

# BWRX-300, PIERWSZY SMR W DARLINTGTON

## BWRX-300, Darlington's first SMR

Dariusz Witold Kulczyński

**Streszczenie:** W kontekście agresywnej polityki Unii Europejskiej dot. emisji dwutlenku węgla artykuł wyjaśnia zainteresowanie Polski szybkim wdrożeniem energetyki jądrowej, w tym SMR-ów. Przedstawiono osiągnięcia w dziedzinie technologii jądrowej przyszłego operatora obiektu DNNP tj. firmy Ontario Power Generation Inc. (OPG). Artykuł omawia wybrane cechy konstrukcyjne reaktora wodnego wrzącego BWRX-300 zaprojektowanego przez GE-Hitachi.

**Abstract:** In view of aggressive CO<sub>2</sub> emission abatement policies of the EU, the article explains the need for Poland to quickly develop nuclear power capabilities, hence her interest in SMR's. The Darlington New Nuclear Project (DNNP) is briefly described. Highlights of nuclear expertise of Ontario Power Generation Inc. (OPG), the DNNP future operator, are presented. Selected design features of GE-Hitachi's BWRX-300 boiling water reactor are described.

**Słowa kluczowe:** DNNP, BWRX-300, EBSWR, Ontario Power Generation, Darlington, DNGS, Zezwolenie na budowę, Regulator CNSC, Obszary bezpieczeństwa i kontroli SCA, Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej – IAEA, GE-Hitachi, Wiązka paliwowa GNF2, Wypadek przewidziany w konstrukcji DBA, Stalowo-kompozytowe naczynie osłonowe SCCV, System neutralnej atmosfery CIS, SCRAM, Pasywny skraplacz awaryjny ICS, Ręczny system wstrzykiwania boru BIS, Linia defensywy DL, Klasa bezpieczeństwa S.C., Państwowa Agencja Atomistyki – PAA, OPG, TVA, Orlen Synthos Green Energy – OSGE, ORLEN, ČEZ

**Keywords:** DNNP, BWRX-300, EBSWR, Ontario Power Generation, Darlington, DNGS, License to Construct, CNSC, Safety and Control Areas SCA, International Atomic Energy Agency – IAEA, GE-Hitachi, GNF2 Fuel Bundle, DBA, SCCV, Containment Inerting System, CIS, SCRAM, Isolation Condenser System, ICS, Boron Injection System, BIS, Defence Line, DL, Safety Class, SC, National Atomic Energy Agency – NAEA, OPG, TVA, Orlen Synthos Green Energy – OSGE, ORLEN, ČEZ

### Polityka klimatyczna Unii Europejskiej i polska energetyka jądrowa

Unia Europejska od szeregu lat stara się przeciwdziałać globalnemu ociepleniu przez wydawanie coraz droższych zezwoleń na emisję dwutlenku węgla. W wyniku tej polityki najbardziej poszkodowane są państwa oparte na energetyce węglowej, w tym Polska. Ostatnio Bruksela przypominała sobie także o metanie, którego obecność w polskich kopalniach nie tylko grozi wybuchem, ale jest gazem cieplarnianym znacznie bardziej szkodliwym od CO<sub>2</sub>. Trudno zrozumieć jak elektrownie opalane gazem ziemnym mogły w Unii Europejskiej zyskać miano przyjaznych środowisku, ale prawdopodobnie ze względu na Francję, rozwój energetyki jądrowej zrównano w prawach z tzw. odnawialnymi źródłami energii. Nadrabiając zaniedbania kilku dekad przyśpieszono realizację Polskiego Programu Energetyki Jądrowej. Tak w wersji z 2014 r., jak i z 2020 r., PPEJ zajmował się przede wszystkim energetyką jądrową w kontekście elektrowni wieloblokowych opartych na dużych reaktorach, takich jak AP1000 firmy Westinghouse.

Jeszcze w okresie rządów PO/PSL formułowano tezę, że w Polsce jest miejsce na więcej niż jedną technologię jądrową, co obecnie może się doczekać realizacji. Przedsięwzięcie OSGE Joint Venture jest inicjatywą Grupy ORLEN i Synthos Green Energy S.A. i zmierza do wprowadzenia do polskiego systemu energetycznego

SMR-ów BWRX-300, takich jak ten, który powstanie na terenie elektrowni Darlington w kanadyjskiej prowincji Ontario. Ten pierwszy na świecie mały, modułarny reaktor wodny wrzący projektu General Electric – Hitachi (GE-Hitachi) uruchomi i będzie eksploatowała firma Ontario Power Generation Inc. (OPG). OPG ma ponad sześćdziesięcioletnie doświadczenie z reaktorami PHWR – Pressurized Heavy Water Reactor (CANDU) i doskonały program bezpiecznego prowadzenia ruchu i szkolenia kadr.

### Nowy Projekt Jądrowy Darlington (DNNP)

Skrót DNNP oznacza Darlington New Nuclear Project, tj. blok BWRX-300 budowany na terenie przyległym do elektrowni Darlington (Darlington Nuclear Generating Station – DNGS 4 x 930 MWe). Docelowo mogą tam powstać cztery takie bloki. OPG już kilka lat temu uzyskało zezwolenie na przygotowanie placu budowy (*Licence to Prepare Site*). W październiku 2022 firma OPG złożyła w urzędzie nadzorującym urządzenia jądrowe w Kanadzie (Canadian Nuclear Safety Commission – CNSC) obszerny wniosek (aplikację) o zezwolenie na budowę (*Licence to Construct*). Podanie zawiera szczegółową dokumentację zredagowaną wokół tematów – obszarów bezpieczeństwa i kontroli, do których najwyższą uwagę przywiązuje regulator CNSC. Są to tzw. SCA's (Safety and Control Areas), w tym analiza bez-

pieczeństwa (Safety Analysis), ochrona radiologiczna (Radiation Protection) czy wreszcie konstrukcja bloku (Physical Design).

