrowych. Przedstawiona w dokumentach IAEA klasyfikacja opiera się przede wszystkim na doświadczeniach praktycznych oraz analizach wykonanych dla poszczególnych projektów. Celem opracowania klasyfikacji bezpieczeństwa (*Safety Classification*) przez IAEA było zidentyfikowanie i klasyfikacja struktur, systemów i komponentów (*Structures, Systems and Components – SSC*) obiektów jądrowych. Identyfikacja SSC i ich klasyfikacja są niezbędne do zapewnienia ochrony osób i środowiska przed szkodliwymi skutkami oddziaływania promieniowania jonizującego bazując na roli SSC w zapobieganiu wypadkom lub ograniczeniu radiologicznych skutków tych wypadków w razie ich wystąpienia. Na podstawie opracowanej przez IAEA klasyfikacji bezpieczeństwa, wszystkie SSC są projektowane, wytwarzane, instalowane, uruchamiane, eksploatowane, testowane, badane i serwisowane w oparciu o zatwierdzone postępowanie. Aby było to możliwe SSC powinny zostać zidentyfikowane i sklasyfikowane na podstawie ich funkcji i znaczenia dla bezpieczeństwa.

Realizację powyższych celów i założeń przedstawiono w dokumencie IAEA *Safety Standards Series No. SSG-30* [12], którego głównym celem jest przedstawienie zaleceń i wskazówek pomagających w spełnieniu wymagań dotyczących identyfikacji, a następnie klasyfikacji struktur, układów i komponentów

(SSC) obiektów jądrowych, w tym elektrowni jądrowych, które są istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa na podstawie ich funkcji i znaczenia dla bezpieczeństwa. Celem ww. wytycznych IAEA jest także zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa poprzez spełnienie odpowiednich wymogów jakościowych oraz niezawodności obiektów. Zasady projektowania inżynierskiego elementów ważnych dla bezpieczeństwa w elektrowni jądrowej muszą być określone i zgodne z odpowiednimi przepisami i normami krajowymi lub międzynarodowymi oraz stosować sprawdzone rozwiązania techniczne, z należywym uwzględnieniem ich przydatności do technologii jądrowej. IAEA opracowała wytyczne No. SSG-30 [12] przede wszystkim z myślą o organizacje zajmujące się projektowaniem elektrowni jądrowych, ale także organy regulacyjne poszczególnych krajów oraz organizacje wsparcia technicznego.

Wytyczne No. SSG-30 zalecają w pierwszej kolejności przeprowadzić kategoryzację funkcji mających zapewnić bezpieczeństwo na podstawie ich znaczenia dla tego bezpieczeństwa. Wytyczne IAEA rekomendują zastosować podział na trzy kategorie: *Safety category 1*, *Safety category 2* i *Safety category 3*. Po dokonaniu kategoryzacji następnym krokiem jest klasyfikacja SSC, które te funkcje będą realizować. W przypadku SSC wytyczne No. SSG-30 proponują podział na trzy klasy: *Safety class 1*, *Safety class 2* oraz *Safety class 3*, gdzie przynależność do pierwszej klasy oznacza, że awaria struktur, układów i komponentów (SSC) powoduje powstanie konsekwencji o dużej powadze. Z kolei awaria SSC sklasyfikowanych w klasie drugiej wywołuje konsekwencje o średnim, a trzeciej o niewysokim znaczeniu. Oprócz dokumentu No. SSG-30 [12], kwestie bezpieczeństwa jądrowego opisano w dokumentach IAEA No. SSR-2/1 (Rev. 1) [13], No. SGR Part 4 (Rev. 1) [14] oraz TECDOC-1787 [15].

Kategoryzacja i klasyfikacja bezpieczeństwa SSC ma wpływ na poziom pewności, którą zapewnią przepisy, kody i normy w zakresie projektowania i wykonania SSC. W przypadku zbiorników ciśnieniowych tymi przepisami są ASME Section III, Division 1 [16] oraz AFCEN RCC-M [11], które również zawierają klasyfikacje komponentów i struktur elektrowni jądrowej (*Code Classification*). W przypadku obydwu kodów klasyfikacja przewiduje podział urządzeń ciśnieniowych na trzy klasy: *Class 1*, *Class 2*, *Class 3*, przy czym do komponentów *Class 1* zawsze zalicza się zbiorniki i urządzenia ciśnieniowe będące częścią pierwotnego układu chłodzenia rdzenia reaktora, a więc reaktor jądrowy, wytwornice pary, stabilizator

ciśnienia, główną pompę cyrkulacyjną układu chłodzenia i główne rurociągi. Komponenty zaliczane do Class 2 to urządzenia będące elementami ważnymi z punktu widzenia bezpieczeństwa chłodzenia awaryjnego układu chłodzenia rdzenia. Do komponentów Class 3 zalicza się zbiorniki ciśnieniowe będące elementami niezbędnymi do funkcjonowania elektrowni jądrowej.

Mimo, że podział na klasy (*Code Class*) zastosowany w przepisach ASME Section III i AFCEN RCC-M opiera się na podobnych zasadach, jak podział na klasy bezpieczeństwa (*Safety Class*) według zaleceń IAEA oraz postanowień regulatorów krajowych, to klasyfikacje te nie są tożsame. Istnieją przypadki, gdy poszczególne systemy elektrowni jądrowej jest kwalifikowany do pierwszej (lub drugiej) klasy bezpieczeństwa, ale jednocześnie niektóre komponenty tego systemu są wykonywane z uwzględnieniem wymagań ww. przepisów projektowych nie tylko dla klasy pierwszej (lub drugiej), ale także drugiej (lub trzeciej).

W dokumencie IAEA TECDOC-1787 [15] stwierdza się, że mimo zaleceń i wskazówek IAEA, klasyfikacja bezpieczeństwa SSC jest ustanawiana przez organ regulacyjny poszczególnych krajów. W klasyfikacji krajowej należy więc wykazać wyraźny związek pomiędzy klasą bezpieczeństwa SSC a wymaganiami dotyczącymi wykonania komponentów zawartymi w odpowiednich przepisach projektowych, tj. ASME Section III lub AFCEN RCC-M. Przykładem takiego wyjaśniającego dokumentu może być Regulatory Guide RG 1.26 [17], który został opracowany przez amerykańskiego regulatora NRC (*Nuclear Regulatory Commission*). Wytyczne te wprowadzają podział na cztery grupy jakościowe (*Quality Group A, B, C and D*) oraz zawierają wskazówki, które systemy elektrowni jądrowej należałoby zaliczyć do odpowiedniej grupy jakościowej w zależności od ważności pełnionej funkcji. Dokument ten zawiera także opis relacji pomiędzy grupą jakościową a klasą wykonania komponentów. Zależność pomiędzy grupą jakościową wg RG 1.26 a klasą wykonania komponentu oraz sekcją i podsekcją przepisów ASME dla zbiorników ciśnieniowych i magazynowych przedstawiono w tabl. 2.1.

Tablica 2.1

Relacja pomiędzy grupą jakości wg RG 1.26 a klasą wykonania zbiorników wg ASME przedstawiona w dokumencie NUREG-0800, podrozdział 3.2.2

Component	Quality Group A	Quality Group B	Quality Group C	Quality Group D
Pressure Vessels	ASME Sect. III, Division 1, Subsection NB: Class 1	ASME Sect. III, Division 1, Subsection NC: Class 2	ASME Sect. III, Division 1, Subsection ND: Class 3	ASME Sect. VIII, Division 1
Atmospheric Storage Tanks	Not applicable	Class 2 (NC)	Class 3 (ND)	API-650, AWWA D100 or ANSI B96.1
0-15 psig Storage Tanks	Not applicable	Class 2 (NC)	Class 3 (ND)	API-620
Supports	Subsection NF provisions for Class 1 supports	Subsection NF provisions for Class 2 supports	Subsection NF provisions for Class 3 supports	Manufacturers standards

O decydującej roli dostawcy technologii jądrowej i organu regulującego w określeniu klasy bezpieczeństwa systemów i komponentów oraz klasy ich wykonania świadczy także zapis w podrozdziale NCA-2110 Subsection NCA przepisów ASME [18]. Stwierdza się w nim, że ASME Section III nie zawiera wskazówek do wyboru klasy bezpieczeństwa, aby pasowała ona do komponentu w danym systemie. Przepisy ASME Section III, ale także RCC-M, określają tylko zasady projektowania, wykonania, kontroli i badań urządzeń ciśnieniowych i ich wsporników w odniesieniu do różnych klas. Nie wskazują one natomiast na korelacje tych klas z klasami bezpieczeństwa poszczególnych struktur, systemów i komponentów, które zostały ustalone przez krajowy organ regulacyjny. Przyporządkowania poszczególnych układów, struktur i komponentów (SSC) do odpowiedniej klasy bezpieczeństwa jądrowego (*Safety Class*) lub grupy jakościowej (*Quality Group*) oraz wskazania klasy wykonania komponentów (*Code Class*) wg ASME Section III lub RCC-M dokonuje wyłącznie dostawca technologii jądrowej (wnioskodawca) na podstawie wskazówek regulatora krajowego, a następnie przedkłada dokument do zatwierdzenia podczas procesu licencyjnego.

Jako przykład klasyfikowania urządzeń przez dostawcę technologii jądrowej może posłużyć dokument *Design Control Document* (DCD) [19], który firma

Westinghouse złożyła w NRC (*Nuclear Regulatory Commission*) ubiegając się w USA o licencje na standardowy projekt reaktora AP1000. W dokumencie tym w rozdziale 3.2 „Classification of Structures, Components, and Systems” [20] opisano stosowane przez firmę zasady oraz strukturę klasyfikacji urządzeń i systemów związanych i nie związanych z bezpieczeństwem jądrowym, a także na kilkudziesięciu stronach przedstawiono w formie tabelarycznej spis poszczególnych komponentów i systemów wraz z ich klasyfikacją wg Westinghouse z podaniem równolegle odpowiedniej klasy wg ASME Section III (Class 1, 2 oraz 3), a także przynależności do grupy jakościowej Quality Group A, B, C oraz D wg Regulatory Guide RG 1.26 [17].

Jak wynika z dokumentu DCD [20], przyjęta przez firmę Westinghouse klasyfikacja obejmuje wszystkie urządzenia, konstrukcje i systemy elektrowni jądrowej, co powoduje, że klas stosowanych przez Westinghouse jest zdecydowanie więcej niż klas bezpieczeństwa wg zaleceń IAEA [12] lub grup jakościowych wg wytycznych NRC [17]. Urządzenia wg Westinghouse są sklasyfikowane w ramach: Class A, B, C, D, E, F, G, L, P, R lub W. Istotne jest jednak to, że w przypadku urządzeń ciśnieniowych podział na Class A, B i C wg Westinghouse odpowiada podziałowi na Class 1, 2 i 3 wg ASME Section III oraz Quality Group A, B i C wg wytycznych RG 1.26 [17]. Class D wg Westinghouse obejmuje urządzenia nie objęte klasą bezpieczeństwa wg IAEA i ASME. Pozostałe Class E, F, G, L, P, R i W również dotyczą urządzeń nie objętych klasą bezpieczeństwa wg IAEA i ASME, ale dodatkowo są powiązane z poszczególnymi branżowymi przepisami i normami. Powiązania pomiędzy ww. systemami klasyfikacyjnymi przedstawiono w Table 3.2-1 umieszczonej w rozdziale 3.2 dokumentu DCD firmy Westinghouse [20].

O zasadach i sposobie klasyfikacji urządzeń i systemów reaktora EPR przez firmę Framatome (wcześniej AREVA) można zapoznać się w dokumentach licencyjnych złożonych do brytyjskiego regulatora ONR (*Office for Nuclear Regulation*). W rozdziale 3.2 szczegółowo opisano zasady ww. klasyfikacji oraz przytoczono klasy podstawowych urządzeń i systemów ciśnieniowych reaktora UK EPR [21].

W rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2013 r. w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu w elektrowni jądrowej [8] wymieniono urządzenia i systemy, które zalicza się do ciśnieniowych

i podlegających dozorowi technicznemu, ale nie wskazano przynależności do poszczególnych klas bezpieczeństwa. W przypadku zbiorników są to:

- urządzenia składające się na obieg chłodzenia reaktora oraz jego systemy pomocnicze:
 - zbiornik reaktora, kanały ciśnieniowe i inne elementy konstrukcji reaktora;
 - wytwornice pary wraz z systemami pomocniczymi;
 - wymienniki ciepła;
 - stabilizator ciśnienia wraz z jego systemami pomocniczymi;
- urządzenia ciśnieniowe składające się na systemy wody zasilającej;
- urządzenia techniczne lub urządzenia składające się na system sprężonego powietrza i innych gazów technicznych w pomocniczych systemach technologicznych;
- urządzenia ciśnieniowe składające się na systemy obiegu czynnika roboczego i turbozespołów;
- urządzenia składające się na systemy bezpieczeństwa czynne i bierne, oraz inne systemy mające istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, w szczególności system awaryjnego chłodzenia reaktora i systemy służące do odprowadzenia ciepła powyłączeniowego, w tym systemy pośredniego chłodzenia oraz agregaty prądotwórcze;
- urządzenia składające się na systemy chłodzenia, w tym system wody chłodzącej, w szczególności do chłodzenia obiegów istotnych dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej oraz płynów na potrzeby systemów technologicznych;
- urządzenia ciśnieniowe w systemach gaszenia pożarów;
- urządzenia do napełniania i opróżniania zbiorników;
- urządzenia ciśnieniowe składające się na inne niż wymieniono powyżej, w których znajdują się płyny pod nadciśnieniem, w szczególności:
 - zbiorniki stałe, dla których iloczyn nadciśnienia wyrażonego w barach i pojemności wyrażonej w dm^3 jest większy niż 50, a nadciśnienie jest wyższe niż 0,5 bara, przeznaczone do magazynowania cieczy lub gazów albo prowadzenia w nich procesów technologicznych;

- kotły cieczowe i parowe o pojemności powyżej 2 dm³, w których znajdują się płyny pod nadciśnieniem wyższym niż 0,5 bara;
 - zbiorniki przenośne stosowane w aparatach ochrony dróg oddechowych;
 - zbiorniki przenośne zmieniające miejsce między napełnieniem a opróżnieniem o pojemności większej niż 0,35 dm³ i nadciśnieniu wyższym niż 0,5 bara, przeznaczone do magazynowania lub transportu cieczy lub gazów;
- urządzenia składające się na systemy grzewcze, wentylacji i klimatyzacji.

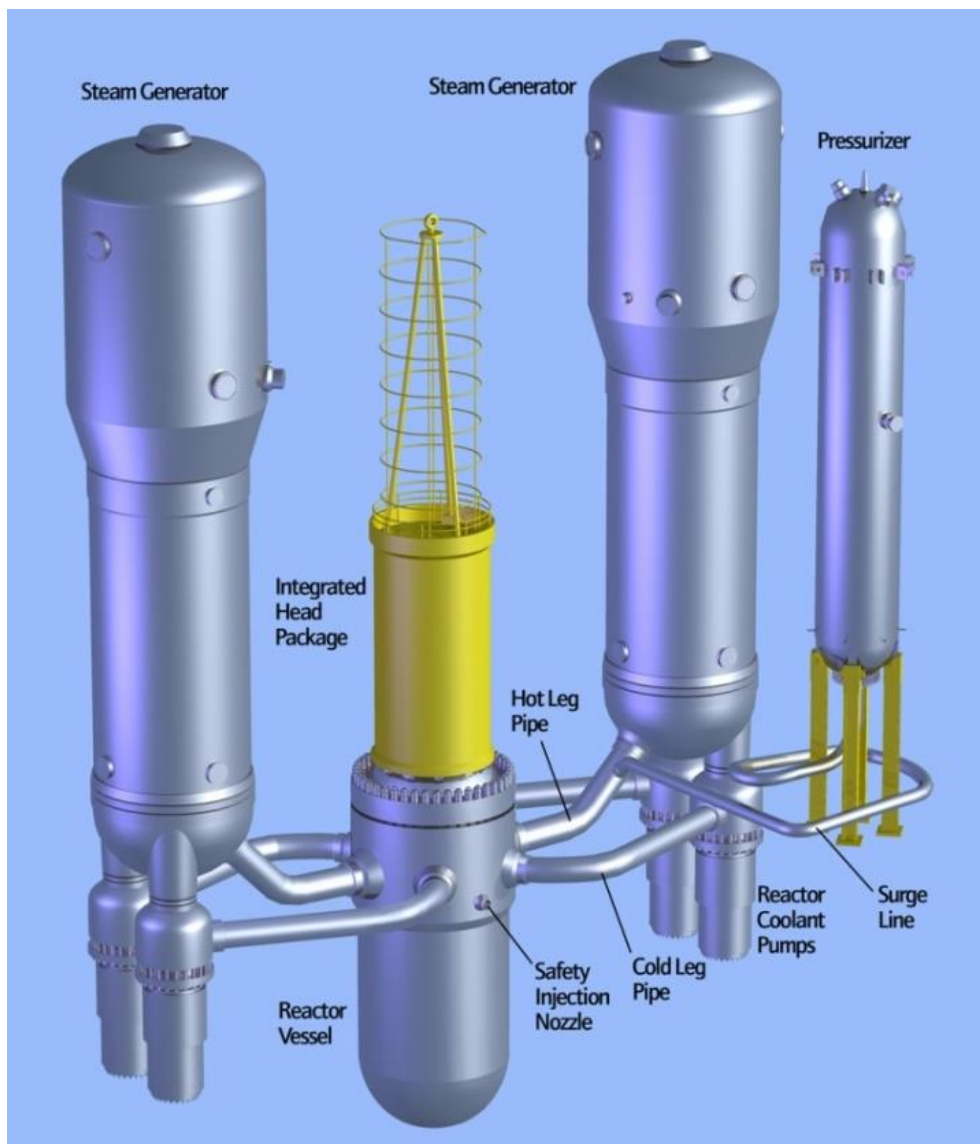
Powyższe urządzenia podlegają dozorowi technicznemu wraz z elementami mocującymi i konstrukcjami wsporczymi, osprzętem ciśnieniowym i zabezpieczającym, układami zabezpieczającymi, aparaturą kontrolno-pomiarową oraz układami sterowania.

W kolejnym rozporządzeniu Ministra Rozwoju w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla urządzeń technicznych lub urządzeń podlegających dozorowi technicznemu w elektrowni jądrowej [9] w § 4.1 wskazuje się, że „do urządzeń EJ należących do odpowiedniej klasy bezpieczeństwa stosuje się wymagania techniczne określone w dokumentach odniesienia mających zastosowanie do tych urządzeń, o ile przepisy rozporządzenia nie stanowią inaczej”. Z kolei wg § 4.2 „do urządzeń EJ, dla których nie określono klasy bezpieczeństwa, stosuje się wymagania zawarte w normach technicznych właściwych dla danych urządzeń oraz w innych specyfikacjach technicznych dotyczących wymagań projektowych, o ile przepisy niniejszego rozporządzenia nie stanowią inaczej”.

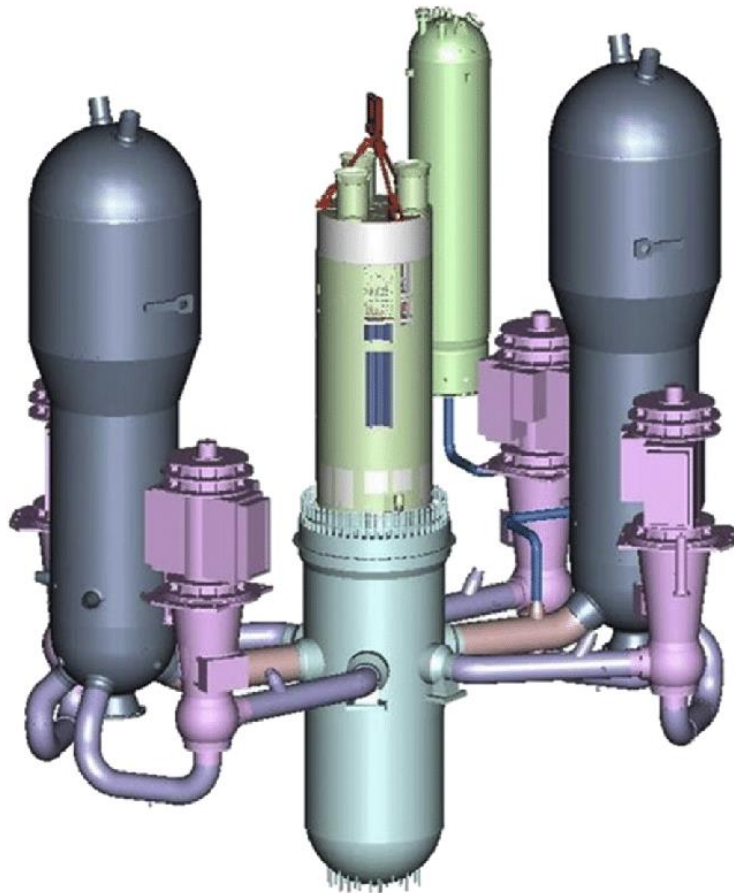
W związku z powyższym, w dalszej części niniejszych wytycznych opisano przede wszystkim wymagania odpowiednich sekcji przepisów ASME i AFCEN dotyczących wykonywania zbiorników ciśnieniowych Class 1, 2, 3, a także wskazano przepisy i normy, według których powinny być wykonywane zbiorniki ciśnieniowe elektrowni jądrowej nie objętych ww. klasą wykonania.

2.2 Podstawowe zbiorniki ciśnieniowe w elektrowniach z reaktorem PWR

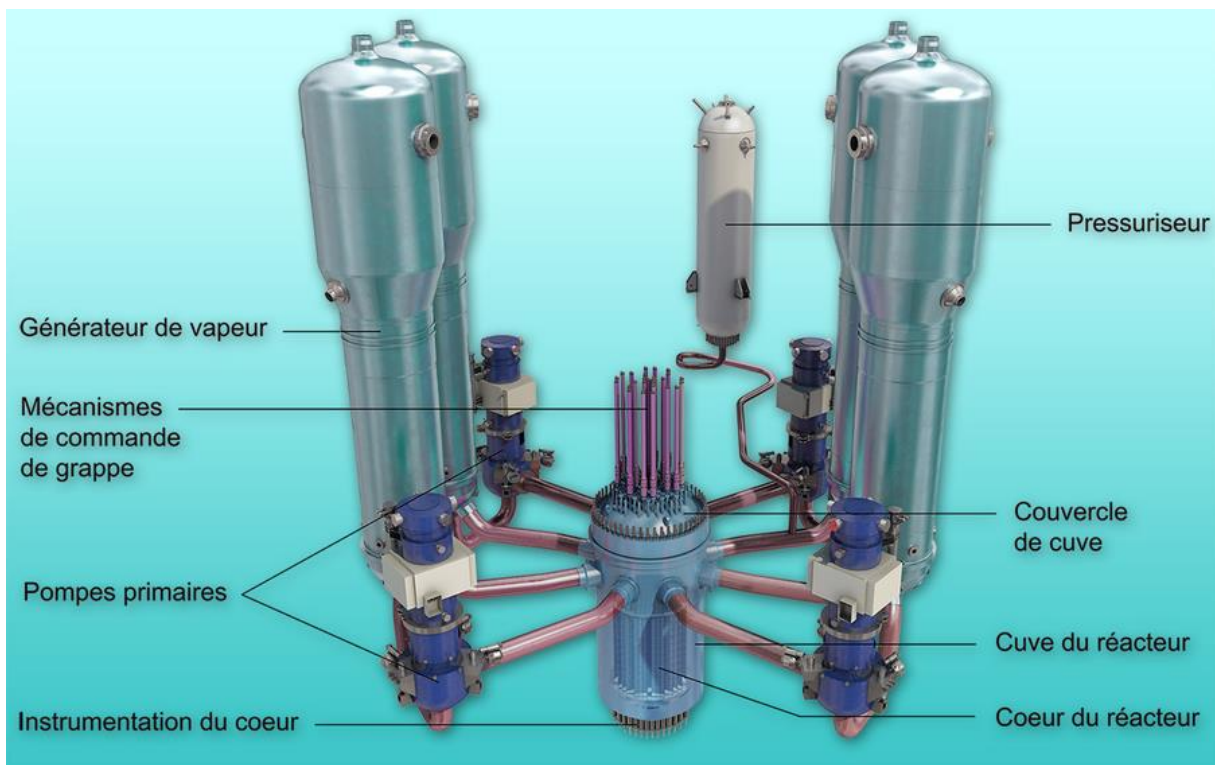
W zależności od dostawcy technologii jądrowej i mocy reaktora, ilość zbiorników ciśnieniowych, w tym wymienników ciepła, w jednym bloku jądrowym z reaktorem PWR może wahać się od ponad 100 do 260. Najważniejszymi z nich są: reaktor jądrowy (*reactor*), wymiennik ciepła (*steam generator*) i stabilizator ciśnienia (*pressurizer*). Oprócz parametrów technicznych ww. urządzeń, różnica pomiędzy reaktorami od różnych dostawców technologii polega na różnej ilości wymienników ciepła. W przypadku reaktorów AP1000 i APR-1400 tych wymienników jest dwa (rys. 2.1 i 2.2), a reaktora EPR cztery (rys. 2.3). Jak już wspomniano, wszystkie te urządzenia należą do urządzeń ciśnieniowych Class 1.



Rys. 2.1. Schemat obiegu jądrowego reaktora AP1000 [22].

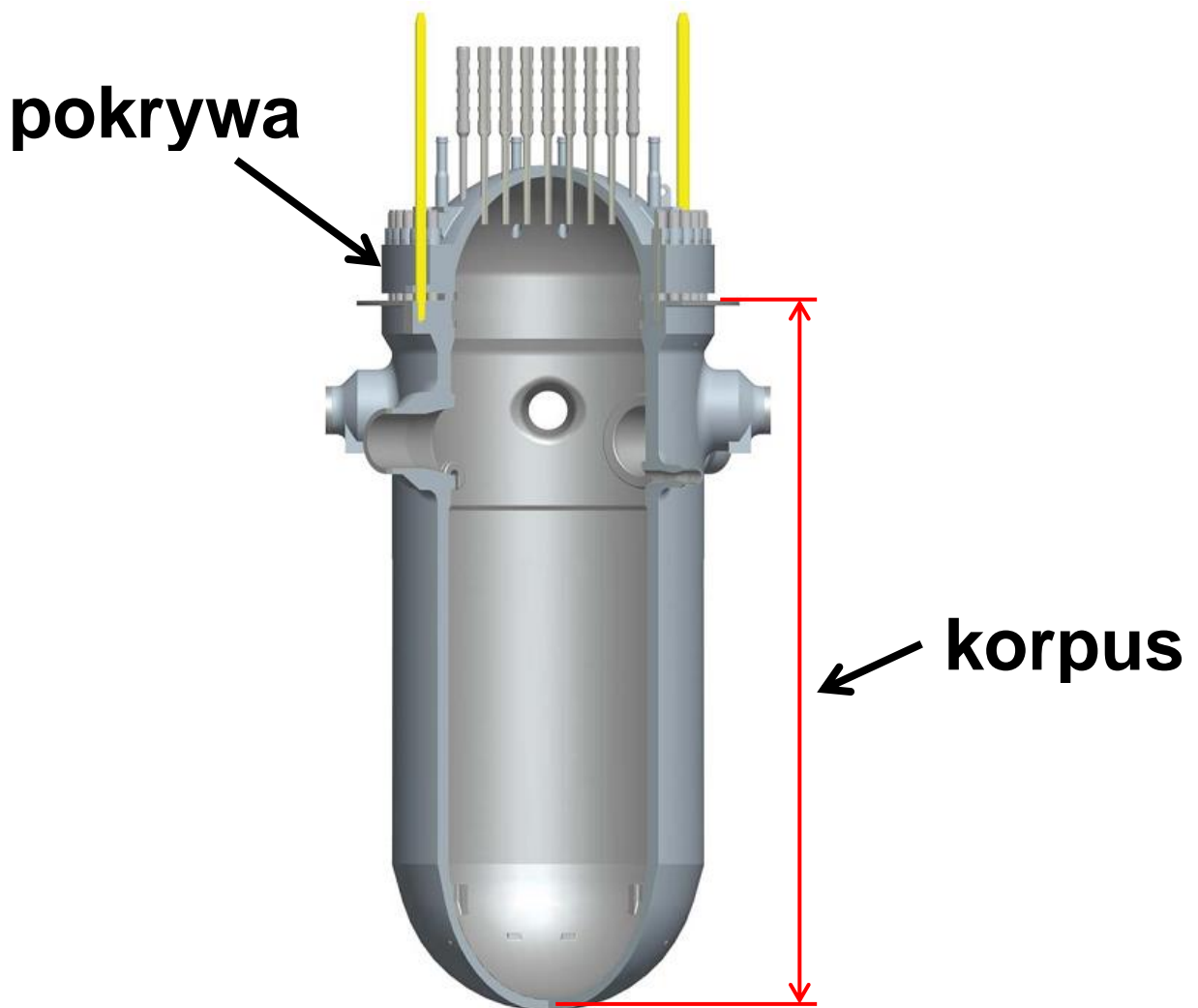


Rys. 2.2. Schemat obiegu jądrowego reaktora APR-1400 [23].



Rys. 2.3. Układy wyspy jądrowej reaktora EPR (Źródło: ASN).

Reaktor jądrowy jest zbiornikiem ciśnieniowym składającym się z grubościennego korpusu i pokrywy ze stali niskostopowej (rys. 2.4), których wewnętrzna powierzchnia jest platerowana stalą nierdzewną z zastosowaniem procesu napawania taśmą pod topnikiem w celu podwyższenia odporności korozyjnej tych elementów. Napawanie warstwy odpornej na korozję jest konieczne aby zapewnić długotrwałą pracę reaktora, który jest jednym z niewymienialnych urządzeń elektrowni jądrowej i według aktualnych założeń projektowych powinien być zdolny do bezpiecznej pracy co najmniej w ciągu 60-70 lat z możliwością przedłużenia do 100 lat. Masa korpusu wynosi około 360 ton, a pokrywy około 140 ton, co w sumie daje około 500 ton. Podstawowe parametry techniczne reaktorów różnych dostawców technologii jądrowych przedstawiono w tabl. 2.2.



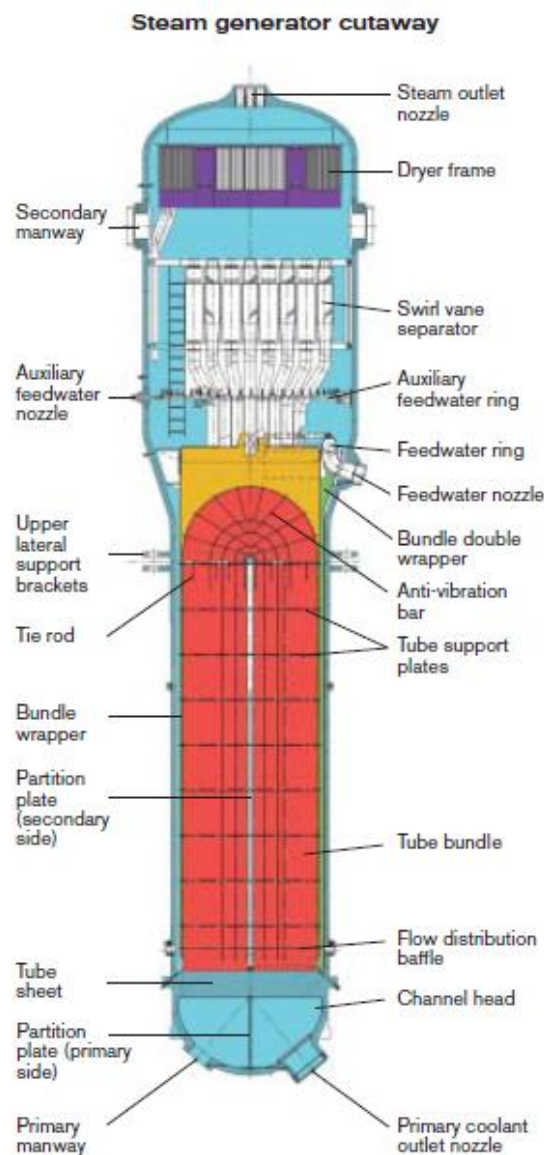
Rys. 2.4. Korpus i pokrywa reaktora jądrowego na przykładzie reaktora AP1000 [24].

Tablica 2.2

Podstawowe parametry techniczne i konstrukcyjne głównych zbiorników ciśnieniowych w reaktorze AP1000 [25], ARP-1400 [26] i EPR [27]

Parametr	AP1000	APR-1400	EPR
Reaktor			
Temperatura projektowa, °C	343,3	343,3	351
Ciśnienie projektowe, MPa	17,2	17,2	17,6
Ciśnienie robocze, MPa	15,513	15,5	15,5
Średnica wewnętrzna korpusu, mm	4038,6	4655	4870
Grubość ścianki korpusu, mm	203	284	250
Gatunek stali	Carbon Steel	SA508, Grade 3, Class 1	16MND5
Wysokość całkowita, mm	12056	14800	13083
Masa transportowa, ton	-	573	520
Wytwornica pary			
Ilość rurek w kształcie U, szt.	10025	13102	5980
Średnica zewnętrzna rurek, mm	17,5	19,05	19
Materiał rurek	Inconel 690-TT	SB-163 Alloy 690	Inconel 690
Masa transportowa, ton	663,7	832,7	550

Wytwornica pary jest pionowym ciśnieniowym wymiennikiem ciepła łączącym reaktor jądrowy z turbiną. Nagrzana w reaktorze woda płynie wewnątrz rurek wytwornicy (rys. 2.5) przekazując ciepło do obiegu wtórnego, w którym jest produkowana para niezbędna do wprowadzenia wirnika turbiny w ruch i wytworzenia prądu. Korpus wytwornicy pary, podobnie jak korpus i pokrywa reaktora, jest wykonany z węglowej stali niskostopowej. Wymianę ciepła zapewniają natomiast rurki w kształcie U, które w chwili obecnej są wykonywane ze stopu niklowego Inconel 690 o obniżonej zawartości kobaltu (mniej niż 0,015 %). Podstawowe parametry konstrukcyjne wytwornic pary różnych dostawców technologii jądrowej przedstawiono w tabl. 2.2.



Rys. 2.5. Wytwornica pary reaktora EPR [28].

Kolejne grupy zbiorników ciśnieniowych tworzą urządzenia sklasyfikowane w drugiej i trzeciej klasie: Class 2 oraz Class 3. Przykładowo, różnego rodzaju systemy reaktora EPR zawierają 84 zbiorników ciśnieniowych i 176 wymienników ciepła, wśród których 12 zbiorników zakwalifikowano do Class 2, a 32 – do Class 3 [29]. Pozostałe 40 zbiorników nie zostały objęte klasyfikacją bezpieczeństwa, a zatem są wykonywane w oparciu o ogólne przepisy, dyrektywy i zharmonizowane normy ciśnieniowe (np. wg ASME Section VIII [30] oraz PED [31]). W przypadku wymienników ciepła, ilość tych urządzeń w reaktorze EPR kształtuje się następująco: 48 w klasie 2, 60 w klasie 3 i 68 niesklasyfikowanych.