Po zakończeniu budowy OPG będzie musiało uzyskać zezwolenie na uruchomienie elektrowni (*Licence to Operate*). Wycofanie bloku jądrowego z eksploatacji po kilkudziesięciu latach będzie wymagało kolejnego zezwolenia (*Licence to Decommission*), a do ostatecznego opuszczenia terenu elektrowni jądrowej potrzebne jest zezwolenie na rekultywację terenu (*Licence to Abandon*).

Blok BWRX-300 można wybudować na placu wielkości boiska futbolowego. Stosunkowo małe zapotrzebowanie wody chłodzącej dodatkowo ułatwia ich lokalizację. Moc elektryczna BWRX-300 (brutto) wynosi 300 MW.

Zakłada się standaryzację i powtarzalność bloków SMR, a co za tym idzie ich niską cenę i brak opóźnień budowy.

### Blok BWRX-300

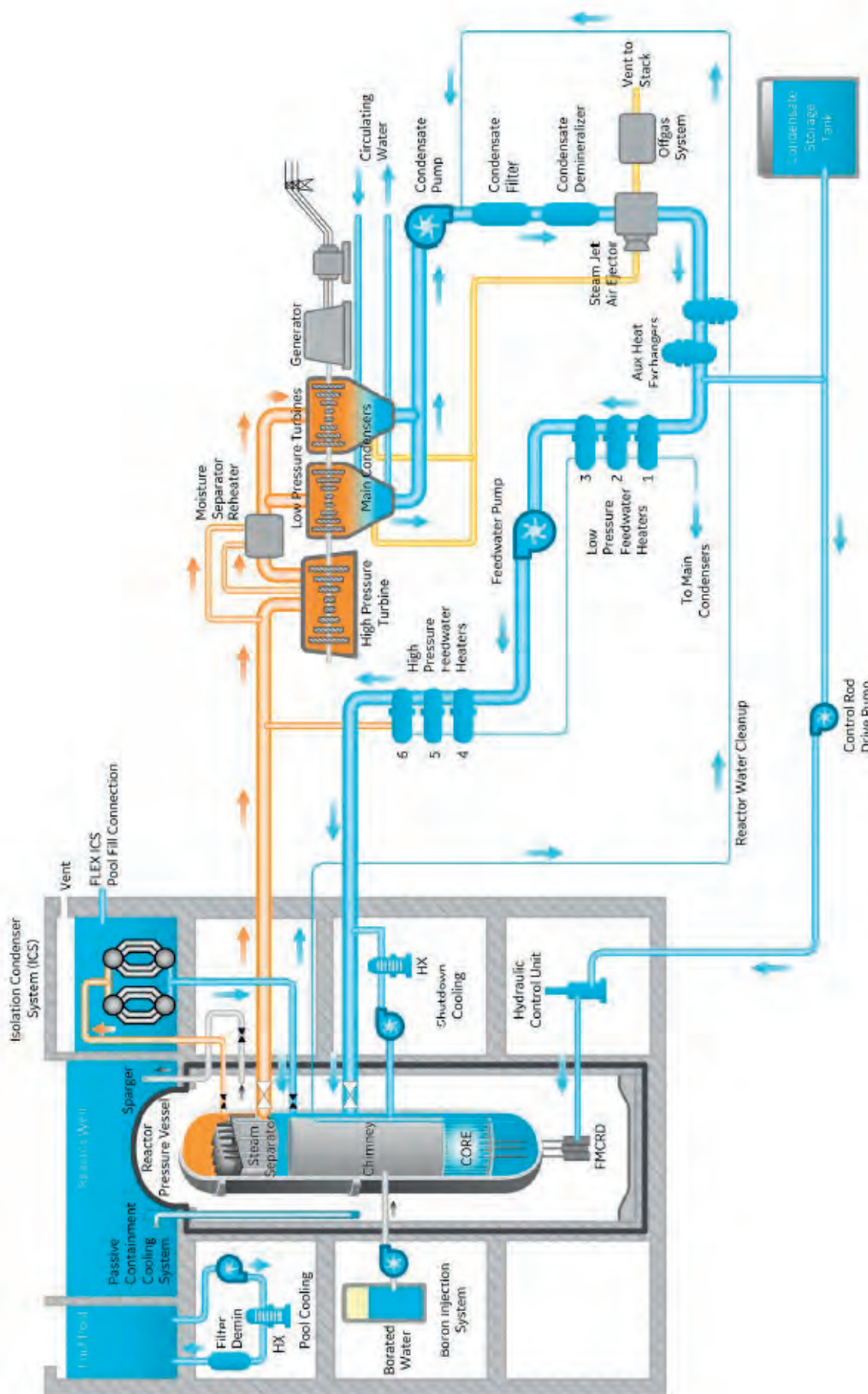
SMR BWRX-300 (~300 MWe, 870 MWth) należy do dziesiątej generacji reaktorów wodnych wrzących firmy General Electric (obecnie GE-Hitachi). Jest nową, zmniejszoną wersją reaktora EBSWR (Economic Simplified Boiling Water Reactor) o mocy 1520 MWe. Konstrukcja EBSWR uzyskała zatwierdzenie Urzędu Dozoru Jądrowego USNRC w USA (United States Nuclear Regulatory Commission). Moderatorem neutronów i chłodziwem rdzenia jest lekka woda ( $H_2O$ ). Cykl termodynamiczny Rankina jest realizowany w naturalnej cyrkulacji