W przypadku reaktora AP1000 nie napotkano na uogólniony podział ilościowy zbiorników ciśnieniowych, jak opisano powyżej dla reaktora EPR, ale podczas spotkania w Wielkiej Brytanii w 2009 roku pt.: „AP1000 UK Equipment Supplier Launch” przedstawiciel firmy Westinghouse w swoim referacie [32] wskazał, że w przypadku budowy AP1000 w Wielkiej Brytanii istnieją duże szanse na wykonanie przez brytyjskie firmy przede wszystkim zbiorników ciśnieniowych nie objętych klasyfikacją bezpieczeństwa. Nie wyklucza się jednak, że określone zbiorniki ciśnieniowe zaliczane do klasy 3 również będą wykonane przez lokalne firmy. Przykładową listę tych urządzeń przedstawiono w tabl. 2.3 i 2.4. Oceniając ilościowo szanse brytyjskich firm, autor nadmienił, że w ramach jednego bloku AP1000, lokalne firmy mogłyby wykonać 42 zbiorniki oraz 32 wymienniki ciepła.

Jak wynika z zestawienia w tabl. 2.3 i 2.4, dostawca technologii jądrowej nie wyklucza udziału lokalnych firm w wytwarzaniu poszczególnych urządzeń ciśnieniowych, ale zwraca uwagę na to, że potencjalni wykonawcy powinni stać się częścią łańcuchu dostaw, co wymaga spełnienia przez zainteresowane firmy szeregu wymagań technicznych, organizacyjnych oraz ekonomicznych, wśród których przede wszystkim wymienia się: posiadanie certyfikowanych systemów zapewnienia jakości, wykwalifikowanego personelu i doświadczenia produkcyjnego, jak również zaoferowania konkurencyjnej ceny i zagwarantowania terminowości dostaw.

W elektrowniach jądrowych zbiorniki ciśnieniowe i magazynowe są wykonane przede wszystkim ze stali niestopowych i nierdzewnych, co nie wyklucza istnienia niewielkiej ilości specjalnych zbiorników ze stopów niklu lub tytanu. Dokładne wskazanie rodzaju urządzenia ciśnieniowego oraz jego umiejscowienie opisano w specyfikacji technicznej dostawczy technologii jądrowej. Mówiąc ogólnie można tylko stwierdzić, że zbiorniki i wymienniki ciepła wchodzi w skład poniższych systemów:

Tablica 2.3

Wymienniki ciepła (HE), które mogłyby wykonać brytyjskie firmy podczas budowy jednego bloku elektrowni jądrowej z reaktorem AP1000 [32]

Lp.	Opis	ASME	Ilość, szt.
Shell (Carbon Steel) and Tube (Stainless Steel)			
1.	RNS Normal Residual Heat Removal HE	Section III (tubes) Section VIII (shell)	2
2.	BDS Steam Generator Blowdown HE	Section VIII	2
3.	Reactor Coolant Drain HE	Section VIII	1
4.	Vapor Condenser	Section VIII	1
5.	Makeup Mini-Flow HE	Section VIII	2
6.	CVS Regenerative HE	Section VIII (cast ends)	1
7.	CVS Letdown Heat Exchanger	Section VIII	1
Plate & Frame			
8.	CCW Component Cooling Water Heat Exchanger	Section VIII	2
9.	Spent Fuel Pool HE	Section VIII	2
10.	TCS Heat Exchanger	Section VIII	3
Tube in Tube			
11.	WGS Gas Cooler	Section VIII	1

Tablica 2.4

Zbiorniki, które mogłyby wykonać brytyjskie firmy podczas budowy jednego bloku elektrowni jądrowej z reaktorem AP1000 [32]

Lp.	Opis	ASME	Ilość, szt.
Non-Safety, Shop-Fabricated, ASME Section III Tanks			
1.	WLS Reactor Coolant Drain Tank	900 gallons Section III	1
2.	WLS Effluent Holdup Tanks	29000 gallons Section III	2
3.	WLS Waste Holdup and Monitor Tanks	15000 gallons Section III	8
4.	WLS Chemical Waste Tank	9800 gallons Section III	1
Non-Safety, Shop-Fabricated, ASME Section VIII Tanks			
5.	CCS Component Cooling Surge Tank	4000 gallons Section VIII	1
6.	PCS Chemical Additive Tank	16 gallons Section VIII	1
7.	CVS Boric Acid Batching Tank	800 gallons Section VIII	1
8.	CVS Chemical Mixing Tank	800 gallons Section VIII	1
9.	CCS Chemical Addition Tank	42 gallons Section VIII	1
10.	WLS Chemical Addition Pots	4 gallons Section VIII	3
Non-Safety, Field Erected Tanks			
11.	CVS Boric Acid Storage Tank	~ 81 000 gallon cap	1

- obieg pierwotny reaktora;
- odprowadzanie ciepła resztkowego;
- kontrola chemiczna i ilościowa wody;
- chłodzenie urządzeń wyspy jądrowej nie związanych z bezpieczeństwem;
- chłodzenie i oczyszczanie wody basenu zużytego paliwa;
- zraszanie wnętrza obudowy bezpieczeństwa;
- woda techniczna (lub morska);
- demineralizacja wody;
- skraplacz, wymienniki ciepła i inne urządzeń wyspy turbinowej;
- dystrybucja powietrza;
- zasilanie azotem;
- dostawa oleju do elementów turbiny;
- chłodzenie i zasilane w paliwo awaryjnych silników diesla;
- filtrowania i wentylacji;
- przeciwpożarowe;
- oraz wiele innych.

Analiza dostępnej dokumentacji przetargowej podczas budowy elektrowni jądrowych wskazuje, że poszczególne zbiorniki ciśnieniowe i wymienniki ciepła praktycznie nigdy nie są przedmiotem osobnej dostawy. Poniżej przykładowo przytoczono krótkie opisy zakresu wybranych sfinalizowanych pakietów przetargowych, z którymi można zapoznać się na stronie internetowej francuskiej firmy EDF Energy budującej w chwili obecnej w Wielkiej Brytanii dwa bloki elektrowni jądrowej Hinkley Point C z reaktorami EPR [33]:

- projektowanie, dostawa, produkcja, badania, transport, nadzór podczas budowy i uruchomienia 133 pomocniczych zbiorników i 15 demineralizatorów wyspy jądrowej;
- projektowanie, dostawa, produkcja, badania, instalacja i uruchomienie 10 dużych zbiorników (w zakresie od 750 m³ do 1400 m³) wchodzących w skład wyspy jądrowej;
- dostawa 42 objętych i nie objętych klasyfikacją bezpieczeństwa płaszczowo-rurowych wymienników ciepła i 8 kulkowych systemów czyszczenia. Wymienniki

będą zaprojektowane, wyprodukowane, przebadane i dostarczone do zamontowania na budowie przez innych podwykonawców. Jednocześnie 10 z tych wymienników będą wymagały przeprowadzenia spawania na budowie przez dostawcę;

- projektowanie, badanie, kwalifikowanie, produkcja, dostawa, nadzór i montaż dwóch redundantnych kompresorów Waste Gas Compressors oraz pięciu Measuring Gas Compressors dla każdego z dwóch bloków elektrowni;
- projektowanie, badanie, produkcja, certyfikowane testowanie zakładowe, dostawa, transport, montaż, testowanie na budowie, uruchomienie i odbiór instalacji do demineralizacji wody stosowanej w obiegu pierwotnym i wtórnym elektrowni jądrowej. Pakiet obejmuje także urządzenia do degazacji zapewniające uzyskanie wody odtlenionej i zdemineralizowanej wykorzystywanej w systemach przechowywania i obróbki chłodziwa.

Na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci szereg polskich firm uczestniczyło z powodzeniem w przetargach na dostawę urządzeń ciśnieniowych dla elektrowni jądrowych. Na szczególnie wyróżnienie zasługuje firma FAMET, która wyprodukowała i dostarczyła kilka urządzeń ciśnieniowych dla elektrowni Olkiluoto 3 w Finlandii. W 2006 roku firma FAMET otrzymała zamówienie i wykonała dla wyspy turbinowej jeden LP Condensate Cooler oraz pięć LP Feedwater Heater o różnej wielkości [34].

Kolejną firmą krajową, która od kilku lat zrealizuje zamówienia na systemy ciśnieniowe dla elektrowni jądrowych jest firma Rockfin Sp. z o.o., będąca dostawcą układów pomocniczych do turbozespołów dla sektora energetycznego. Rockfin zajmuje się projektowaniem, produkcją oraz serwisem systemów olejowych, paliwowych oraz gazowych do turbin gazowych, parowych, generatorów, kompresorów oraz układów hydraulicznego napędu i sterowania. Firma Rockfin dostarczyła m.in. niektóre z ww. systemów pomocniczych dla elektrowni jądrowych w Holandii (NPP Borsele), Szwecji (NPP Forsmark oraz NPP Ringhaus), Meksyku (NPP Laguna Verde), Francji (NPP Flamanville 3), Wielkiej Brytanii (NPP Hinkley Point C) i Turcji (NPP Akkuyu) [35, 36].

3 Wymagania dotyczące zbiorników ciśnieniowych klasy 1, 2, 3 wg przepisów ASME i AFCEN

3.1 Wymagania ASME Section III

Przepisy ASME Section III [10] składają się z czterech części (*Division 1, Division 2, Division 3 and Division 5*) oraz wielu podsekcji (*Subsection*). Wymagania dotyczące zbiorników ciśnieniowych zaliczanych do Class 1, 2 i 3 oraz wsporników są opisane w odpowiednich podsekcjach pierwszej części – Division 1 [16]. Opis wymagań w poszczególnych częściach ASME Section III poprzedza jednak podsekcja NCA [18], w której przedstawiono ogólne wymagania dla Division 1 oraz Division 2 w zakresie klasyfikacji komponentów i wsporników, obowiązków i odpowiedzialności (również za podwykonawców), zapewnienia jakości, autoryzowanych inspekcji, przywołanych norm, jak również certyfikatów, tabliczek znamionowych, certyfikującego znaku i protokołów. Zawiera ona ponadto aktualne interpretacje zapisów Section III.

Jak już wspomniano wcześniej, urządzenia i komponenty ciśnieniowe są klasyfikowane przez dostawcę technologii jądrowej z punktu widzenia pełnionej funkcji i znaczenia dla bezpieczeństwa, a następnie określa jest klasa ich wykonania, w tym wg ASME. Potwierdza to zapis w podrozdziale NCA-2110 Subsection NCA [18] kodu ASME Section III, który stwierdza, że klasa wykonania komponentów jest określona w ich specyfikacji konstrukcyjnej (*Design Specification*), a Właściciel elektrowni jądrowej jest odpowiedzialny za stosowanie kryteriów bezpieczeństwa do klasyfikowania urządzeń w powstającej elektrowni jądrowej zgodnie z przepisami niniejszej podsekcji (NCA-2120 „Purpose of Classifying Items of a Nuclear Power Plant” i NCA-2130 „Classifications and Rules of This Section”). W związku z powyższym producenci poszczególnych urządzeń i komponentów elektrowni jądrowych powinni również przestrzegać wymagania przepisów ASME.

Przepisy ASME Section III nie definiują, które z urządzeń lub komponentów są zaliczane do poszczególnych klas (poza komponentami Class 1). Przepisy te zawiera tylko wymagania dotyczące projektowania, wytwarzania i kontroli urządzeń, komponentów i układów oraz ich wsporników i zawieszek (*supports*), które w dokumentacji konstrukcyjnej zostały zaliczone do Class 1, 2 i 3. Wymagania te są opisane w poniższych podsekcjach kodu ASME Section III:

- **ASME Section III „Rules for Construction of Nuclear Facility Components”**

Division 1:

- Subsection NB „Class 1 Components”
- Subsection NC „Class 2 Components”
- Subsection ND „Class 3 Components”
- Subsection NF „Supports”

Do komponentów Class 1 zalicza się zbiorniki ciśnieniowe będące częścią pierwotnego układu chłodzenia rdzenia reaktora. Komponenty Class 2 to urządzenia będące elementami ważnymi z punktu widzenia bezpieczeństwa chłodzenia awaryjnego układu chłodzenia rdzenia. Do komponentów Class 3 zalicza się zbiorniki ciśnieniowe będące elementami niezbędnymi do funkcjonowania elektrowni jądrowej.

W podsekcji NCA nadmienia się, że firmy projektujące, wytwarzające oraz instalujące komponenty i wsporniki stosowane w elektrowniach jądrowych i innych obiektach jądrowych w oparciu o kod ASME Section III powinny zostać wnikliwie sprawdzone i posiadać odpowiedni certyfikat typu „N”, którego ważność trwa 3 lata:

- „N” Certificate – **Vessels Class 1, 2, 3**, pumps, valves, piping systems, **storage tanks Class 2, 3**, core support structures, concrete containments, and transport packaging
- „NPT” Certificate – **Parts Class 1, 2, 3**, appurtenances, welded tubular products, and piping subassemblies
- „NA” Certificate – **Field installation** and **shop assembly** of all items
- „NS” Certificate – **Supports**

W odniesieniu do urządzeń ciśnieniowych, certyfikat typu „N” powinien więc posiadać wytwórca kompletnych urządzeń ciśnieniowych i zbiorników magazynowych, certyfikat typu „NPT” – wytwórca wykonujący poszczególne części urządzeń ciśnieniowych lub wsporników, np. spawane dennice, absorbery drgań, grzejniki ciśnieniowe itp., certyfikat typu „NA” – wytwórca wykonujący prace dotyczące montażu wszystkich komponentów w warsztacie i na placu budowy oraz certyfikat typu „NS” – wytwórca wsporników i zawieszek. Wyroby będą wówczas ostemplowane specjalnym certyfikacyjnym znakiem o wyglądzie, jak na rys. 3.1.



Rys. 3.1. Wzór znaku certyfikacyjnego ASME w obszarze jądrowym.

Dostawcy materiałów do budowy jądrowych zbiorników ciśnieniowych (*Material Organization - MO*) nie muszą posiadać powyższego znaku certyfikacyjnego, ale powinny mieć wdrożony i certyfikowany system jakości (*Quality System Certificate – QSC*).

Struktura podsekcji NB, NC, ND oraz NF kodu ASME Section III jest zawsze taka sama i zawiera główne rozdziały przedstawione w tabl. 3.1.

Tablica 3.1

Struktura podsekcji NB, NC, ND oraz NF kodu ASME Section III

Nr rozdziału	Tytuł	
	<i>oryginał</i>	<i>tłumaczenie</i>
NX-1000	Introduction	Wprowadzenie
NX-2000	Material	Materiał
NX-3000	Design	Projektowanie
NX-4000	Fabrication and Installation	Wytwarzanie i instalowanie
NX-5000	Examination	Badanie
NX-6000*	Testing	Próby odbiorowe
NX-7000*	Overpressure Protection	Ochrona przed nadciśnieniem
NX-8000	Nameplates, Stamping with Certification Mark, and Reports	Tabliczka znamionowa, stemplowanie znakiem certyfikacyjnym oraz raporty

* nie dotyczy Subsection NF - Supports

3.1.1 Class 1 Components: ASME Section III, Division 1 – Subsection NB

Subsection NB [37] zawiera zasady i wymagania dotyczące materiałów, projektowania, produkcji, badań nieniszczących, prób odbiorowych i przygotowywania raportów w odniesieniu do komponentów zaliczanych do Class 1. Wymagania te są przedstawione w następujących rozdziałach i podrozdziałach podsekcji NB:

- NB-1000 Introduction
- NB-2000 Material
 - NB-2100 General Requirements for Material
 - NB-2200 Material Test Coupons and Specimens for Ferritic Steel Material
 - NB-2210 Heat Treatment Requirements
 - NB-2220 Procedure for Obtaining Test Coupons and Specimens for Quenched and Tempered Material
 - NB-2300 Fracture Toughness Requirements for Material
 - NB-2310 Material to Be Impact Tested
 - NB-2320 Impact Test Procedures
 - NB-2330 Test Requirements and Acceptance Standards
 - NB-2340 Number of Impact Tests Required
 - NB-2350 Retests
 - NB-2360 Calibration of Instruments and Equipment
 - NB-2400 Welding Materials
 - NB-2410 General Requirements
 - NB-2420 Required Tests
 - NB-2430 Weld Metal Test
 - NB-2440 Storage and Handling of Welding Material
 - NB-2500 Examination and Repair of Pressure-Retaining Material
 - NB-2600 Material Organizations' Quality System Programs
 - NB-2700 Dimensional Standards
- NB-3000 Design
 - NB-3100 General Design
 - NB-3200 Design by Analysis

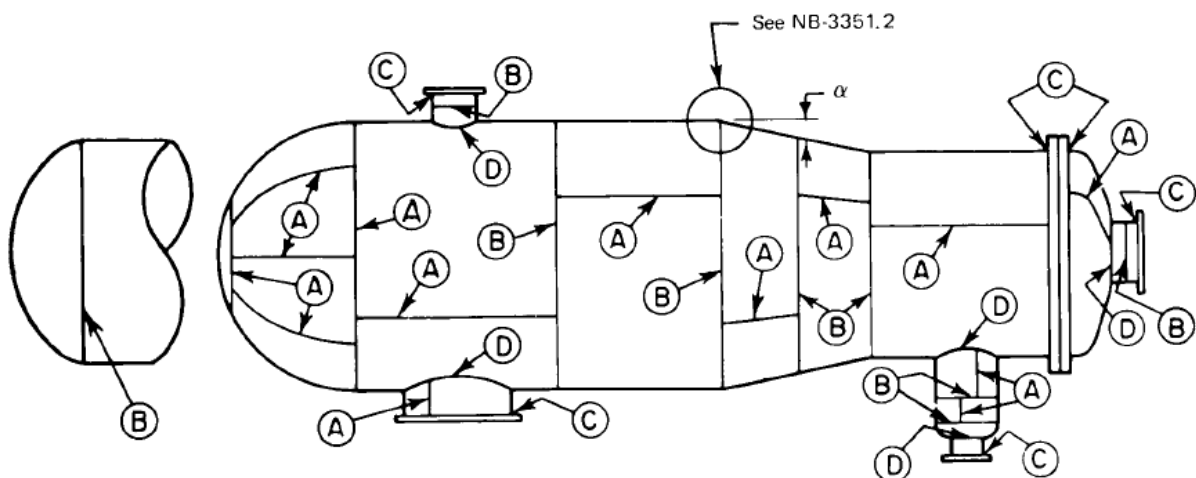
- NB-3300 Vessel Design
 - NB-3310 General Requirements
 - NB-3320 Design Considerations
 - NB-3330 Openings and Reinforcement
 - NB-3340 Analysis of Vessels
 - NB-3350 Design of Welded Construction
 - NB-3360 Special Vessel Requirements
- NB-3400 Pump Design
- NB-3500 Valve Design
- NB-3600 Piping Design
- NB-4000 Fabrication and Installation
 - NB-4100 General Requirements
 - NB-4200 Forming, Fitting, and Aligning
 - NB-4300 Welding Qualifications
 - NB-4400 Rules Governing Making, Examining, and Repairing Welds
 - NB-4500 Brazing
 - NB-4600 Heat Treatment
 - NB-4700 Mechanical Joints
- NB-5000 Examination
 - NB-5100 General Requirements for Examination
 - NB-5110 Methods, Nondestructive Examination Procedures, and Cleaning
 - NB-5120 Time of Examination of Welds and Weld Metal Cladding
 - NB-5130 Examination of Weld Edge Preparation Surfaces
 - NB-5140 Examination of Welds and Adjacent Base Material
 - NB-5200 Required Examination of Welds for Fabrication and Preservice Baseline
 - NB-5300 Acceptance Standards
 - NB-5320 Radiographic Acceptance Standards
 - NB-5330 Ultrasonic Acceptance Standards
 - NB-5340 Magnetic Particle Acceptance Standards
 - NB-5350 Liquid Penetrant Acceptance Standards

- NB-5360 Eddy Current Preservice Examination of Installed Nonferromagnetic Steam Generator Heat Exchanger Tubing
 - NB-5370 Visual Acceptance Standards for Brazed Joints
 - NB-5480 Bubble Formation Testing
 - NB-5400 Final Examination of Vessels
 - NB-5410 Examination After Hydrostatic Test
 - NB-5500 Qualifications and Certification of Nondestructive Examination Personnel
 - NB-5510 General Requirements
 - NB-5520 Personnel Qualification, Certification, and Verification
 - NB-5530 Records
- NBE-6000 Testing
 - NB-6100 General Requirements
 - NB-6200 Hydrostatic Tests
 - NB-6300 Pneumatic Tests
 - NB-6400 Pressure Test Gages
 - NB-6600 Special Test Pressure Situations
- NB-7000 Overpressure Protection
- NB-8000 Nameplates, Stamping with Certification Mark, and Reports

W powyższych rozdziałach opisano wymagania dotyczące: zakresu stosowania wymagań (NB-1000), stali i wyrobów z niej oraz spoiw stosowanych do wykonania komponentów (NB-2000), projektowania (NB-3000), w tym konstrukcji spawanych (NB-3350), całego procesu wytwarzania (NB-4000), badań nieniszczących (NB-5000), prób odbiorowych (NB-6000) oraz ochrony przed nadciśnieniem (NB-7000). W rozdziale NE-8000 wskazano ponadto, że komponenty Class 1 powinny posiadać tabliczki znamionowe, znak certyfikacyjny oraz raporty zgodne z wymaganiami rozdziału NCA-8000 [18]. Zgodnie z tablicą NCA-8000-1 w ww. rozdziale, znak certyfikacyjny powinien wyglądać, jak przedstawiono na rys. 3.1. Jest to znak względnie nowy, który zaczęto używać po 2011 roku. Wcześniejsza wersja w zależności od typu posiadacza certyfikatu zawierała symbole „N”, „NPT” lub „NA” w miejscu obecnego usytuowania symbolu „ASME”.

Wymagania zawarte w ww. rozdziałach i podrozdziałach są bardzo szczegółowe, co widać dzięki zestawieniu tytułów rozdziałów oraz niektórych podrozdziałów. Przykładowo, w rozdziale NB-2000 w odniesieniu do stali i spoiw oprócz wymagań standardowych (skład chemiczny, własności wytrzymałościowe itd.), przedstawiono zakres prób dodatkowych, ich przebieg, kryteria oceny wyników badań, jak również wymagania sprzętowe i inne. W pozostałych podrozdziałach omówiono ponadto dopuszczalność i przebieg napraw materiałów podstawowych (NB-2500) oraz system zapewnienia jakości dostawcy (NB-2600). Należy nadmienić, że materiały podstawowe na komponenty znajdujące się pod ciśnieniem powinny spełniać wymagania zawarte ASME Section II, Part D, Subpart 1, Tables 2A and 2B [38] wraz ze wszystkimi wymaganiami dodatkowymi zawartymi w rozdziale NB-2000. Z kolei spoiwa powinny spełniać wymagania specyfikacji (norm) typu SFA przedstawionych w ASME Section II, Part C – „Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals” [39] z wyjątkiem przypadków dozwolonych w sekcji ASME Section IX „Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators” [40] z uwzględnieniem wymagań dodatkowych opisanych w rozdziale NB-2400.

W rozdziale NB-4300 wskazano, że procedura kwalifikowania technologii spawania powinna zostać przeprowadzona według ASME Section IX [40] wraz z wymaganiami dodatkowymi opisanymi w poszczególnych podrozdziałach ww. rozdziału pamiętając o wymaganiach do złączy spawanych w zależności od ich kategorii (rys. 3.2).



Rys. 3.2. Typowa lokalizacja złączy spawanych Kategorii A, B, C oraz D.

3.1.2 Class 2 oraz Class 3 Components

Wymagania dotyczące materiałów, projektowania, produkcji, badań nieniszczących, kontroli, prób odbiorowych i przygotowywania raportów w odniesieniu do komponentów zaliczanych do Class 2 oraz 3 są opisane odpowiednio w Subsection NC [41] oraz Subsection ND [42]. Jak wykazano w tabl. 3.1, tytuły rozdziałów oraz większości podrozdziałów w tych podsekcjach są takie same, jak w Subsection NB, zawierającej wymagania do komponentów Class 1. Różnice występują tylko w treści niektórych rozdziałów, w których wymagania zostały zmodyfikowane poprzez dodatkowe uwarunkowania, usunięcie, a czasem także dodanie treści. Największe różnice występują w rozdziałach NC-2000 i ND-2000 oraz NC-3000 i ND-3000 dotyczących odpowiednio materiałów i projektowania. Pewne zmiany występują również w rozdziałach związanych z wytwarzaniem i spawaniem, np. w podrozdziałach NC-4300 i ND-4300 „Welding Qualifications”.

W stosunku do materiałów podstawowych różnica polega na tym, że spis możliwych do zastosowania materiałów w postaci odkuwek, blach lub rur staje się mniej restrykcyjny i nieco poszerza się przy zmianie klasy z Class 1 na Class 2 i Class 3. W przypadku komponentów Class 2 zaleca się stosowanie materiałów ujętych w ASME Section II „MATERIAL”, Part D, Subpart 1, Tables 1A, 1B, and 3 [38], ale do wykonania zbiorników projektowanych w oparciu o zalecenia NC-3200 należy stosować stale z Tables 2A, 2B, and 4 [38]. Z kolei w przypadku wszystkich komponentów Class 3 zaleca się stosowanie materiałów ujętych w ASME Section II „MATERIAL”, Part D, Subpart 1, Tables 1A, 1B, and 3 [38]. Istnieje również możliwość wykorzystania innych materiałów niż wymieniono w ww. tabelach, ale tylko do wytwarzania niektórych komponentów Class 2 i Class 3, co zostało dokładnie opisane w odpowiednich podrozdziałach pt.: „Permitted Material Specifications” o symbolach NC-2121 oraz ND-2121.

W przypadku obydwu omawianych klas 2 i 3, podobnie jak dla Class 1, spoiwa powinny spełniać wymagania specyfikacji (norm) typu SFA przedstawionych w ASME Section II, Part C – „Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals” [39] z wyjątkiem przypadków dozwolonych w sekcji ASME Section IX „Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators” [40] z uwzględnieniem wymagań dodatkowych opisanych w rozdziałach NC-2400 lub ND-2400.

Różnice występujące w wymaganiach dodatkowych stosowanych podczas kwalifikowania technologii spawalniczych w zależności od klasy komponentu odzwierciedlono w sposób uproszczony w tabl. 3.2. Dane przedstawione w tej tablicy wykazują, że największe różnice występują przy próbie łamania udarowego.

Tablica 3.2

Zawartość rozdziałów Nx-4330, Nx-4350 i Nx-4360 w zależności od podsekcji

Podrozdział	Tytuł	NB	NC	ND
Nx-4330	GENERAL REQUIREMENTS FOR WELDING PROCEDURE QUALIFICATION TESTS			
Nx-4331	Conformance to Section IX Requirements	NB=NC=ND		
Nx-4333	Heat Treatment of Qualification Welds for Ferritic Materials	NB=NC=ND		
Nx-4334	Preparation of Test Coupons and Specimens	NB=NC=ND		
Nx-4334.1	Coupons Representing the Weld Deposit	NB=NC		ND
Nx-4334.2	Coupons Representing the Heat-Affected Zone	NB=NC		ND
Nx-4335	Impact Test Requirements	NB	NC=ND	
Nx-4335.1	Impact Tests of Weld Metal	NB	NC	ND
Nx-4335.2	Impact Tests of Heat-Affected Zone	NB	NC~ND	
Nx-4336	Qualification Requirements for Built-Up Weld Deposits	NB=NC=ND		
Nx-4337	Welding of Instrument Tubing	NB=NC		brak
Nx-4350	SPECIAL QUALIFICATION REQUIREMENTS FOR TUBE-TO-TUBESHEET WELDS			
Nx-4360	QUALIFICATION REQUIREMENTS FOR WELDING SPECIALLY DESIGNED WELDED SEALS			brak
Nx-4361	General Requirements	NB=NC		brak
Nx-4362	Essential Variables for Automatic, Machine, and Semiautomatic Welding	NB=NC		brak
Nx-4363	Essential Variables for Manual Welding	NB=NC		brak
Nx-4366	Test Assembly	NB=NC		brak
Nx-4366.1	Automatic Welding	NB=NC		brak
Nx-4366.2	Manual, Machine, and Semiautomatic Welding	NB=NC		brak
Nx-4367	Examination of Test Assembly	NB=NC		brak
Nx-4368	Performance Qualification Test	NB=NC		brak

3.1.3 Supports: ASME Section III, Division 1 – Subsection NF

Subsection NF [43] zawiera zasady i wymagania dotyczące materiałów, projektowania, produkcji, badań nieniszczących i przygotowywania raportów w odniesieniu do wsporników i zawieszek. Wymagania do wsporników przedstawiono w zależności od tego, dla której klasy komponentu są przeznaczone. A zatem wymagania są sformułowane dla wykonania w Class 1, Class 2 oraz Class 3. W Subsection NF są również opisane wymagania do wsporników przeznaczonych dla komponentów typu MC (konstrukcja metalowa obudowy bezpieczeństwa – *containment vessel*), ale nie są one przedmiotem niniejszych Wytycznych.

Wymagania dotyczące wsporników są przedstawione w następujących rozdziałach i podrozdziałach podsekcji NF:

- NF-1000 Introduction
- NF-2000 Material
 - NF-2100 General Requirements for Material
 - NF-2200 Material Test Coupons and Specimens for Ferritic Steel Material
 - NF-2210 Heat Treatment Requirements
 - NF-2220 Procedure for Obtaining Test Coupons and Specimens for Quenched and Tempered Material
 - NF-2300 Fracture Toughness Requirements for Material
 - NF-2310 Material to Be Impact Tested
 - NF-2320 Impact Test Procedures
 - NF-2330 Test Requirements and Acceptance Standards
 - NF-2340 Number of Impact Tests Required
 - NF-2350 Retests
 - NF-2360 Calibration of Instruments and Equipment
 - NF-2400 Welding Materials
 - NF-2410 General Requirements
 - NF-2420 Required Tests
 - NF-2430 Weld Metal Test
 - NF-2440 Storage and Handling of Welding Material
 - NF-2500 Examination and Repair of Material

- NF-2600 Material Organizations' Quality System Programs
- NF-3000 Design
- NF-4000 Fabrication and Installation
 - NF-4100 General Requirements
 - NF-4200 Forming, Fitting, and Aligning
 - NF-4300 Welding Qualifications
 - NF-4400 Rules Governing Making and Repairing Welds
 - NF-4500 Brazing
 - NF-4600 Heat Treatment
 - NF-4700 Requirements for Bolted Construction
- NF-5000 Examination
 - NF-5100 General Requirements for Examination
 - NF-5110 Procedures, Qualifications, and Evaluations
 - NF-5200 Required Examination of Welds
 - NF-5300 Acceptance Standards
 - NF-5320 Radiographic Acceptance Standards
 - NF-5330 Ultrasonic Acceptance Standards
 - NF-5340 Magnetic Particle Acceptance Standards
 - NF-5350 Liquid Penetrant Acceptance Standards
 - NF-5360 Visual Acceptance Standards for Brazed Joints
 - NF-5500 Qualifications and Certification of Nondestructive Examination Personnel
 - NF-5510 General Requirements
 - NF-5520 Personnel Qualification, Certification, and Verification
 - NF-5530 Records
- NB-8000 Certificates of Authorization and Certification Documents
- Mandatory Appendix: **NF-I / NF-II / NF-III**
- Nonmandatory Appendix: **NF-A / NF-B / NF-C / NF-D / NF-E**

Różnice w wymaganiach dotyczą przede wszystkim zalecanych do stosowania materiałów oraz projektowania. W podrozdziale NF-2121 wskazuje się, że do wykonania wsporników i zawieszek poza wskazanymi wyjątkami powinny być

stosowane materiały podstawowe wymienione w ASME Section II, Part D [38] w zależności od klasy, jak wskazano w Table NF-2121(a)-1 „Material Tables Required for Supports”. W podrozdziale NF-2130 „Certification of Material” podano także, że materiały na wsporniki powinny być certyfikowane. Raporty z badań (*Certified Material Test Reports*) zgodne z NCA-3862 są z kolei przewidziane dla materiału użytego do wytwarzania wsporników dla urządzeń układu pierwotnego Class 1. Materiał na podpory innych klas oraz wszystkich klas wsporników standardowych powinny być zaopatrzone w raporty z badań, gdy wymagane są próby łamania udarowego (NF-2311). Kopie tych certyfikatów powinny być dostarczone ze wspornikami. Dostawcy materiałów powinni posiadać program zapewnienia jakości (*Quality System Program*) zgodny z wymaganiami NCA-3800, o czym świadczy posiadanie certyfikatu *Quality System Certificate (QSC)*.

Wymagania w zakresie wytwarzania, w tym spawania, nie różnią się zasadniczo w zależności od klasy wsporników. W rozdziale NF-4000 można zauważyć tylko kilka wymagań dodatkowych dotyczących niektórych wsporników Class 1. Więcej różnic występuje wśród wymagań zawartych w rozdziale NF-5000 dotyczących badań. Są one opisane w podrozdziale NF-5200 osobno dla wsporników Class 1 (NF-5210), Class 2 and MC (NF-5220) oraz Class 3 (NF-5230).

Subsection NF zawiera również szereg obowiązkowych do stosowania (*Mandatory*) i nieobowiązkowych (*Nonmandatory*) załączników dotyczących głównie zagadnień projektowych.

3.2 Wymagania sekcji RCC-M przepisów AFCEN

Jak już wspomniano wcześniej, urządzenia i komponenty ciśnieniowe elektrowni jądrowych są klasyfikowane według klas bezpieczeństwa w zależności od pełnionej funkcji i znaczenia dla bezpieczeństwa. W rozdziale A 4100 RCC-M [11], podobnie jak w przepisach ASME, podkreślono, że klasa komponentów jest określona w ich specyfikacji technicznej. W związku z powyższym kod RCC-M nie definiuje, które z poszczególnych urządzeń lub komponentów należy do której klasy bezpieczeństwa (poza komponentami Class 1), lecz zawiera tylko wymagania w zakresie projektowania, wytwarzania i kontroli urządzeń, komponentów i układów zaliczanych do Class 1, 2 i 3 (w tym wsporników). Wymagania te są opisane w poniższych sekcjach kodu:

- **RCC-M Section I „Nuclear Island Components”:**

- Subsection B „Class 1 Components”
- Subsection C „Class 2 Components”
- Subsection D „Class 3 Components”
- Subsection E „Small Components” (*small components in Class 1 and 2*)
- Subsection H „Supports”

W rozdziale A 4250 Subsection A wyjaśniono, że wyraz „Small Components” opisuje komponenty Class 1 oraz 2 o określonych parametrach technicznych. W przypadku zbiorników ciśnieniowych (*vessels*) są to zbiorniki przeznaczone dla gazów, gazów skroplonych, gazów rozpuszczonych pod ciśnieniem, par i cieczy, których sprężystość pary w maksymalnej dopuszczalnej temperaturze jest równa lub mniejsza niż 0,5 bar ciśnienia względnego przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym (1013 mbar) lub o objętości równej lub mniejszej niż 1 L lub gdy iloczyn $PS \cdot V$ jest równy lub mniejszy niż 25 bar · L, pod warunkiem, że ciśnienie PS jest równe lub mniejsze niż 200 bar.

W rozdziale A 4320 Subsection A wyjaśniono z kolei, że przy stosowaniu Subsection H, wsporniki i zawieszania (*support*) są podzielone na Class S1 i S2 odpowiednio do klasy obsługiwanego komponentu. Zgodnie z rozdziałem H 1310, wsporniki Class S1 współpracują z komponentami Class 1, a Class S2 z komponentami Class 2 i Class 3.