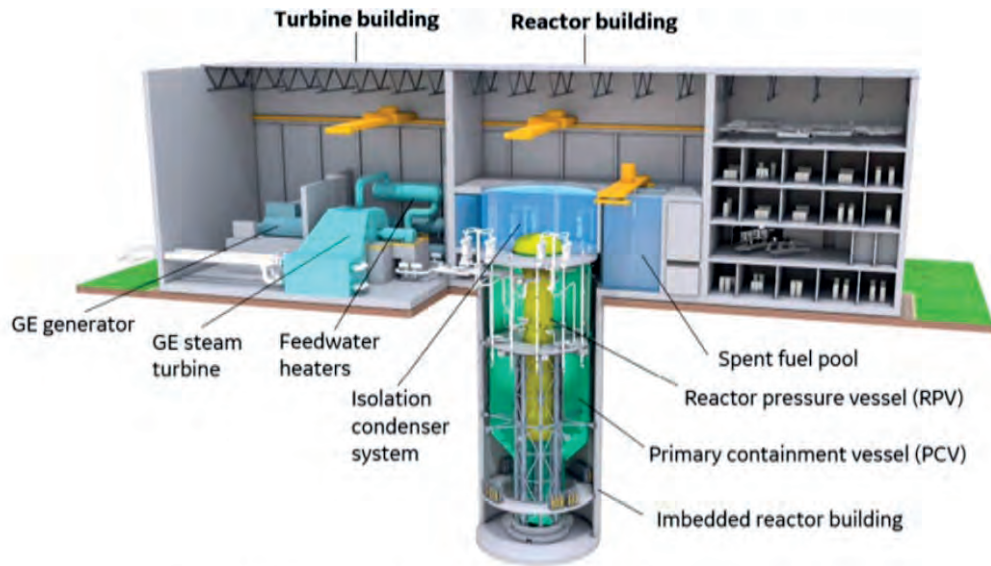
**Fot. 1.** DNNP BWRX-300 – projekt koncepcyjny bloku BWRX-300\*  
**Photo 1.** DNNP BWRX-300 – conceptual view\*



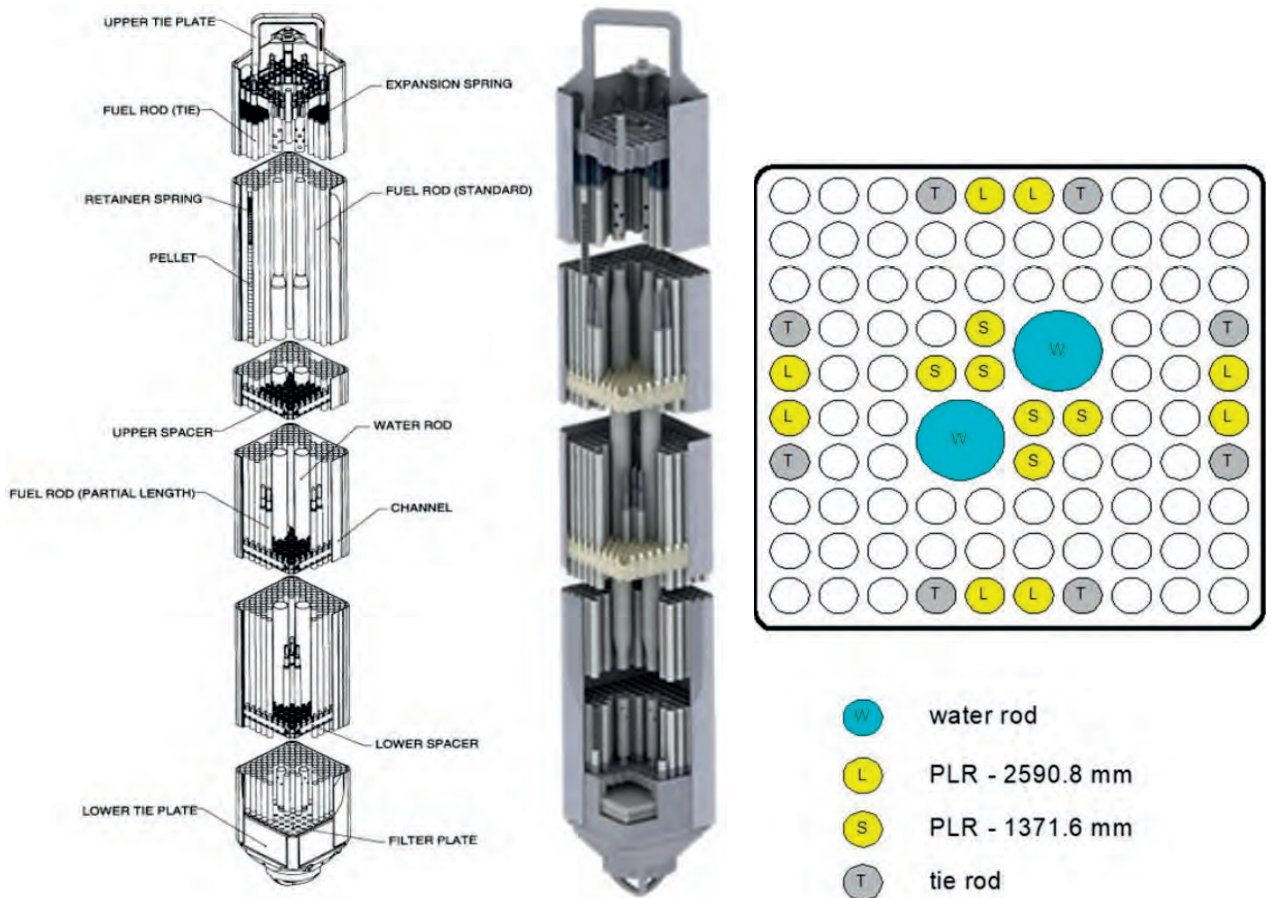
**Fot. 2.** DNNP BWRX-300 – obecny widok placu budowy\*  
**Photo 2.** DNNP BWRX-300 – the current view of the DNNP site\*