3.2.1 Class 1 Components

W Subsection B kodu RCC-M przedstawiono wymagania dotyczące komponentów Class 1 w zakresie: materiałów stosowanych do wytwarzania tych komponentów (B 2000), ich projektowania (B 3000) oraz wytwarzania i kontroli jakości (B 4000), w tym spawania (B 4400), prób ciśnieniowych (B 5000) i na koniec ochrony przed nadciśnieniem (B 6000).

Poniżej przedstawiono wybrane tytuły rozdziałów i podrozdziałów, w których przedstawiono wymagania dotyczące zbiorników ciśnieniowych ze szczególnym zwróceniem uwagi na procesy wytwarzania i kontroli:

B 2000 – Materials

B 3000 – Design

B 3100 – General Design Rules

B 3200 – General Rules for Analysing Components Behaviour

B 3300 – General Vessel Design

B 4000 – Fabrication and Associated Examinations

B 4100 – General

B 4200 – Preliminary Documents and Requirements for Fabrication and Examination

B 4300 – Fabrication Operations

B 4310 – General

B 4320 – Marking

B 4330 – Cutting - Repair without Welding

B 4340 – Forming and Alignment

B 4350 – Surface Treatment

B 4360 – Cleanliness

B 4370 – Mechanical Joints

B 4380 – Heat Treatment

B 4400 – Welding and Associated Techniques

B 4410 – General

B 4420 – Storage and Use of Welding Products

B 4430 – Preparation and Examination of Edges and Surfaces for Welding

- B 4440** – Welding of Production Welds
- B 4450** – Repair by Welding
- B 4460** – Non-Destructive Examination of Production Welds
- B 4470** – Production Weld Test Coupons and Destructive Tests
- B 4480** – Chemical Analysis of Cladding
- B 4490** – Hardfacing by Weld Deposition of Alloys

B 5000 – Pressure Tests of Class 1 Components

B 6000 – Overpressure Protection

W rozdziale B 2000 stwierdza się, że materiały do wykonywania komponentów Class 1 powinny spełniać wymagania RCC-M Section II „MATERIAL“. Przedstawiono ponadto zasady klasyfikowania komponentów według odporności na korozję międzykrystaliczną i podano zalecane gatunki stali nierdzewnych. Stwierdzono również, że stosowane stale nierdzewne powinny cechować się bardzo niską zawartością węgla, a w stalach stosowanych do wykonania komponentów znajdujących się wewnątrz układu chłodzenia reaktora, zawartość kobaltu nie może przekraczać 0,20%, ale preferuje się nie przekroczenie wartości 0,10%.

Zestawienie komponentów Class 1 z podaniem rozdziałów Section II „MATERIAL” opisujących wymagania materiałowe, zawiera tablica B 2200 w kodzie RCC-M. W tabl. 3.3 niniejszych wytycznych zestawiono wymagania dotyczące materiałów stosowanych przy wytwarzaniu zbiorników Class 1. Dane przedstawione w tabl. 3.3 wskazują na podrozdział sekcji materiałowej, w którym zestawiono wymagania do składu chemicznego, procesu wytwarzania, własności mechanicznych, stanu powierzchni, badań kontrolnych oraz oznaczenia i pakowania materiałów przeznaczonych do wytwarzania poszczególnych części składowych lub montażowych komponentów ciśnieniowych zaliczanych do Class 1. Przykładowo, własności i wymagania dotyczące materiału odkuwek korpusu reaktora oraz kołnierza pokrywy opisano w podrozdziale M 2113, a króćców – w M 2114.

M 2113 – Manganese-Nickel-Molybdenum Alloy Steel Forgings for Transition Rings and Flanges of Pressurized Water Nuclear Reactor Vessels

M 2114 – Manganese-Nickel-Molybdenum Alloy Steel Forgings for Pressurized Water Nuclear Reactor Vessel Nozzles

Z kolei wymagania materiałowe do szpilek i nakrętek zestawiono odpowiednio w podrozdziałach M 2311 i M 2312, ale także w M 5140:

M 2311 – Forged Nickel-Chromium-Molybdenum-Vanadium Alloy Steel Bars for Use in Making Pressurized Water Nuclear Reactor Vessel Studs

M 2312 – Hot-Worked Nickel-Chromium-Molybdenum Alloy Steel Bars with or without Vanadium, used in Making Bolts for Pressurized Water Nuclear Vessels and Coolant Pumps

M 5140 – Class 1, 2 and 3 Studs, Screws, Threaded Rods and Nuts for Components of Pressurized Water Reactors

Rozdział B 4000 zawiera wymagania dotyczące wytwarzania oraz badań komponentów Class 1 zarówno podczas produkcji w warunkach warsztatowych, jak i w trakcie montażu na placu budowy. W układzie chronologicznym wskazane są także metody badań i kontroli, które muszą być zastosowane, obszary badań, plan badań oraz kryteria akceptacji.

W podrozdziale B 4231 „Welding” rozdziału B 4230 „Acceptance and Qualification” stwierdzono, że przed rozpoczęciem prac spawalniczych Wytwórca powinien przeprowadzić wszystkie czynności związane z uznawaniem i kwalifikowaniem wymienione w rozdziale S 1000 w Section IV „WELDING”. Wyszczególnione są również wymagania dodatkowe względem tych, które są już ujęte w rozdziale S 3000 „Welding procedure qualification” ww. sekcji „SPAWANIE”.

Bardzo istotnym zagadnieniem podczas wytwarzania komponentów Class 1 jest czystość strefy produkcyjnej. Zwrócono na to uwagę w podrozdziale B 4240, w którym stwierdzono, że gdy istnieją szczególne wymagania dotyczące czystości tak w warsztacie, jak i na terenie budowy, obszary robocze powinny być przygotowane zgodnie z wymaganiami rozdziału F 6000 „Cleanliness” w Section V „FABRICATION”, a także w zależności od poziomu czystości komponentu oraz etapu osiągniętego podczas jego wykonania.

Wymagania w zakresie spawania zbiorników Class 1 opisano w Section IV „Welding”, ale uzupełniono o szereg wymagań dodatkowych opisanych w podrozdziale B 4440. Badania nieniszczące złączy spawanych bazują z kolei na wymaganiach Section III „Examination Methods”, ale podobnie jak w przypadku spawania, są uzupełnione szeregiem wymagań dodatkowych w podrozdziale B 4460.

Tablica 3.3

Lista rozdziałów Section II dotyczących materiałów na zbiorniki Class 1

Nazwa komponentu	Rozdział odniesienia w Section II
REACTOR VESSEL	
PRESSURE-RETAINING PARTS	
Vessel and upper head flanges	M 2113
Nozzle shell course	M 2112, M 2112 Bis, M 2135
Nozzles	M 2114
Safe ends	M 3301
Core shells	M 2111, M 2111 Bis
Dome caps	M 2121, M 2122, M 2131
Transition ring	M 2113
Instrumentation penetrations	M 4109
Adapter flanges	M 3301
Adapter sleeve	M 4108
Studs (bars)	M 2311
Nuts (bars)	N 2312 cl B
Studs, nuts (finished parts)	M 5140
Drain pipe branches	M 4109
Nozzles for leak-off pipes	M 3301, M 3306
NON-PRESSURE RETAINING PARTS	
Internal supports	M 4102
Washers (bars)	M 2312
Drain and leak-off pipes	M 3320, M 3304

Tablica 3.3 (c.d.)

Lista rozdziałów Section II dotyczących materiałów na zbiorniki Class 1

Nazwa komponentu	Rozdział odniesienia w Sect. II
STEAM GENERATOR	
PRESSURE RETAINING PARTS	
Channel heads:	
- castings	M 1111
- dished thick plate	M 2141, M 2142
- forgings	M 2143, M 2143 Bis
Tube plate with or without support ring	M 2115, M 2115 Bis
Support rings	M 2116
Nozzle ends:	
- Primary circuit side	M 3301
- Secondary circuit side	M 1122, M 1122 Bis, M 2119, M2119 Bis
Support rings	M 4105
Secondary circuit shells:	
- plates	M 2126, M2126 Bis
- forging	M 2133, M2133 Bis
Ellipsoidal head	M 2126, M 2126 Bis, M 2127, M 2128, M 2134, M 2134 Bis
Secondary circuit nozzles	M 2119, M 2119 Bis
Manway, eyehole and fisthole covers	M 2126, M 2126 Bis
Branches of nominal pipe size ≥ 1 "	M 1122, M 1122 Bis
Screws and studs (bars)	M 5110
Nuts and washers (bars)	M 5120
Screws, studs, nuts (finished parts)	M 5140
Pipe plugs	M 4102, M 4109
NON-PRESSURE RETAINING PARTS	
Closure head rings class 3	M 3301, M 3306, M 3307
Partition plate (and edge)	M 4107
Support plates	M 3203

Tablica 3.3 (c.d.)

Lista rozdziałów Section II dotyczących materiałów na zbiorniki Class 1

Nazwa komponentu	Rozdział odniesienia w Sect. II
PRESSURIZER	
PRESSURE RETAINING PARTS	
Upper and lower head	M 2126, M 2126 Bis, M 2127, M 2131, M 2131 Bis
Shells	M 2126, M 2126 Bis, M 2133, M2133 Bis
Branch connections	M 3301, M 4102, M 4109
Nozzles (surge, safety and relief spray manways)	M 2119, M 2119 Bis
Safe ends	M 3301
Manway covers	M 2126, M 2126 Bis
Manway studs (bars)	M 5110
Nuts and washers (bars)	M 5120
Studs, nuts (finished parts)	M 5140
Heater element sleeve plugs, heater element sleeves, connecting parts	M 3301, M 3306
Heater element sheath tubing	M 3304
NON-PRESSURE RETAINING PARTS	
Thermal sleeves (class 3)	M 3301, M 3304, M 3307, M 3320
Heater sheath tubing	M 3301, M 3304, M 3307, M 3320

Tablica 3.3 (c.d.)

Lista rozdziałów Section II dotyczących materiałów na zbiorniki Class 1

Nazwa komponentu	Rozdział odniesienia w Sect. II
CONTROL ROD DRIVE MECHANISMS PRESSURE-RETAINING PARTS	
Rod travel housing	M 3301 M 3304
Pressure housing	M 3301
Top cap	M 3301 M 3306
NON-PRESSURE RETAINING PARTS	
Latch arms and latch links	M 3306
Disconnect rod sleeves	M 5110
Drive rods	M 3207
THERMOCOUPLE COLUMNS PRESSURE-RETAINING PARTS	
Flanges	M 3301 M 3306
Jackscrew plate	M 3306
Rings	M 3306
Split rings	M 3306
Thermocouple conduit	M 3304
Clamps	M 3301
Studs (bars)	M 5110
NON-PRESSURE RETAINING PARTS	
Support tube	M 3304
Tube housing	M 3304 M 3320

3.2.2 Class 2 Components

W Subsection C kodu RCC-M przedstawiono wymagania dotyczące komponentów Class 2 w zakresie: materiałów stosowanych do wytwarzania tych komponentów (C 2000), ich projektowania (C 3000) oraz wytwarzania i kontroli jakości (C 4000), w tym spawania (C 4400), prób ciśnieniowych (C 5000) i na koniec ochrony przed nadciśnieniem (C 6000).

W Subsection C, podobnie jak w Subsection B, zastosowano podział na rozdziały i podrozdziały, których tytuły są w większości takie same, ale z drobnymi zmianami i rozszerzeniami, np. zakłada się przeprowadzenie procesu projektowania z zastosowaniem dwóch metod. Poniżej przedstawiono wybrane tytuły rozdziałów i podrozdziałów Subsection C, w których przedstawiono wymagania dotyczące zbiorników ciśnieniowych Class 2:

C 2000 – Materials

C 3000 – Design

C 3100 – General Design Rules

C 3200 – Vessel Design Rules: 1st Method

C 3250 – Design of Welded Construction

C 3300 – Vessel Design Rules: 2nd Method

C 3350 – Design of Welded Constructions

C 4000 – Fabrication and Associated Examinations

C 4100 – General

C 4200 – Preliminary Documents and Requirements for Fabrication and Examination

C 4300 – Fabrication Operations

C 4310 – General

C 4320 – Marking

C 4330 – Cutting, Repair without Welding

C 4340 – Forming and Alignment

C 4350 – Surface Treatment

C 4360 – Cleanliness

C 4370 – Mechanical Joints

C 4380 – Heat Treatment

C 4400 – Welding and Associated Techniques

C 4410 – General

C 4420 – Storage and Use of Welding Products

C 4430 – Preparation and Examination of Edges and Surfaces for Welding

C 4440 – Welding of Production Welds

C 4450 – Repair by Welding

C 4460 – Non-Destructive Examination of Production Welds

C 4470 – Production Weld Test Coupons and Destructive Tests

C 4480 – Chemical Analysis of Cladding

C 4490 – Hardfacing by Weld Deposition of Alloys

C 5000 – Pressure Tests of Class 2 Components

C 6000 – Overpressure Protection

W rozdziale C 2000 stwierdza się, że materiały do wykonywania komponentów Class 2 powinny spełniać wymagania RCC-M Section II „MATERIAL”. Przedstawiono ponadto zasady klasyfikowania komponentów według odporności na korozję międzykrystaliczną i podano zalecane gatunki stali nierdzewnych. Stwierdzono również, że stosowane stale nierdzewne powinny cechować się bardzo niską zawartością węgla, a w stalach stosowanych do wykonania komponentów znajdujących się wewnątrz układu chłodzenia reaktora, zawartość kobaltu nie może przekraczać 0,20%, ale preferuje się nie przekroczenie wartości 0,10%.

W tablicy C 2200 w kodzie RCC-M zestawiono komponenty Class 2 ze wskazaniem rozdziałów Section II „MATERIAL”, w których opisano wymagania materiałowe. Należy w tym miejscu nadmienić, że podobnie jak w przypadku komponentów Class 1, w Table C 2200 nie ma odwołań do istniejących norm typu EN lub NF lecz wskazano na wymagania opisane w specjalnie opracowanych podrozdziałach sekcji „MATERIAL”. W tabl. 3.4 wytycznych zestawiono więc podrozdziały, w których opisano wymagania dotyczące składu chemicznego, procesu wytwarzania, własności mechanicznych i badań nieniszczących materiałów stosowanych podczas wytwarzania komponentów zaliczanych do Class 2. Przykładowo, w podrozdziałach M 1131, M 3307 oraz M 1122, M 1122 Bis, M 1131, M 1132, M 3301, M 3307, M 3312 opisano odpowiednio wymagania dotyczące materiałów do wytwarzania płaszczy i dennic wymienników ciepła:

- M 1131** – Class 1, 2 and 3 Carbon Steel Plates
- M 3307** – Class 1, 2 and 3 Austenitic Stainless Steel Plates
- M 1122** – Class 1, 2 and 3 Carbon Steel Forgings
- M 1122 Bis** – Class 1, 2 and 3 Carbon Steel Drop Forgings
- M 1132** – For Class 1, 2 and 3 Dished Parts Made from Carbon Steel
- M 3301** – Class 1, 2 and 3 Austenitic Stainless Steel Forgings and Drop Forgings
- M 3312** – Class 1, 2 and 3 Dished Parts Made from Austenitic Stainless Steel

Z kolei wymagania materiałowe do blach, odkuwek, rur, śrub i nakrętek stosowanych podczas wytwarzania pomocniczych zbiorników magazynowych (*Axiliary Tanks*) zaliczanych do Class 2 opisano w podrozdziałach M 1122, M 1122 Bis, M 1131, M 1132, M 1141, M 3301, M 3304 M 3306, M 3307, M 3312, M 3320 oraz M 5110, M 5120 i M 5140:

- M 1122** – Class 1, 2 and 3 Carbon Steel Forgings
- M 1122 Bis** – Class 1, 2 and 3 Carbon Steel Drop Forgings
- M 1131** – Class 1, 2 and 3 Carbon Steel Plates
- M 1132** – For Class 1, 2 and 3 Dished Parts Made from Carbon Steel
- M 1141** – Class 2 Seamless Pipe Made from TU42C and TU48C Carbon Steel
- M 3301** – Class 1, 2 and 3 Austenitic Stainless Steel Forgings and Drop Forgings
- M 3304** – Class 1, 2 and 3 Austenitic Stainless Steel Pipes and Tubes (Not Intended for Use in Heat Exchangers)
- M 3306** – Class 1, 2 and 3 Austenitic Stainless Steel Rolled or Forged Bars and Semi-Finished Products
- M 3307** – Class 1, 2 and 3 Austenitic Stainless Steel Plates
- M 3312** – Class 1, 2 and 3 Dished Parts Made from Austenitic Stainless Steel
- M 3320** – Class 1, 2 and 3 Rolled Austenitic Stainless Steel Pipes and Tubes Welded without the Addition of Filler Metal and Subsequently Drawn (Not Intended for Use in Heat Exchangers)
- M 5110** – Rolled or Forged Bars for Bolting, Valves Stems and Other Parts for Class 1, 2 and 3
- M 5120** – Rolled or Forged Bars for the Manufacture of Class 1, 2 and 3 Nuts
- M 5140** – Class 1, 2 and 3 Studs, Screws, Threaded Rods and Nuts for Components of Pressurized Water Reactors

Tablica 3.4

Lista rozdziałów Section II dotyczących materiałów dla komponentów Class 2

Nazwa komponentu	Rozdział odniesienia w Section II
BORON INJECTION TANK PRESSURE-RETAINING PARTS	
Plate for body	M 1131, M 3307
Manway (nozzles and covers)	M 1122, M 1122 Bis, M 1131 M 3301, M 3304, M 3306, M 3307, M 3320
Head	M 3312, M 5131
Miscellaneous forgings	M 1122, M 1122 Bis, M 3301, M 3306
Bolting materials	M 5110, M 5120, M 5140
NON-PRESSURE-RETAINING PARTS	
Plate for skirt	M 1131 (class 3), M 3307 (class 3)
ACCUMULATORS PRESSURE-RETAINING PARTS	
Shells and heads	M 3307, M 3312, M 5130, M 5131
Nozzles (manway, etc.) branch connections, etc.	M 1122, M 1122 Bis, M 3301, M 3304, M 3306, M 3320
Plate for other vessel parts	M 1131, M 3307
Bolting materials	M 5110, M 5120, M 5140
NON-PRESSURE-RETAINING PARTS	
Plate for skirt	M 1131 (class 3), M 3307 (class 3)

Tablica 3.4 (c.d.)

Lista rozdziałów Section II dotyczących materiałów dla komponentów Class 2

Nazwa komponentu	Rozdział odniesienia w Section II
HEAT EXCHANGERS PRESSURE-RETAINING PARTS	
Tube plates	M 1121, M 3311
Flanges and counterflanges	M 1122, M 3301
Nozzles	M 3301
Elbows-body	M 1122, M 1122 Bis, M 3304, M 3306
Plate for heat exchanger body	M 1131, M 3307
Tube bundle	M 1147, M 3303, M 3319
Pipe and fittings	M 3301, M 3304, M 3320
Heads	M 1122, M 1122 Bis, M 1131, M 1132, M 3301, M 3307, M 3312
Bolting materials	M 5110, M 5120, M 5140
NON-PRESSURE-RETAINING PARTS	
Plate for skirt	M 1131 (class 3), M 3307 (class 3)
FILTERS PRESSURE-RETAINING PARTS	
Shells	M 3301, M 3304, M 3307, M 3320
Heads	M 3301, M 3312
Rings and blinds for cover and flanges ..	M 3301, M 3306, M 3307
Nozzles	M 3301
Bolting materials	M 5110, M 5120, M 5140

Tablica 3.4 (c.d.)

Lista rozdziałów Section II dotyczących materiałów dla komponentów Class 2

Nazwa komponentu	Rozdział odniesienia w Section II
<p>LOWER INSTRUMENTATION PRESSURE-RETAINING PARTS</p> <p>Guiding tube plates M 3304</p> <p>NON-PRESSURE-RETAINING PARTS</p> <p>Thimble cap M 3301, M 3306</p> <p>Adjusting plugs M 3301, M 3306</p> <p>Thimble tubes M 3304 (work-hardened)</p>	
<p>AXILIARY TANKS PRESSURE-RETAINING PARTS</p> <p>Steels plate for fabricated parts M 1131, M 3307</p> <p>Forgings M 1122, M 1122 Bis, M 3301, M 3306</p> <p>Pipes M 1141, M 3304, M 3320</p> <p>Heads M 1131, M 1132, M 3307, M 3312</p> <p>Bolting materials M 5110, M 5120, M 5140</p> <p>NON-PRESSURE-RETAINING PARTS</p> <p>Plate for skirt M 1131 (class 3)</p>	
<p>TEMPERATURE PROBES PRESSURE-RETAINING PARTS</p> <p>Thimble (straight pats) M 3306</p>	

Rozdział C 4000 zawiera wymagania dotyczące wytwarzania oraz kontroli komponentów Class 2 zarówno podczas wytwarzania w warunkach warsztatowych, jak i na placu budowy. Rozdział ten zawiera podrozdziały podobne do opisanych w rozdziale B 4000. Różnica jednak polega na tym, że w poszczególnych podrozdziałach rozdziału C 4000 liczba wymagań dodatkowych jest mniejsza, a wiele podrozdziałów zawiera tylko odnośnik do odpowiedniego podrozdziału w sekcjach IV „WELDING”, V „FABRICATION” oraz III „EXAMINATION METHODS”.

Przykładowo:

C 4400 WELDING (SPAWANIE)

C 4410 GENERAL (OGÓLNE WYMAGANIA)

Reference text: S 7000 (paragraphs dealing with class 2 equipment).

The following paragraphs provide supplementary details to chapter S 7000 and, when necessary for proper understanding of the text, provide reference to relevant paragraphs.

[Tekst odniesienia: S 7600 (ustępy dotyczące urządzeń Class 2).

Poniższe podrozdziały zawierają dodatkowe szczegóły dotyczące rozdziału S 7000 oraz odniesienia do odpowiednich podrozdziałów, jeśli jest to konieczne dla właściwego zrozumienia tekstu.]

C 4420 STORAGE AND USE OF WELDING PRODUCTS (PRZECHOWANIE I STOSOWANIE MATERIAŁÓW SPAWALNICZYCH)

Reference text: S 7200.

[Tekst odniesienia: S 7200.]

.....

C 4450 REPAIR BY WELDING (SPAWANIE NAPRAWCZE)

Reference text: S 7600 (paragraphs dealing with class 2 equipment).

[Tekst odniesienia: S 7600 (ustępy dotyczące urządzeń Class 2).]

C 4460 NON-DESTRUCTIVE EXAMINATION OF PRODUCTION WELDS (BADANIA NIENISZCZĄCE SPOIN PRODUKCYJNYCH)

Reference text: S 7720.

[Tekst odniesienia: S 7720.]

3.2.3 Class 3 Components

W Subsection D kodu RCC-M przedstawiono wymagania dotyczące wytwarzania komponentów ciśnieniowych zaliczanych do Class 3 w zakresie: materiałów stosowanych do wytwarzania tych komponentów (D 2000), ich projektowania (D 3000) oraz wytwarzania i kontroli jakości (D 4000), w tym spawania (D 4400), prób ciśnieniowych (D 5000) oraz ochrony przed nadciśnieniem (D 6000).

W Subsection D zastosowano podział na rozdziały i podrozdziały, których tytuły w większości przypadków brzmią podobnie jak w Subsection C z niewielkimi zmianami. W przypadku Subsection D zmniejszeniu uległa ilość dodatkowych wymagań w porównaniu z podsekcjami B i C. Poniżej przedstawiono wybrane tytuły rozdziałów i podrozdziałów Subsection D, w których przedstawiono wymagania dotyczące zbiorników Class 3:

D 1000 – General

D 2000 – Materials

D 3000 – Design

D 3100 – General Design Rules

D 3300 – Vessel Design Rules

D 3310 – General

D 3320 – Special Considerations

D 4000 – Fabrication and Associated Examinations

D 4100 – General

D 4200 – Preliminary Documents and Requirements for Fabrication and Examination

D 4300 – Fabrication Operations

D 4310 – General

D 4320 – Marking

D 4330 – Cutting, Repair without Welding

D 4340 – Forming and Alignment

D 4350 – Surface Treatment

D 4360 – Cleanliness

D 4370 – Mechanical Joints

D 4380 – Heat Treatment

D 4400 – Welding and Associated Techniques

D 4410 – General

D 4420 – Procurement of Parts and Products

D 4430 – Preparation and Examination of Edges and Surfaces for Welding

D 4440 – Welding of Production Welds

D 4450 – Repair by Welding

D 4460 – Non-Destructive Examination of Production Welds

D 4470 – Production Weld Test Coupons and Destructive Tests

D 4480 – Chemical Analysis of Cladding

D 4490 – Hardfacing by Weld Deposition of Alloys

D 5000 – Pressure Tests on Class 3 Materials

D 6000 – Overpressure Protection

W rozdziale D 2000 stwierdza się, że materiały do wykonywania komponentów Class 3, w tym rur, powinny spełniać wymagania RCC-M Section II „MATERIAL”. Przedstawiono ponadto zasady klasyfikowania komponentów według odporności na korozję międzykrystaliczną. Stwierdza się również, że stosowane austenityczne i austenityczno-ferrytyczne stale nierdzewne powinny cechować się bardzo niską zawartością węgla, a w stalach stosowanych do wykonania komponentów znajdujących się wewnątrz układu chłodzenia reaktora, zawartość kobaltu nie może przekraczać 0,20%, ale preferuje się nie przekroczenie wartości 0,10%.

W tablicy D 2200 w kodzie RCC-M zestawiono komponenty Class 3 ze wskazaniem rozdziałów Section II „MATERIAL”, w których opisano wymagania materiałowe. W tabl. 3.5 niniejszych wytycznych zestawiono podrozdziały, w których opisano wymagania dotyczące składu chemicznego, procesu wytwarzania, własności mechanicznych i badań nieniszczących materiałów stosowanych podczas wytwarzania komponentów zaliczanych do Class 3. Przykładowo, w podrozdziałach M 3301, N 3304, M 3306, M 3307, M 3312 oraz M 5110, M 5120 i M 5140 opisano odpowiednio wymagania dotyczące materiałów do wytwarzania demineralizatorów:

M 3301 – Class 1, 2 and 3 Austenitic Stainless Steel Forgings and Drop Forgings

M 3304 – Class 1, 2 and 3 Austenitic Stainless Steel Pipes and Tubes (Not Intended for Use in Heat Exchangers)

M 3306 – Class 1, 2 and 3 Austenitic Stainless Steel Rolled or Forged Bars and Semi-Finished Products

M 3307 – Class 1, 2 and 3 Austenitic Stainless Steel Plates

M 3312 – Class 1, 2 and 3 Dished Parts Made from Austenitic Stainless Steel

M 5110 – Rolled or Forged Bars for Bolting, Valves Stems and Other Parts for Class 1, 2 and 3

M 5120 – Rolled or Forged Bars for the Manufacture of Class 1, 2 and 3 Nuts

M 5140 – Class 1, 2 and 3 Studs, Screws, Threaded Rods and Nuts for Components of Pressurized Water Reactors

Tablica 3.5

Lista rozdziałów Section II dotyczących materiałów dla komponentów Class 3

Nazwa komponentu	Rozdział odniesienia w Section II
HEAT EXCHANGERS PRESSURE-RETAINING PARTS	
Tube plates	M 1121, M 3311
Flanges and counterflanges	M 1122, M 1122 Bis, M 3301
Nozzles, mounts	M 3301
Elbows-body	M 1122, M 1122 Bis, M 3304, M 3306
Plate fabricated for body parts	M 1131, M 3307
Wildness tubes for bodies	M 1143
Tubebundle	M 1147, M 3303, M 3319
Pipes and fittings	M 1143, M 3301, M 3304, M 3320
Heads	M 1122, M 1122 Bis, M 1131, M 1132, M 1151, M 3301, M 3307, M 3312
Bolting materials	M 5110, M 5120, M 5140
Plate for the heat exchange surface pf plate type heat exchangers	M 4401

Tablica 3.5 (c.d.)

Lista rozdziałów Section II dotyczących materiałów dla komponentów Class 3

Nazwa komponentu	Rozdział odniesienia w Section II
<p>DEMINERALIZERS PRESSURE-RETAINING PARTS</p> <p>Shells M 3307</p> <p>Heads M 3307, M 3312</p> <p>Nozzles, flanges M 3301</p> <p>Conterflanges M 3304, M 3306</p> <p>Bolting materials M 5110, M 5120, M 5140</p>	
<p>AXILIARY TANKS PRESSURE-RETAINING PARTS</p> <p>Products for fabricated body parts M 1131, M 3307, M 3314, M 3320</p> <p>Forgings M 1122, M 3301, M 3306</p> <p>Pipes M 1143, M 3304, M 3320</p> <p>Heads M 1131, M 1132, M 3307, M 3312</p> <p>Bolting materials M 5110, M 5120, M 5140</p>	
<p>TEMPERATURE PROBES PRESSURE-RETAINING PARTS</p> <p>Thimble (straight pats) M 3306</p>	

Rozdział D 4000 zawiera wymagania dotyczące wytwarzania oraz kontroli komponentów Class 3 zarówno podczas wytwarzania w warunkach warsztatowych, jak i na placu budowy. Podział i zawartość podrozdziałów jest bardzo podobna do tych w podrozdziale „C”, a zatem zawiera odnośniki do odpowiedniego podrozdziału w sekcjach IV „WELDING”, V „FABRICATION” oraz III „EXAMINATION METHODS”.

3.2.4 Small Components

W Subsection E kodu RCC-M przedstawiono wymagania dotyczące komponentów niedużych – Small Components. Zakres tej podsekcji jest podobny do poprzednich tylko jeśli chodzi o tytuły głównych rozdziałów. A zatem w rozdziale E 2000 opisano wymagania dotyczące materiałów stosowanych do wytwarzania Small Components, w E 3000 ich projektowania, w E 4000 wytwarzania i towarzyszących badań oraz w E 4500 prób ciśnieniowych. Poniżej przedstawiono wybrane tytuły rozdziałów i podrozdziałów Subsection E, w których przedstawiono wymagania dotyczące niedużych zbiorników:

E 2000 – Materials

E 3000 – Design

E 3100 – General Design Rules

E 3200 – Design Rules for Vessels and Heat Exchangers

E 3210 – General

E 3220 – Determining Minimum Thicknesses

E 3230 – Analysis

E 4000 – Fabrication and its Associated Examinations

E 4100 – Cutting - Repairs Without Welding - Forming - Connection

E 4200 – Welding Qualifications and Acceptance of Filler Materials

E 4300 – Production Welding

E 4310 – General Provisions

E 4320 – Baking Filler Materials

E 4330 – Tack Welding

E 4340 – Protection of Fusion Baths

E 4350 – Arc Undercuts - Arc Striking

E 4360 – Weld Surface Finishing

E 4370 – Special Provisions for Socket Welded Joints

E 4400 – Examination of the Welds

E 4410 – Visual and Dimensional Examination

E 4420 – Surface Examination

E 4430 – Volumetric Examination

E 4440 – Examination of Socket Welded Joints on Instrumentation Piping

E 4500 – Hydrostatic Tests

W rozdziale E 2000 nie ma już, jak w przypadku komponentów Class 1, 2 i 3, odniesienia do podrozdziałów w Section II „MATERIAL”, lecz są wymienione francuskie normy AFNOR (typu NF) oraz międzynarodowe i europejskie normy typu EN ISO i EN dla wyrobów/materiałów do wykonania Small Component pod warunkiem spełnienia wymagań dodatkowych opisanych w podrozdziale E 2200. Przykładowo w przypadku blach są to normy:

1) Blachy ze stali stopowych i węglowych:

EN 10025-1

EN 10025-2

EN 10028-1

EN 10028-2

EN 10028-3

NF A 36-210

2) Blachy z nierdzewnych stali austenitycznych i austenityczno-ferrytycznych:

EN 10028-7

EN 10088-2

W rozdziale E 2000 przedstawiono ponadto kilka wymagań dodatkowych. Na przykład, jeśli należy uwzględnić ryzyko wystąpienia korozji międzykrystalicznej, stosowane austenityczne lub austenityczno-ferrytyczne stale nierdzewne powinny cechować się niską zawartością węgla, a w stalach węglowych i stopowych przeznaczonych do spawania zawartość węgla nie może przekraczać 0,25%, siarki 0,040%, a fosforu 0,040%. Wyroby stalowe powinny być dostarczane co najmniej ze Świadectwem jakości typu 3.1 wg normy EN 10204.

Rozdział E 4000 zawiera wymagania dotyczące wytwarzania oraz towarzyszących badań Small Components. Podział na podrozdziały w E 4000 jest nieco inny niż w rozdziałach C 4000 i D 4000, gdyż podrozdziały typu „E” zawierają kompletny opis wymagań do czynności produkcyjnych lub kryteriów akceptacji

podczas badań nieniszczących bez odnośników (za nielicznym wyjątkiem) do odpowiedniego rozdziału lub podrozdziału w sekcjach IV „WELDING”, V „FABRICATION” oraz III „EXAMINATION METHODS”. Na wstępie stwierdza się jednak, że przed rozpoczęciem spawania wszystkie czynności i procedury spawalnicze oraz kwalifikacje spawaczy powinny zostać potwierdzone w oparciu o wymagania załącznika Annex H1 w Subsection H (patrz poniższy pkt. 3.2.5).

3.2.5 Supports

W Subsection H kodu RCC-M przedstawiono wymagania dotyczące materiałów stosowanych do wytwarzania wsporników i zawieszek (H 2000), ich projektowania (H 3000) oraz wytwarzania i towarzyszących badań (H 4000), w tym czynności produkcyjnych (H 4300), spoin produkcyjnych (D 4400) oraz badań nieniszczących (H 4500). Subsection H zawiera ponadto dodatek Annex H1, w którym sformułowano wymagania dotyczące dopuszczenia spoiw, kwalifikowania technologii spawania oraz potwierdzenia kwalifikacji spawaczy i operatorów.

Poniżej przedstawiono wybrane tytuły rozdziałów i podrozdziałów Subsection H, w których przedstawiono wymagania dotyczące wsporników (*supports*):

H 1000 – General

H 1300 – Classification of Supports

H 1400 – Types of Supports and Attachments

H 1500 – Required Documents

H 1600 – Identification

H 2000 – Materials

H 2100 – General

H 2200 – Conditions of Application

H 2300 – Additional Requirements

H 2310 – Lamellar Tearing

H 3000 – Design

H 3100 – General Provisions

H 3200 – Rules for Class S1 Supports

H 3380 – Requirements for Welded Joints

H 3300 – Rules for Class S2 Supports

H 4000 – Fabrication and Associated Examinations

H 4100 – General

H 4200 – Preliminary Documents and Requirements for Fabrication and Examination

H 4300 – Fabrication Operations

H 4310 – General

H 4320 – Marking

H 4330 – Cutting – Punching

H 4340 – Forming – Alignment

H 4350 – Surface Treatment

H 4360 – Cleanliness

H 4370 – Mechanical Joints

H 4400 – Production Welds

H 4410 – Welds Joining Supports to Pressure Retaining Components

H 4420 – Other Production Welds

H 4430 – Examinations before and During Welding

H 4440 – Weld Finishing

H 4450 – Production Weld Data Sheet

H 4500 – Non-Destructive Examination of Welds

H 4510 – General

H 4520 – Visual Examination

H 4530 – Surface and Volumetric Examinations

H 5000 – Standard Supports and Standard Support Members

Annex H1 - Acceptance of Filler Materials and Welding Qualifications

0000 – Scope

1000 – General

1100 – Preliminary Verifications, Qualifications and Acceptances

1200 – Weldability of Materials

1300 – General Remarks on Heat Treatments

2000 – Acceptance Of Filler Materials

3000 – Welding Procedure Qualification

4000 – Qualification of Welders and Operators

W podrozdziale H 1300 opisano podział wsporników i zawieszek w zależności od klasy bezpieczeństwa komponentów, z którymi one współpracują. A zatem wsporniki i zawieszki podzielono na dwie klasy: Class S1 oraz Class S2, przy czym komponenty zaliczane do Class 1 współpracują z wspornikami Class S1, a komponenty Class 2 oraz Class 3 – ze wspornikami Class S2. Jeśli wspornik jest wspólny dla komponentów należących do dwóch różnych klas bezpieczeństwa, do wspornika stosuje się wymagania sformułowane do komponentu o wyższej klasie.