Rys. 1. Uproszczony schemat głównych systemów bloku BWRX-300\*  
 Fig. 1. Simplified flowsheet of BWRX-300 major systems\*



Rys. 2. Przekrój siłowni DNNP z BWRX-300 według projektu koncepcyjnego\*  
 Fig. 2. DNNP BWRX-300 Power Block Conceptual Cross Section\*



Rys. 3. Wiązka paliwowa GNF2 i położenie elementów\*  
 Fig. 3. GNF2 Fuel Bundle and Fuel Assembly Lattice\*

chłodziwa, które zamienia się w parę. Tak jak w przypadku wszystkich reaktorów, systemy technologiczne i zabezpieczenia BWRX-300 spełniają trzy fundamentalne zasady bezpieczeństwa jądowego: Reguluj (steruj), Chłodzi i Lokalizuj (3 C's: Control – Cool – Contain). Wiele systemów ma charakter pasywny, i nie wymaga zasilania elektrycznego.

Cykl pracy reaktora może trwać od 12 do 24 miesięcy. Wymiana paliwa na końcu cyklu wymaga odstawienia bloku. Maszyny przeładownicze i baseny zużytego paliwa (Fuel Preparation Machines, Refueling Machines, Spent Fuel Pools) znajdują się ponad poziomem ziemi poza podstawową osłoną bezpieczeństwa (Primary Containment Vessel PCV).

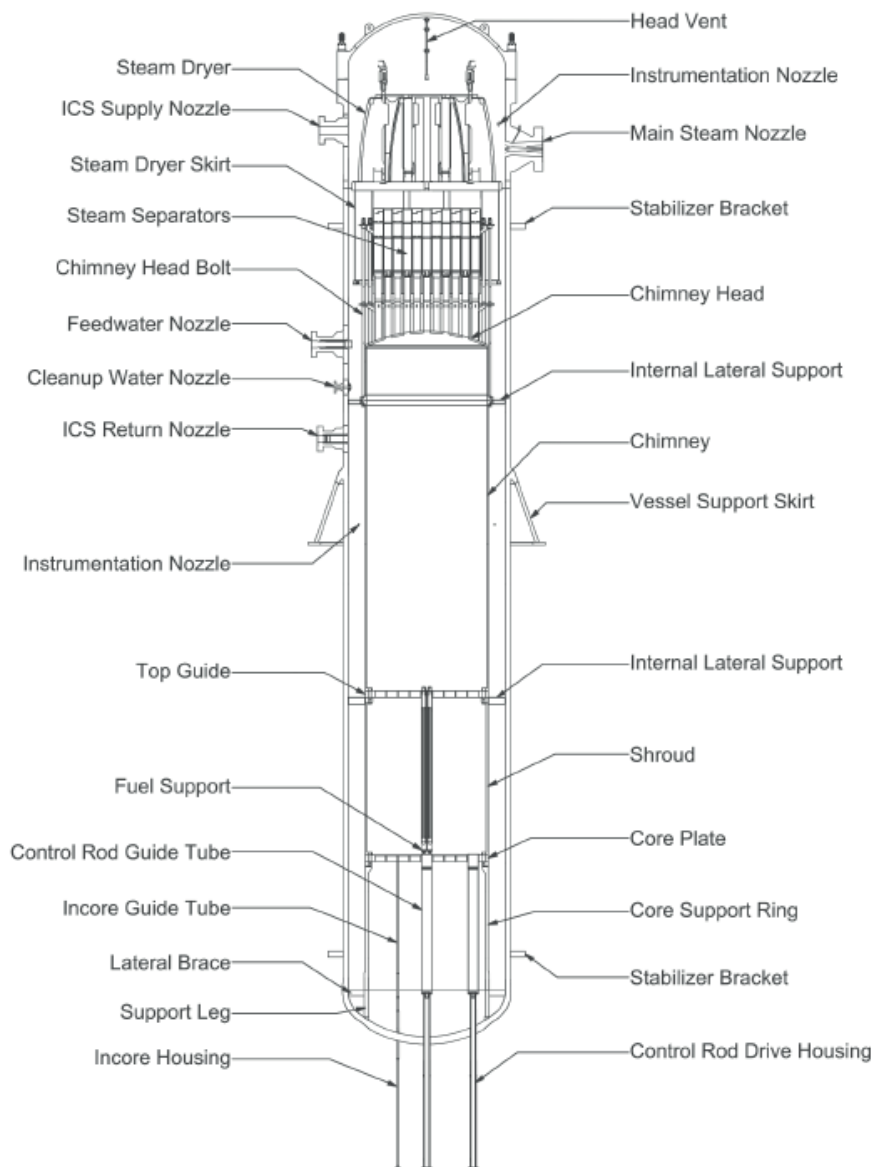
Rdzeń reaktora składa się z 240 wiązek paliwowych o przekroju prostokątnym (GNF2 Fuel Bundles). W każdej wiązce są 92 pręty. W przeciwieństwie do bardzo prostych wiązek z uranem naturalnym (0,7% U-235) stosowanych w reaktorach CANDU, wiązki paliwa BWRX-300 zawierają dwutlenek uranu wzbogacony do średnio 3,81% U-235. Maksymalne wzbogacenie paliwa w wiązkach GNF2 wynosi 4,95% [ $UO_2$  z 3,81/4,95% (śred./maks. wzbogacenie)].

Odległości między prętami paliwowymi są w reaktorach BWR większe niż w reaktorach PWR-Pressurized Water Reactor i PHWR (CANDU) ze względu na obecność fazy parowej w rdzeniu. Niższa gęstość mocy niż w PWR spowodowana jest mniejszą średnią gęstością leko-wodnego spowalniacza. Elementy paliwowe mają też nieco większą średnicę w celu zapewnienie odpowiedniego przepływu wrzącej wody i przekazywania ciepła. Jednocześnie parametry pary świeżej w reaktorach wrzących są wyższe niż w reaktorach ciśnieniowych.

System kotłowy (Nuclear Boiler System NBS) reaktora BWRX-300 zastosowany w projekcie DNNP jest uproszczony w stosunku do innych reaktorów BWR. Wyeliminowano pompy recyrkulacji i stowarzyszone z nimi rurociągi. Przepływ chłodziwa przez NBS odbywa się wskutek naturalnej cyrkulacji, co osiągnięto przez zastosowanie

wysokiego komina wewnętrznego pomiędzy szczytem rdzenia, a podstawą separatora (osuszacza pary).

Budynek Reaktora (Reactor Building RB), którego znaczna część znajduje się pod ziemią, stanowi osłonę chroniącą reaktor od zagrożeń zewnętrznych: wiatrów, tornado, uderzeń samolotów lub pocisków i innych sytuacji przekraczających podstawę projektowania (Beyond Design Basis hazards). Do zbrojenia ścian i podłóg RB skonstruowano specjalne kształtki stalowo-kompozytowe o nazwie „Steel Bricks™”. Reaktor znajduje się w szybie (Reactor Shaft), którego zastosowanie minimalizuje ilość usuniętego gruntu i ułatwia jego utylizację. Taka konstrukcja przyspiesza budowę przez zastosowanie standardowych koparek używanych do budowy tuneli. Konstrukcja betonowych ścian RB to tak zwane Shear Walls. Ściany budynku reaktora przenoszą



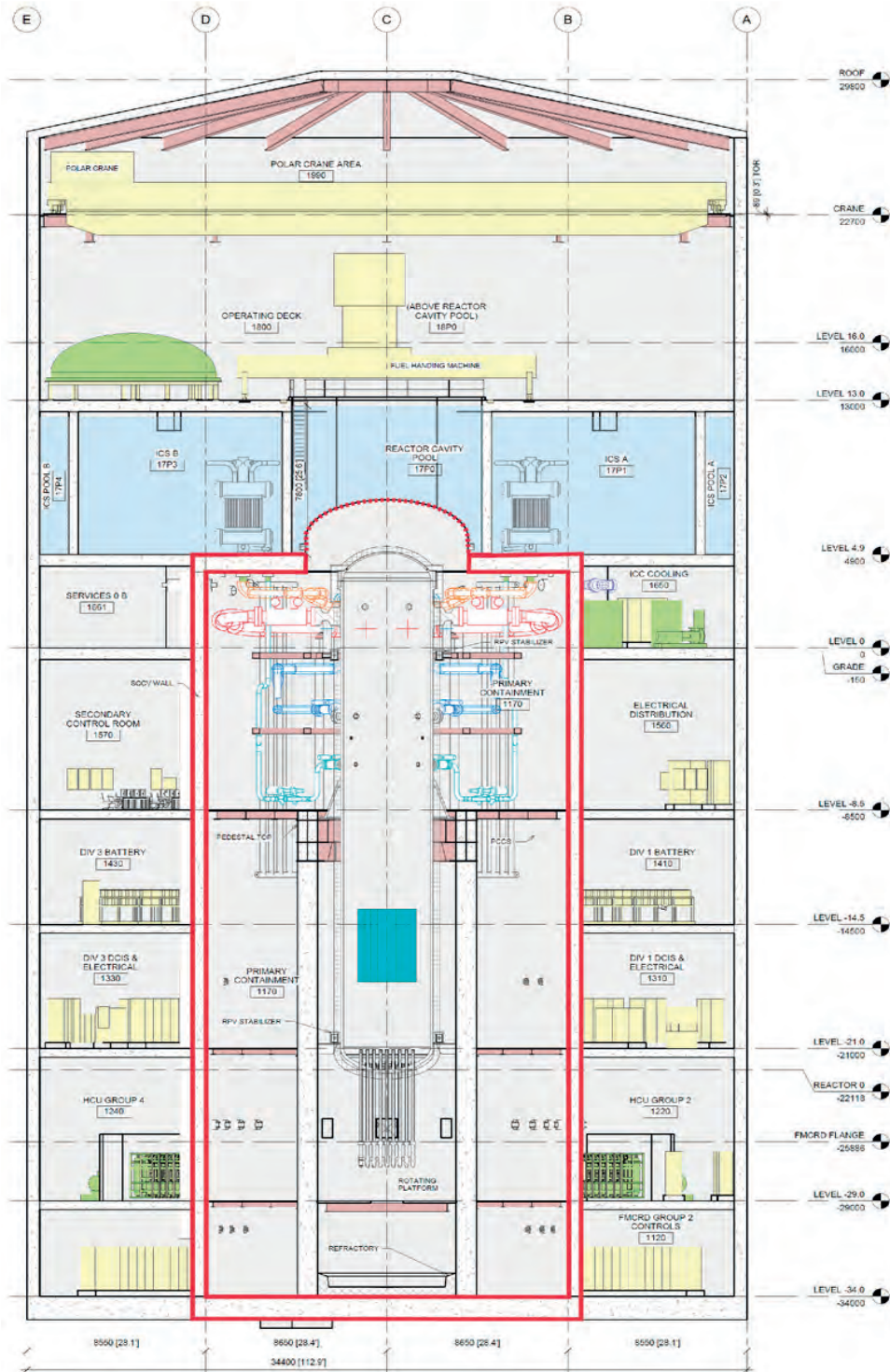
Rys. 4. Przekrój i elementy wewnętrzne reaktora BWRX-300\*

Fig. 4. Overview of BWRX-300 Core Internals\*

siły poziome (np. podczas trzęsienia ziemi) do pionowych fundamentów.