W rozdziale H 2000 stwierdza się, że zasadniczo materiały do wykonywania wsporników i zawieszek powinny spełniać wymagania norm francuskich AFNOR, które w zdecydowanej większości są francuskojęzyczną wersją norm typu EN lub EN ISO. W rozdziale są opisane również wymagania dodatkowe, na przykład w zakresie pęknięć lamelarnych (H 2310) i odporności na korozję międzykrystaliczną (H 2350).

W tabl. 3.6 i 3.7 zestawiono wyroby do wykonania systemów wsporczych i odniesienia do odpowiednich podrozdziałów Section II „MATERIAL” oraz norm EN lub EN ISO w zależności od klasy wsporników.

Tablica 3.6

Lista rozdziałów Section II dotyczących materiałów na systemy wsporcze Class S1 dla wyszczególnionych komponentów

Wsporniki Class S1	Odniesienia do Section II
- Forged bars for RCP (Reactor Coolant Pump) support studs	M 5150
- Pins for ball bushing joints on RCP and SG (Steam Generator) supports	M 5150
- Bars for ball bushing joints for RCP and SG snubbers	M 5160
- Alloy steel plate for permanent pressurizer and SG fittings - Skirt	M 2125
- Type 12 MDV6 castings for: - SG and RCP support clevises, - main steam line support plates, clevises and clamps, - snubber supports,	M 5180
- Die cast or forged parts for: - reactor support pads, - upper clevis insert for RCP supports, - snubber components for RCP and SG supports.	M 5170

Tablica 3.7

Lista dokumentów odniesienia dotyczących materiałów stosowanych na systemy wsporcze klas S1 i S2

Wsporniki Class S1 i Class S2	Dokument odniesienia (norma lub podrozdział w Section II)
- Bars	M 5150
- Bars and austenitic stainless steel rolled or forged bars and semifinished products	M 3306
- Pins, screws	M 5140
- Bolting for general use	NF EN ISO 898-1 NF EN ISO 3506-1 NF EN ISO 3506-2 NF EN 20898-2
- Carbon steel plates, beams and strips bars and sections	M 1134
- Carbon steel plate	M 1131
- Austenitic stainless steel plate	M 3307
- General purpose austenitic stainless steel plate	M 3316
- Type P235GH, P265GH carbon steel pipe	M 1143
- Type P235GH, P265GH carbon steel pipe	M 1146
- Austenitic stainless steel forgings and drop forgings	M 3301

W rozdziale H4300 dotyczącym czynności związanych z wytwarzaniem wsporników i zawieszek już na samym początku wskazuje się, że mają zastosowanie wymogi opisane w Section V „FABRICATION” pod warunkiem spełnienia zastrzeżeń opisanych w H4300 oraz wymagań dodatkowych podrozdziału H 4400. W podrozdziale H 4360 dotyczącym czystości wskazuje się na przykład, że w przypadku wsporników z nierdzewnych stali austenitycznych, podczas ich produkcji w odniesieniu do zanieczyszczeń zaleca się stosowanie wymagań przedstawionych w rozdziale F 6400. Z kolei w podrozdziale H4371 wymieniono

dotatkowe wymagania dotyczące połączeń mechanicznych w przypadku wsporników i zawieszek przeznaczonych dla zbiorników ciśnieniowych Class 1, 2 oraz 3.

Przed rozpoczęciem prac spawalniczych Wytwórca powinien przeprowadzić wszystkie badania uznaniowe, kwalifikowanie technologii oraz uznanie kwalifikacji spawaczy i operatorów określone w załączniku Annex H 1.

W rozdziale H 5000 opisano warunki stosowania standardowych wsporników i zawieszek, w tym proces ich uznawania.

4 Wymagania do zbiorników ciśnieniowych nie objętych klasyfikacją wg ASME Section III oraz AFCEN RCC-M

4.1 Zbiorniki nie objęte klasyfikacją wg ASME Section III

Jak już wspomniano w pkt. 2.1 niniejszych Wytycznych, w rozporządzeniu Ministra Rozwoju z dnia 20 maja 2016 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla urządzeń technicznych lub urządzeń podlegających dozorowi technicznemu w elektrowni jądrowej (Dz. U. z 2016 r. poz. 909) stwierdza się, że do urządzeń EJ, dla których nie określono klasy bezpieczeństwa, stosuje się wymagania zawarte w normach technicznych właściwych dla danych urządzeń oraz w innych specyfikacjach technicznych dotyczących wymagań projektowych, o ile przepisy niniejszego rozporządzenia nie stanowią inaczej.

Powyższy zapis w rozporządzeniu oznacza, że podczas budowy elektrowni jądrowych z reaktorami AP1000 lub APR-1400 zbiorniki ciśnieniowe nie objęte klasyfikacją wykonania związaną z bezpieczeństwem jądrowym powinny spełniać wymagania dokumentacji projektowej, która w przypadku projektu polskiego z dużym prawdopodobieństwem będzie zakładała stosowanie przepisów ASME oraz odpowiednich norm amerykańskich. A zatem w przypadku konwencjonalnych zbiorników ciśnieniowych dokumentem odniesienia najprawdopodobniej będą przepisy ASME Section VIII, Division 1 [30].

W kolei w przypadku zbiorników magazynowych normami odniesienia będą normy API-650 [44], AWWA D100 [45], ANSI B96.1 [46] lub API-620 [47] w zależności od rodzaju zbiornika.

Podobnie jak w ASME Section III, w ASME Section VIII w rozdziale dotyczącym spawania stwierdza się, że procesy spawalnicze stosowane podczas wytwarzania zbiorników ciśnieniowych powinny spełniać wymagania dotyczące kwalifikowania technologii spawania ujęte w ASME Section IX „Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators” [40].

4.2 Zbiorniki nie objęte klasyfikacją wg AFCEN RCC-M

Zapis rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 20 maja 2016 r. przywołany powyżej w pkt. 4.1 powoduje, że w przypadku budowy reaktora EPR urządzenia ciśnieniowe nie objęte wymaganiami przepisów RCC-M będą wytwarzane w oparciu o wymagania doskonale znanej i powszechnie stosowanej przez polskie przedsiębiorstwa europejskiej dyrektywy ciśnieniowej 2014/68/EU (PED) [31] oraz całego szeregu zharmonizowanych z nią norm typu EN lub EN ISO.

5 Wymagania norm KTA oraz przepisów PNAE dotyczące zbiorników ciśnieniowych elektrowni jądrowych

5.1 Wymagania niemieckich norm KTA

W Niemczech przepisy dotyczące zagadnień jądrowych są ujęte w normach typu KTA (*Kerntechnischer Ausschuss*), które zostały opracowane przez niemieckich producentów, inspektorów i operatorów elektrowni jądrowych. Normy te bazują na kodzie ASME, ale mają własne osobliwości. Obecnie KTA program obejmuje 97 norm [48]. Porównanie kodu ASME Section III oraz norm KTA w zakresie zbiorników ciśnieniowych przedstawiono w tabl. 5.1 [49].

Tablica 5.1

Porównanie ASME Section III z normami KTA

ASME Section III, Division 1	KTA
Subsection NB (Class 1)	KTA 3201.2 [51] KTA 3201.3 [52] KTA 3211.2 [54] KTA 3211.3 [55]
Subsection NC (Class 2)	KTA 3211.2 KTA 3211.3
Subsection ND (Class 3)	KTA 3211.2 KTA 3211.3
Subsection NF (Supports)	KTA 3201.2 oraz KTA 3205.1 [56] KTA 3211.2 oraz KTA 3205.2 [57] KTA 3205.3 [58]

Duża ilość norm KTA odpowiadająca poszczególnym podsekcją przepisów ASME wynika z tego, że normy niemieckie opisują osobno wymagania dotyczące materiałów, projektowania oraz wytwarzania, a ponadto normy te są dodatkowo podzielone na takie, które dotyczą komponentów tworzących pierwotny obieg elektrowni jądrowej oraz dotyczące komponentów nie należących do obiegu

pierwotnego, ale będących istotnymi z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego. Przykładowo, normy KTA 3201.2 [51] i KTA 3211.2 [54] dotyczą projektowania, a normy KTA 3201.3 [52] i KTA 3211.3 [55] wytwarzania komponentów ciśnieniowych odpowiednio w obiegu pierwotnym i innych komponentów ciśnieniowych istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego. Wśród norm KTA nie ma jednej normy, którą można byłoby porównać z ASME Section II „Material” [38]. W praktyce wygląda to tak, że materiały zalecane do stosowania przez normę KTA 3201.2 [51] są ujęte w normie KTA 3201.1 [50], a przez normę KTA 3211.2 [54] w KTA 3211.1 [53].

W przypadku konstrukcji wsporczych wymagania są opisane w jeszcze większej ilości norm KTA (tabl. 5.1).

System jakości w zakładach produkcyjnych powinien spełniać natomiast wymagania normy KTA 1401 [59].

Normy KTA, podobnie jak przepisy AFCEN RCC-M, przewidują szerokie wykorzystanie norm europejskich typu EN oraz międzynarodowych typu EN ISO.

5.2 Wymagania rosyjskich przepisów PNAE

Przy wytwarzaniu zbiorników ciśnieniowych dla elektrowni jądrowych projektowanych i budowanych w oparciu o rosyjską technologię z reaktorem typu VVER (np. VVER-440, VVER-1000, VVER-1200 lub VVER-TOI) przepisem, w którym opisano wymagania projektowe i materiałowe jest PNAE G-7-008-89 (ПНАЭ Г-7-008-89) [60]. Z kolei przepisami dotyczącymi procesów spawania i napawania oraz kontroli złączy spawanych zbiorników ciśnieniowych są odpowiednio dokumenty PNAE G-7-009-89 (ПНАЭ Г-7-009-89) [61] oraz PNAE G-7-010-89 (ПНАЭ Г-7-010-89) [62]. Ostatni dokument ustala kolejność, rodzaj, zakres i metody badań (zarówno nieniszczących, jak niszczących) oraz normy i standardy oceny jakości złączy spawanych oraz warstw (wyrobów) napawanych, które zostały wykonane w oparciu o przepisy PNAE G-7-009-89 (ПНАЭ Г-7-009-89) [61].

Według przepisów PNAE G-7-008-89 [60], urządzenia są zaliczane do grup A, B i C, które z kolei korelują z klasami bezpieczeństwa 1, 2 i 3 wg PNAE G-01-011-97 (ПНАЭ Г-01-011-97) [63]. Podział na klasy jest podobny do tego w ASME Section III lub AFCEN RCC-M. Różnica polega tylko na tym, że wg przepisów rosyjskich, urządzenia ciśnieniowe nie zaklasyfikowane do klas 1, 2 lub 3 tworzą klasę 4.

Oprócz wymienionych powyżej przepisów rosyjskich typu PNAE, istnieje wiele państwowych norm ogólnych typu ГОСТ, branżowych (OCT) oraz zakładowych, jak również zaleceń technicznych typu RD (РД). Przykładowo, OCT 24.300.04-91 [64] opisuje wymagania techniczne dotyczące spawania, napawania oraz obróbki cieplnej złączy spawanych detali wykonanych ze stali w gatunku 06Cr12Ni3Cu (06X12H3Д) stosowanej podczas wytwarzania urządzeń dla elektrowni jądrowych. Jako ciekawostkę zawartą w tym dokumencie można wymienić wymóg dotyczący maksymalnie dopuszczalnej zawartości kobaltu w elementach obiegu pierwotnego mających styczność z nośnikiem ciepła. Wg OCT 24.300.04-91 zawartość kobaltu nie może być większa niż 0,05%. Dla porównania, przepisy francuskie RCC-M ograniczają zawartość tego pierwiastka do max. 0,2% z preferowaną zawartością nie większą niż 0,1% (RCC-M Section II „MATERIAL“).

Przedsiębiorstwa produkujące zbiorniki ciśnieniowe do stosowania w elektrowniach jądrowych z reaktorami VVER powinny spełniać ponadto wymagania w zakresie systemu zapewnienia jakości według НП-090-11 [65], a gotowe wyroby spełniać wymagania przepisu w zakresie odpowiedniości wyrobów z punktu widzenia możliwości ich stosowania w obiektach energetyki jądrowej НП-071-06 [66].

6 Zestawienie tabelaryczne podstawowych wymagań zawartych w poszczególnych przepisach i normach

Poniżej w formie tabelarycznej przedstawiono rozdziały, podrozdziały i paragrafy odpowiednich sekcji przepisów AFCEN RCC-M i ASME Section III, w których są zawarte wymagania dotyczące wytwarzania urządzeń ciśnieniowych Class 1, 2, 3 oraz nie objętych klasyfikacją (tabl. 6.1 i 6.2), jak również współpracujących z nimi wsporników (tabl. 6.3 i 6.4).

Tablica 6.1

System zapewnienia jakości (zarządzania jakością) podczas wytwarzania urządzeń ciśnieniowych w elektrowniach jądrowych [67÷69]

Lp.	Tytuł rozdziału lub podrozdziału	Class 1	Class 2	Class 3	Non nuclear
1.1	ASME Section III				
1.1.1	Wytwórca	NQA-1	NQA-1	NQA-1	
1.1.2	Dostawca materiału	NCA-3800	NCA-3800	NCA-3800	
1.2	RCC-M	GS-R-3 NSQ-100 ISO 19443	GS-R-3 NSQ-100 ISO 19443	GS-R-3 NSQ-100 ISO 19443	ISO 9001 ISO 19443

Tablica 6.2

Urządzenia ciśnieniowe Class 1, 2, 3 i nie objęte klasyfikacją

Lp.	Tytuł rozdziału lub podrozdziału	Class 1	Class 2	Class 3	Non nuclear
1	ASME Section III	Subsection NB	Subsection NC	Subsection ND	ASME Sect. VIII, API-650, AWWA D100, ANSI B96.1, API-620
1.1	Wprowadzenie	NB-1000	NC-1000	ND-1000	
1.2	Materiały	NB-2000	NC-2000	ND-2000	
1.2.1	Materiał podstawowy	NB-2100	NC-2100	ND-2100	
1.2.2	Spoiva	NB-2400	NC-2400	ND-2400	
1.3	Projektowanie	NB-3000	NC-3000	ND-3000	
1.4	Wytwarzanie i instalowanie	NB-4000	NC-4000	ND-4000	
1.4.1	Kwalifikowanie technologii spawalniczych	NB-4300	NC-4300	ND-4300	
1.5	Badanie	NB-5000	NC-5000	ND-5000	
1.6	Próba ciśnieniowa	NB-6000	NC-6000	ND-6000	
2	RCC-M	Subsection B	Subsection C	Subsection D	PED, EN oraz EN ISO
2.1	Wprowadzenie	B 1000	C 1000	D 1000	
2.2	Materiały	B 2000	C 2000	D 2000	
2.2.1	Materiał podstawowy	B 2200	C 2200	D 2200	
2.3	Projektowanie	B 3000	C 3000	D 3000	
2.4	Wytwarzanie i badanie	B 4000	C 4000	D 4000	
2.4.1	Spawanie i procesy pokrewne	B 4400	C 4400	D 4400	
2.4.2	Kwalifikowanie spawania	B 4231 S 1000	C 4231 S 1000	D 4231 S 1000	
2.4.3	Badanie	B 4460	C 4460	D 4460	
2.5	Próba ciśnieniowa	B 5000	C 5000	D 5000	

Tablica 6.3

Wsporniki wg ASME Section III

Lp.	Tytuł rozdziału lub podrozdziału	Class 1	Class 2	Class 3	Non nuclear
1	ASME Section III	Subsection NF	Subsection NF	Subsection NF	ASME Sect. VIII
1.1	Wprowadzenie	NF-1000	NF-1000	NF-1000	
1.2	Materiały	NF-2000	NF-2000	NF-2000	
1.2.1	Materiał podstawowy	NF-2100	NF-2100	NF-2100	
1.2.2	Spoiva	NF-2400	NF-2400	NF-2400	
1.3	Projektowanie	NF-3220 NF-3320 NF-3420 NF-3520 NF-3620	NF-3250 NF-3350 NF-3450 NF-3550 NF-3650	NF-3260 NF-3360 NF-3460 NF-3550 NF-3650	
1.4	Wytwarzanie i instalowanie	NF-4000	NF-4000	NF-4000	
1.4.1	Kwalifikowanie technologii spawalniczych	NF-4300	NF-4300	NF-4300	
1.5	Badanie	NF-5000	NF-5000	NF-5000	
2	System zapewnienia jakości	NQA-1	NQA-1	NQA-1	

Tablica 6.4

Wsporniki wg RCC-M

Lp.	Tytuł rozdziału lub podrozdziału	Class S1	Class S2
1	RCC-M	Subsection H	Subsection H
1.1	Wprowadzenie	H 1000	H 1000
1.2	Materiały	H 2000	H 2000
1.2.1	Materiał podstawowy	H 2200	H 2200
1.3	Projektowanie	H 3200	H 3300
1.4	Wytwarzanie i badanie	H 4000	H 4000
1.4.1	Spawanie produkcyjne	H 4400	H 4400
1.4.2	Kwalifikowanie spawania	Annex H1	Annex H1
1.4.3	Badanie	H 4500	H 4500
2	System zapewnienia jakości	GS-R-3 NSQ-100 ISO 19443	GS-R-3 NSQ-100 ISO 19443

7 Podsumowanie

Zbiorniki ciśnieniowe są nieodzownym elementem nie tylko elektrowni konwencjonalnych, lecz także jądrowych. Elektrownia jądrowa jest jednak szczególnym i bardzo skomplikowanym obiektem przemysłowym, a podczas jej pracy występuje dodatkowe zagrożenie w postaci promieniowania generowanego przez paliwo jądrowe. Obecność promieniowania powoduje, że zasady projektowania, wytwarzania i odbioru urządzeń ciśnieniowych istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego są ujęte w odrębnych, specjalnych przepisach tj. amerykańskie przepisy ASME Section III [10] oraz francuskie AFCEN RCC-M [11]. Niektóre układy elektrowni jądrowej nie mają jednak wpływu na bezpieczeństwo jądrowe, np. określone urządzenia ciśnieniowe wyspy turbinowej (konwencjonalnej). W związku z powyższym rozróżnia się dwie główne grupy konstrukcji, układów (systemów) i komponentów elektrowni jądrowych (SSC):

- związane z bezpieczeństwem jądrowym (*safety-related*);
- nie związane z tym bezpieczeństwem (*non safety-related*).