Większość systemów jądrowych znajduje się w podstawowej (wewnętrznej) osłonie bezpieczeństwa, głównie pod poziomem ziemi (PCS – Primary Containment System). Konstrukcja osłony podstawowej PCS

jest kombinacją płyt stalowych i kompozytu (Steel-plate Composite Containment Vessel SCCV). System neutralnej atmosfery (Containment Inerting System CIS) wypełnia wewnątrz SCCV azotem i utrzymuje odpowiednie jego ciśnienie podczas normalnej pracy. Przed odstawieniem reaktora azot zostaje zastąpiony powie-



Rys. 5. Przekrój reaktora BWRX-300, osłona bezpieczeństwa i jej wnętrze\*

Fig. 5. BWRX-300 Containment, Containment Internal Structures and Reactor Building\*

trzem, co umożliwi personelowi remontowemu pracę bez dodatkowych aparatów do oddychania. Zadaniem systemu CIS jest eliminacja powietrza (tlenu), przez co zapobiega się powstawaniu warunków sprzyjających pożarom w obrębie osłony podstawowej.

### Różne systemy reaktora BWRX-300

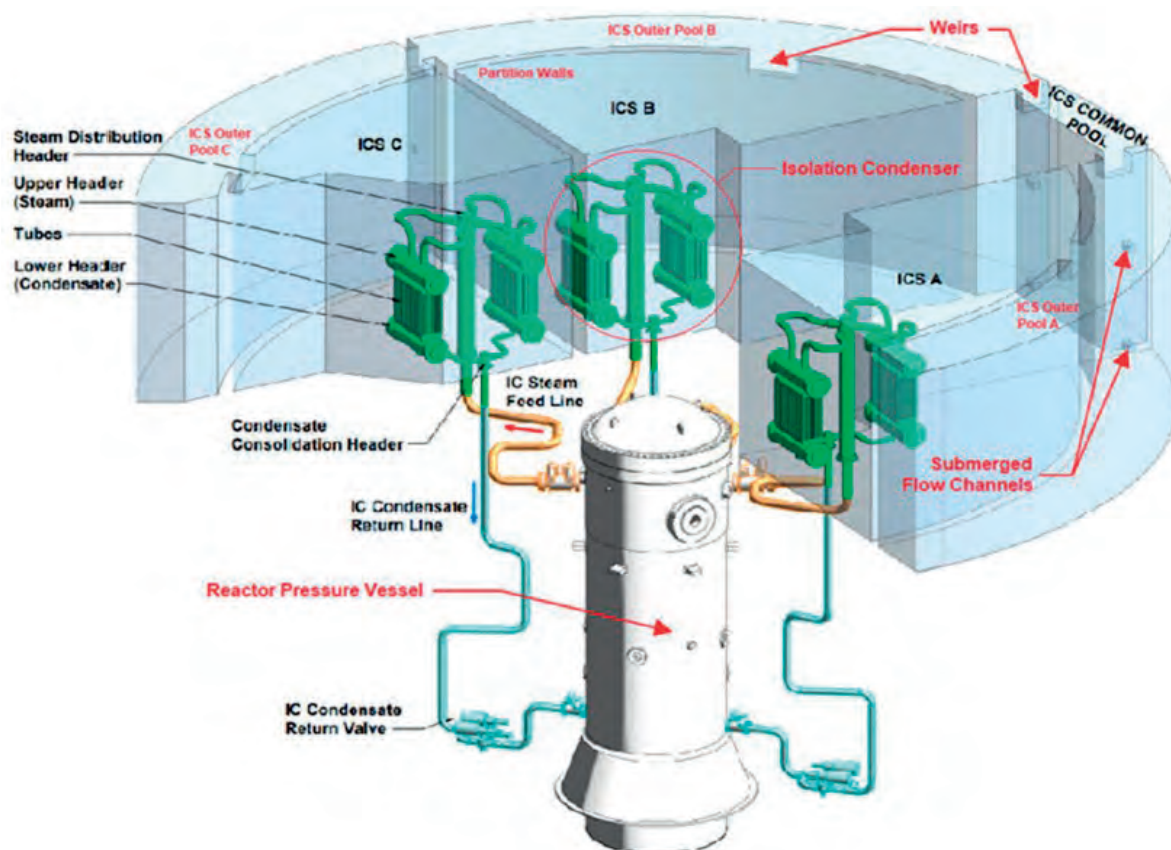
W budynku reaktora (RB) znajduje się nastawia zapasowa (Secondary Control Room SCR), systemy zabezpieczeń reaktora i najistotniejsze systemy zasilania z punktu widzenia bezpieczeństwa. Nastawia zapasowa umożliwia bezpieczne odstawienie reaktora w przypadku awarii nastawni głównej (Main Control Room – MCR).

W Budyńku Sterowania – (Control Building – CB) znajduje się nastawia główna, układy elektryczne, sterownicze i pomiarowe i drzwi wejściowe/wyjściowe na teren bloku podczas jego normalnej pracy. W maszynowni (Turbine Building TB) – znajduje się turbozespół, suwnica, generatory Diesla zasilania awaryjnego, podstawowy skraplacz (Main Condenser), systemy kondensatu w tym jego oczyszczania (Condensate Purification System) i system wody zasilającej. Również w maszynowni znajduje się część układu odprowadzania ga-

zów (Off-gas System OGS). Gazy promieniotwórcze są wytwarzane w chłodziwie podczas normalnej pracy reaktora jądrowego. System OGS minimalizuje i kontroluje ich emisję. Wylot gazów takich jak promieniotwórcze izotopy kryptonu, xenonu i jodu jest opóźniany, co umożliwia ich rozpad i filtrację. Do wody chłodzącej reaktora BWRX-300 dodaje się wodór na ssaniu pompy wody zasilającej. Tlen w odpowiedniej proporcji dodaje się do systemu gazów wylotowych przed wejściem do rekombinatora wodoru (Hydrogen Recombiner). System dodawania wodoru do wody zasilającej minimalizuje możliwość powstawania ognisk korozji ciśnieniowej i pęknięć między ziarnami metali urządzeń wewnątrz naczyń ciśnieniowych reaktora (Intergranular Stress Corrosion Cracking IGSCC). Dodatkowo, do reaktora wstrzykuje się metale szlachetne według technologii NobleChem™.

Odpady promieniotwórcze w stanie stałym lub płynnym są sortowane, przechowywane i pakowane w odpowiednie pojemniki w budynku odpadów promieniotwórczych (Radwaste Building RWB).

Podczas normalnej pracy chłodziw kółła jądrowego (reaktora) jest skraplacz turbiny (Normal Heat Sink – NHS). Chłodzenie reaktora w przypadku odstawienia (shutdown) lub wyłączenia awaryjnego (SCRAM\*\*) od-



Rys. 6. System skraplacza awaryjnego reaktora BWRX-300\*  
Fig. 6. Isolation Condenser System\*

bywa się w skraplaczu turbiny poprzez zawór zrzutowy pary (Turbine Bypass Valve TBV). Przy braku połączenia ze skraplaczem podstawowym, reaktor może być chłodzony przez system oczyszczania wody reaktora (Reactor Water Cleanup RWCU), układ chłodzenia postojowego (Shutdown Cooling System – SDC) i pasywny Skraplacz Awaryjny (Isolation Condenser System ICS). Jeśli naczynie ciśnieniowe reaktora jest odcięte od skraplacza turbiny (RPV isolated) skraplacz awaryjny zapewnia odpowiednie chłodzenie rdzenia. Przy całkowitym braku zasilania nawet jedna trzecia ICS wystarczy do chłodzenia reaktora, przez co najmniej 72 godziny. Wymienniki ciepła skraplacza awaryjnego są zanurzone w basenach. Para z reaktora skrapla się w rurkach wymienników; ciepło przekazywane jest wodzie. Woda wrze, a para z basenów jest wypuszczana do atmosfery.

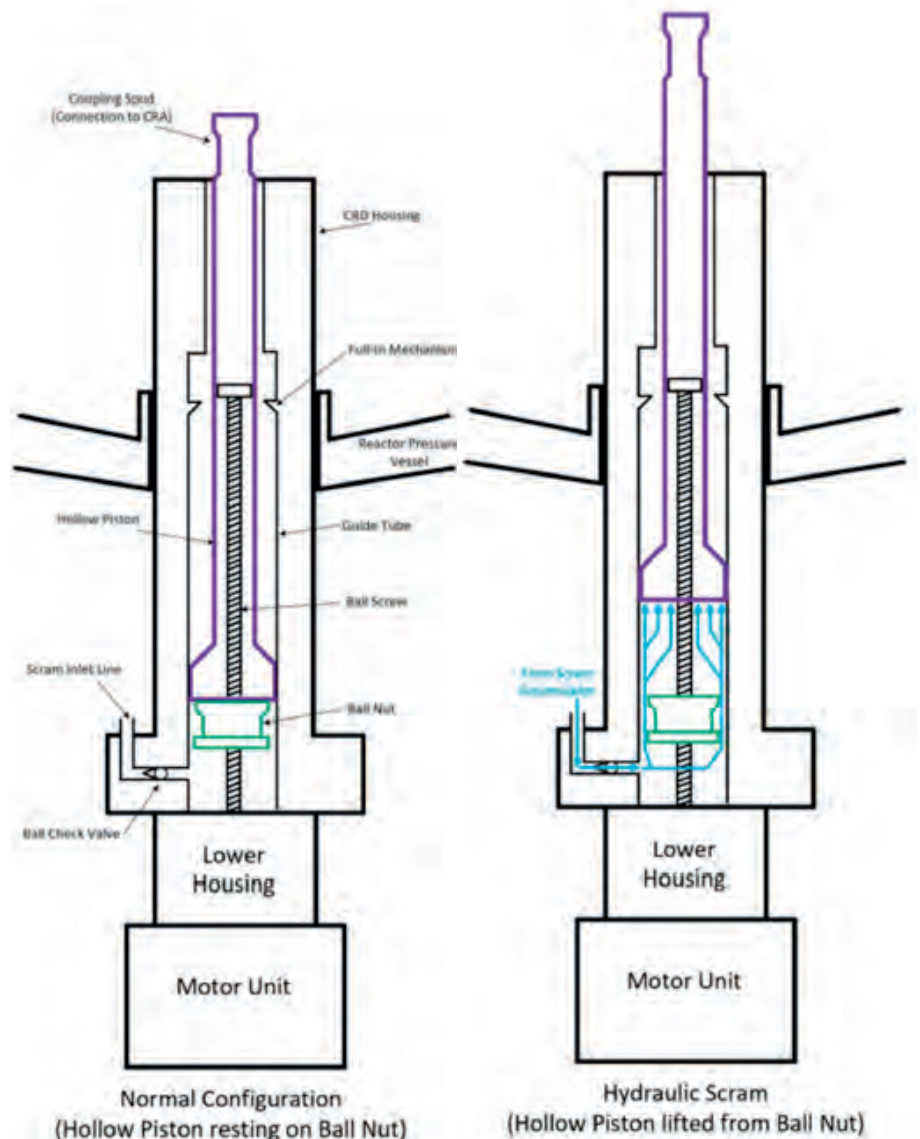
### Systemy regulacji i bezpieczeństwa bloku BWRX-300

Regulacja mocy bloku (Control) stanowi pierwszy aspekt bezpieczeństwa jądrowego (3 C's: Control-Cool-Contain). W poprzednich akapitach omówiono zasady chłodzenia i lokalizacji materiałów promieniotwórczych (Cool and Contain).