Nie wszystkie urządzenia i systemy związane z bezpieczeństwem jądrowym (*safety-related*) pełnią w elektrowni podobne funkcje oraz pracują w tych samych warunkach, a zatem ich uszkodzenie lub niewłaściwa praca nie stwarza podobne ryzyko dla ludzi i otoczenia. W IAEA Safety Standards Series No. SSG-30 [12] przedstawiono zalecenia i wskazówki pomagające zidentyfikować, a następnie sklasyfikować struktury, układy i komponenty (SSC) obiektów jądrowych, w tym elektrowni jądrowych, które są istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa na podstawie ich funkcji i znaczenia dla bezpieczeństwa. Celem ww. wytycznych IAEA jest ponadto zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa poprzez spełnienie odpowiednich wymogów jakościowych oraz niezawodności obiektów.

Kategoryzacja i klasyfikacja bezpieczeństwa SSC ma wpływ na poziom pewności, którą zapewnią przepisy, kody i normy w zakresie projektowania i wykonania SSC. W przypadku zbiorników ciśnieniowych tymi przepisami są ASME Section III, Division 1 [16] oraz AFCEN RCC-M [11], które również zawierają klasyfikacje komponentów i struktur elektrowni jądrowej (*Code Classification*). W przypadku obydwu kodów klasyfikacja przewiduje podział urządzeń ciśnieniowych na trzy klasy: *Class 1*, *Class 2*, *Class 3*, przy czym do komponentów *Class 1* zawsze

zalicza się zbiorniki i urządzenia ciśnieniowe będące częścią pierwotnego układu chłodzenia rdzenia reaktora, a więc reaktor jądrowy, wytwornice pary, stabilizator ciśnienia, główną pompę cyrkulacyjną układu chłodzenia i główne rurociągi. Komponenty zaliczane do Class 2 to urządzenia będące elementami ważnymi z punktu widzenia bezpieczeństwa chłodzenia awaryjnego układu chłodzenia rdzenia. Do komponentów Class 3 zalicza się zbiorniki ciśnieniowe będące elementami niezbędnymi do funkcjonowania elektrowni jądrowej.

Należy jednak podkreślić, że przepisy ASME Section III, ale także AFCEN RCC-M określają tylko zasady projektowania, wykonania, kontroli i badań urządzeń ciśnieniowych i ich wsporników w odniesieniu do różnych klas. Nie wskazują one natomiast na korelacje tych klas z klasami bezpieczeństwa poszczególnych struktur, systemów i komponentów, które zostały ustalone przez krajowy organ regulacyjny. Przyporządkowania poszczególnych układów, struktur i komponentów (SSC) do odpowiedniej klasy bezpieczeństwa jądrowego (*Safety Class*) lub grupy jakościowej wg NRC (*Quality Group*) oraz wskazania klasy wykonania komponentów (*Code Class*) wg ASME Section III lub RCC-M dokonuje wyłącznie dostawca technologii jądrowej (wnioskodawca) na podstawie wskazówek regulatora krajowego, a następnie przedkłada dokument do zatwierdzenia podczas procesu licencyjnego.

Również wsporniki (*supports*) współpracujące ze sklasyfikowanymi komponentami są zaliczane do odpowiednich klas. W przypadku kodu ASME Section III w Subsection NF są przedstawione wymagania do wsporników, które współpracują z komponentami zaliczanymi do Class 1, 2, 3 oraz MC. Symbolem MC opisano stalową obudowę bezpieczeństwa (*containment vessel*) oraz komponenty z nim współpracujące. Główne różnice w zależności od klasy występują w rozdziałach, które dotyczą projektowania.

W przypadku kodu RCC-M, wsporniki i zawierzenia podzielono na dwie klasy: Class S1 oraz Class S2, przy czym komponenty zaliczane do Class 1 współpracują z wspornikami Class S1, a komponenty Class 2 oraz Class 3 – ze wspornikami Class S2. Jeśli wspornik jest wspólny dla komponentów należących do dwóch różnych klas bezpieczeństwa, to do wspornika stosuje się wymagania wyższej klasy.

Z przeprowadzonej analizy wymagań kodów AFCEN i ASME dotyczących zbiorników ciśnieniowych i wsporników wynika, że w przypadku przepisów ASME odwołania w ich tekście dotyczą poszczególnych jego sekcji oraz norm amerykańskich typu ASTM, AWS, ANSI/AISC i innych. W przypadku urządzeń nie

objętych klasyfikacją bezpieczeństwa dokumentem odniesienia jest ASME Section VIII [30] lub norm amerykańskich typu API, AWWA i ANSI.

W przypadku przepisów AFCEN RCC-M zdecydowana większość norm, na które ta sekcja powołuje się, są normami europejskimi typu EN lub normami międzynarodowymi typu EN ISO, szczególnie jeśli chodzi o procesy spawania, w tym normy dotyczące: spoiw, kwalifikowania technologii spawalniczych i badań NDT. Normy francuskie zdarzają się sporadycznie. Podobna sytuacja ma miejsce także w przypadku zbiorników ciśnieniowych nie objętych ww. klasyfikacją bezpieczeństwa, które należy wykonywać w oparciu o wymagania europejskiej dyrektywy ciśnieniowej PED [31] oraz norm zharmonizowanych typu EN i EN ISO.

Należy podkreślić, że niezależnie od przepisów zbiorniki ciśnieniowe są wykonywane ze stali węglowych i niskostopowych powszechnie stosowanych w konwencjonalnych elektrowniach, jak również austenitycznych stali nierdzewnych typu AISI 304L lub 316L, które również są często stosowane w zakładach chemicznych lub petrochemicznych oraz przemyśle spożywczym. Z przetwarzaniem obydwu tych rodzajów stali (cięciem, gięciem, spawaniem) krajowe firmy z branży metalowej powinny bez trudu sobie poradzić. Podstawowym zadaniem do wykonania jest posiadanie: sprawdzonego i certyfikowanego systemu zapewnienia jakości uwzględniającego specyficzne wymagania jądrowe, sprawdzonych i kwalifikowanych technologii produkcyjnych (przede wszystkim spawalniczych), personelu o potwierdzonych kwalifikacjach, jak również udowodnienie, że firma posiada doświadczenie w wykonaniu zbiorników ciśnieniowych w obiektach jądrowych lub zakładach o podobnej skali odpowiedzialności i złożoności, odpowiednio przygotowane hale produkcyjne oraz jest w stanie zapewnić terminowość wykonania zleceń.

8 Piśmiennictwo

1. Uchwała Nr 141 Rady Ministrów z dnia 2 października 2020 r. w sprawie aktualizacji programu wieloletniego pod nazwą „Program polskiej energetyki jądrowej”. Monitor Polski z dnia 16 października 2020 r., poz. 946.
2. Niagaj J., Pfeifer T.: Wytyczne wspomagające działania przedsiębiorstw krajowych w budowie elektrowni jądrowych. System zapewnienia jakości w budowie elektrowni jądrowych. W/MAP/DEJ/IS/01/19, Wydanie 2, Instytut Spawalnictwa, 2019.
3. Niagaj J.: Wytyczne wspomagające działania przedsiębiorstw krajowych w budowie elektrowni jądrowych. Konstrukcje stalowe obudowy bezpieczeństwa reaktora jądrowego. W/ME/DEJ/IS/02/15, Wydanie 1, Instytut Spawalnictwa, 2015.
4. Niagaj J.: Wytyczne wspomagające działania przedsiębiorstw krajowych w budowie elektrowni jądrowych. Rurociągi klasy 1, 2, 3 oraz nie objęte klasyfikacją w elektrowniach jądrowych. W/ME/DEJ/IS/03/16, Wydanie 1, Instytut Spawalnictwa, 2016.
5. Niagaj J.: Wytyczne wspomagające działania przedsiębiorstw krajowych w budowie elektrowni jądrowych. Armatura i pompy klasy 1, 2, 3 oraz nie objęte klasyfikacją w elektrowniach jądrowych. W/ME/DEJ/IS/04/17, Wydanie 1, Instytut Spawalnictwa, 2017.
6. Niagaj J., Różański M., Matuszewski M., Jurkiewicz R.: Wytyczne wspomagające działania przedsiębiorstw krajowych w budowie elektrowni jądrowych. Badania nieniszczące (NDT) złączy spawanych urządzeń i konstrukcji dla elektrowni jądrowych oraz wymagania w zakresie personelu do ich przeprowadzenia. W/ME/DEJ/IS/05/17, Wydanie 1, Instytut Spawalnictwa, 2018.
7. Niagaj J.: Wytyczne wspomagające działania przedsiębiorstw krajowych w budowie elektrowni jądrowych. Budowlane konstrukcje stalowe elektrowni jądrowych. W/MAP/DEJ/IS/06/19, Wydanie 1, Łukasiewicz-Instytut Spawalnictwa, 2019.
8. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2013 r. w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu w elektrowni jądrowej. Dz. U. z dnia 22 stycznia 2014 r., poz. 111.

9. Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 20 maja 2016 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla urządzeń technicznych lub urządzeń podlegających dozorowi technicznemu w elektrowni jądrowej. Dz. U. z dnia 24 czerwca 2016 r., poz. 909.
10. ASME B&PV, Section III „Rules for construction of nuclear facility components”. American Society of Mechanical Engineers, New York.
11. AFCEN RCC-M „Design and Construction Rules for Mechanical Components of PWR Nuclear Islands”.
12. Safety classification of structures, systems and components in nuclear power plants. IAEA Safety Standards Series No. SSG-30, IAEA, Vienna, 2014.
13. Safety of Nuclear Power Plants: Design. IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1), IAEA, Vienna, 2016.
14. Safety Assessment for Facilities and Activities. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 4 (Rev. 1), IAEA, Vienna, 2016.
15. Application of the Safety Classification of Structures, Systems and Components in Nuclear Power Plants. IAEA-TECDOC-1787, IAEA, Vienna, 2016.
16. ASME B&PVC, Section III, Division 1, 2015.
17. Regulatory Guide 1.26. Quality Group Classifications and Standards for Water-, Steam-, and Radioactive-Waste-Containing Components of Nuclear Power Plants. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Office of Nuclear Regulatory Research, Revision 5, February 2017.
18. ASME B&PVC, Section III – Subsection NCA „ General Requirements for Division 1 and Division 2”, 2015.
19. <https://www.nrc.gov/docs/ML1117/ML11171A500.html> [25.11.2020].
20. Westinghouse AP1000 Design Control Document Rev. 19. Tier 2 Material. Chapter 3 Design of Structures, Components, Equipment and Systems. 3.2 Classification of Structures, Components, and Systems. June 13, 2011.
21. Pre-Construction Safety Report (PCSR) – Sub-chapter 3.2 - Classification of structures, equipment and systems. UKEPR-0002-32 Issue 04. 16 November 2012.
22. Gaio P. AP1000: The PWR Revisited. IAEA International Conference on Opportunities and Challenges for Water Cooled Reactors in the 21st Century, 27 October 2009.

23. Namgung I., Giang N. H.: Investigation of Burst Pressures in PWR Primary Pressure Boundary Components. Nuclear Engineering and Technology, 2016 (48), s.236-245.
24. Nuclear Power Plants. Doosan Heavy Industries & Construction.
25. Status report 81 – Advanced Passive PWR (AP 1000). IAEA, Advanced Reactors Information System (ARIS), Last update 04.04.2011.
26. Status report 83 – Advanced Power Reactor 1400 MWe (APR1400). IAEA, Advanced Reactors Information System (ARIS), Last update 04.11.2011.
27. Status report 78 – The Evolutionary Power Reactor (EPR). IAEA, Advanced Reactors Information System (ARIS), Last update 04.04.2011.
28. EPR. Framatome ANP, March 2005.
29. Bianquinch E.: Welding Issues in the Construction of the EPR Reactor. Equipment and Systems: Level 2, 3 & Non Classified. 58. Międzynarodowa Konferencja Spawalnicza, Specjalna Sesja Tematyczna pt.: „Rola spawalnictwa w budowie elektrowni jądrowej”, Sosnowiec, 19.10.2016 r.
30. ASME B&PVC, Section VIII, Division 1 „Rules for Construction of Pressure Vessels”, 2019.
31. Pressure Equipment Directive 2014/68/EU (PED), 15 May 2014.
32. Cottle D.: AP1000 Opportunity. Westinghouse AP1000 UK Equipment Supplier Launch, 2008.
33. <https://www.edfenergy.com/energy/nuclear-new-build-projects/hinkley-point-c/for-suppliers-and-local-businesses/work-packages> [25.11.2020]
34. FAMET. Konferencja pt.: „Promieniujemy na całą gospodarkę – Polski przemysł dla energetyki jądrowej”, Ministerstwo Energii, Warszawa, 30 stycznia 2017 r.
35. Rockfin Presentation. 1991-2017. November 2017.
36. Polish Industry for Nuclear Energy. Ministry of Energy, Republic of Poland, November 2019.
37. ASME B&PVC, Section III, Division 1 – Subsection NB „Class 1 Components”, 2015.
38. ASME B&PVC, Section II “Material”, Part D „Properties (Customary)”, 2015.
39. ASME B&PVC, Section II, Part C „Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals”, 2015.

40. ASME B&PVC, Section IX „Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators”, 2015.
41. ASME B&PVC, Section III, Division 1 – Subsection NC „Class 2 Components”, 2015.
42. ASME B&PVC, Section III, Division 1 – Subsection ND „Class 3 Components”, 2015.
43. ASME B&PVC, Section III, Division 1 – Subsection NF „Supports”, 2015.
44. API-650 „Welded Tanks for Oil Storage”.
45. AWWA D100 „Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage”, American Water Works Association, 2011.
46. ANSI B96.1 „Welded Aluminium-Alloy Storage Tanks”, 1999.
47. API-620 „Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks”.
48. http://www.kta-gs.de/welcome_engl.htm [25.11.2020]
49. Hofer D., Schau H., Karabaki H.E., Hill R. Comparison of Germany KTA and ASME Nuclear Design Codes for Class 1, 2, 3 Components and Piping. Proceeding of the ASME 2011 Pressure Vessels & Piping Division Conference PVP2011, July 17-21, 2011, Baltimore, Maryland, USA.
50. KTA 3201.1:2017-11 „Components of the Reactor Coolant Pressure Boundary of Light Water Reactors – Part 1: Materials and Product Forms“.
51. KTA 3201.2:2017-11 „Components of the Reactor Coolant Pressure Boundary of Light Water Reactors – Part 2: Design and Analysis“.
52. KTA 3201.3:2017-11 „Components of the Reactor Coolant Pressure Boundary of Light Water Reactors – Part 3: Manufacture“.
53. KTA 3211.1:2017-11 „Pressure- and activity-retaining components of systems outside the primary circuit – Part 1: Materials“.
54. KTA 3211.2:2013-11 „Pressure- and activity-retaining components of systems outside the primary circuit – Part 2: Design and Analysis“.
55. KTA 3211.3:2017-11 „Pressure- and activity-retaining components of systems outside the primary circuit – Part 3: Manufacture“.
56. KTA 3205.1:2018-10 „Component Support Structures with Non-integral Connections – Part 1: Component Support Structures with Non-integral

Connections for Components of the Reactor Coolant Pressure Boundary of Light Water Reactors“.

57. KTA 3205.2:2018-10 „Component Support Structures with Non-integral Connections – Part 2: Component Support Structures with Non-Integral Connections for Pressure and Activity-Retaining Components in Systems Outside the Primary Circuit“.
58. KTA 3205.3:2018-10 „Component Support Structures with Non-integral Connections – Part 3: Series-Production Standard Supports“.
59. KTA 1401:2017-11 „General Requirements for the Quality Assurance“.
60. ПНАЭ Г-7-008-89 „Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок “.
61. ПНАЭ Г-7-009-89 „Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка. Основные положения“.
62. ПНАЭ Г-7-010-89 „Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля“.
63. ПНАЭ Г-01-011-97 „Общие положения обеспечения безопасности атомных станций ОПБ-88/97“.
64. ОСТ 24.300.04-91 „Оборудование атомных электростанций. Сварка, наплавка и термическая обработка сварных соединений деталей из стали марки 06Х12НЗД (06Х12НЗДЛ). Технические требования“.
65. НП-090-11 "Требования к программам обеспечения качества для объектов использования атомной энергии".
66. НП-071-06 „Правила оценки соответствия оборудования, комплектующих, материалов и полуфабрикатов, поставляемых на объекты использования атомной энергии“.
67. NQA-1-2019 Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Applications.
68. NSQ-100 Nuclear Safety and Quality Management System – Requirements.
69. ISO 19443:2018 „Quality management systems – Specific requirements for the application of ISO 9001:2015 by organizations in the supply chain of the nuclear energy sector supplying products and services important to nuclear safety (ITNS)“.