W reaktorze BWRX-300 elementami wykonawczymi systemu regulacji reaktywności jest 57 prętów sterowniczych (kontrolnych) o przekroju krzyżowym. Pręty sterownicze (Control Rods CR) wchodzi do rdzenia od dołu. Jeden pręt wprowadza pochłaniacz neutronów w przestrzeń pomiędzy czterema przyległymi wiązkami paliwowymi. Wsuwanie lub wysuwanie prętów sterowniczych powoduje większą lub mniejszą obecność pochłaniacza neutronów w ten sposób regulując reaktywność. Napęd zawiera motorowy układ precyzyjnego wprowadzania prętów (Fine Motion Control Rod Drive FMCRD) i niezależny napęd hydrauliczny (Hydraulic Drive Unit HCU).

Pręty sterownicze służą do uzyskiwania odpowied-

niego kształtu strumienia neutronowego, regulacji mocy oraz jako podstawowy sposób awaryjnego wyłączenia reaktora (SCRAM). SCRAM albo *reactor trip* musi być skuteczny w przypadku przewidywalnych zdarzeń eksploatacyjnych (Anticipated Operational Occurrence AOO), wypadków przewidzianych w konstrukcji (Design Basis Accident DBA), a także przy zaistnieniu awarii przekraczających założenia projektowe (Design Extension Condition DEC). Powyższe klasyfikacje awarii zostały sformułowane przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (International Atomic Energy Agency IAEA). We wszystkich scenariuszach reaktor jądrowy nie może naruszyć bezpieczeństwa i zdrowia ludności (public health and safety). Dlatego stosuje się różnorodność (diversity) i separację fizyczną tak napędów jak i czujników oraz nadmiarowość (redundancy) szeregu urządzeń.



Rys. 7. Napęd prętów sterowniczych\*  
Fig. 7. Control Rod Drive System\*



Do wykonania szybkiego, hydraulicznego wyłączenia (hydraulic SCRAM) wykorzystuje się sprężony azot ze zbiorników. Natomiast motorowy układ FMCRD również posiada funkcję szybkiego wprowadzenia wszystkich 57 prętów sterowniczych do rdzenia reaktora w mało prawdopodobnym przypadku awarii hydrauliki.

Wszystkie systemy bezpieczeństwa i systemy wspomagające reaktora BWRX-300 realizują strategię fundamentalnego bezpieczeństwa (Defense In-Depth DiD). IAEA definiuje fundamentalne czynności bezpieczeństwa (Fundamental Safety Functions FSF): reaktywność musi być zawsze pod kontrolą, paliwo jądrowe musi być chłodzone, trzeba zapewnić długoterminowe usuwanie ciepła rozpadu i lokalizację materiałów promieniotwórczych (Control of reactivity, Fuel cooling, Long-term heat removal and Containment of radioactive materials). IAEA definiuje pięć linii defensywy (Defence Line DL), które z kolei mają zasadniczy wpływ na wyznaczenie trzech kategorii bezpieczeństwa w projekcie BWRX-300 (Safety Category 1, 2 and 3). Kategoria 1 jest najważniejsza.

Następnie ustala się klasy bezpieczeństwa systemów, konstrukcji i komponentów (SC 1, 2 and 3 of Systems, Structures and Components). Do pierwszej klasy bezpieczeństwa należy układ pomiarowo sterowniczy związany z zabezpieczeniem ciśnieniowym systemu chłodzenia (SC 1 I&C Reactor Coolant Pressure Boundary RCPB overpressure protection).

Podobnie, system zasilania bez przerw, do którego podłączone są odbiory związane z automatycznym wyłączeniem reaktora lub odpowiedzialnych za usuwanie ciepła rozpadu, należy do pierwszej klasy bezpieczeństwa (Safety-Class 1 Electrical Distribution System *EDS uninterruptible power supply*). Wspomniana sieć zasilania również rozcłonkowany system sterowania i informacji (Distributed Control and Information System DCIS).

System DCIS jest zintegrowanym układem komputerowym sterowania i monitoringu, który będzie realizował strategię bezpieczeństwa elektrowni DNNP. Tak oprogramowanie jak część fizyczna systemu komputerowego (hardware and software) są różnorodne i podzielone według funkcji bezpieczeństwa, które realizują. Obszary systemu komputerowego, tzw. partitions, są odpowiedzialne za układy urządzeń stowarzyszonych z daną linią obrony (DL3, DL4a, DL2, DL4b). Na przykład DL3 odpowiada za wygenerowanie sygnału do wyłączenia awaryjnego reaktora (SCRAM initiation), spowodowanie izolacji reaktora i osłony bezpieczeństwa oraz włączenie systemów skraplacza awaryjnego (ICS initiation). Obszar DL3 systemu komputerowego DCIS steruje systemami awaryjnego wyłączenia reaktora, wprowadzenia skraplacza awaryjnego, awaryjnego chłodzenia rdzenia, zapewnienia odpowiednich warunków dla personelu w nastawni i systemami łączności (Reactor Trip System, Isolation Condenser Initiation, Emergency Core Cooling, Control Room Habitability

and Communications). Poszczególne części systemu DCIS są autonomiczne z minimalnymi wymaganiami synchronizacji między komputerami i stosują logikę 2 z 3 przy wyłączeniach. Pewne systemy bezpieczeństwa, takie jak wyłączenie awaryjne reaktora, mogą być również zainicjowane przez naciśnięcie odpowiedniego przycisku. Istnieje także osobny, ręczny system wstrzykiwania boru do reaktora (Boron Injection System BIS). Pozwala to wyłączyć reaktor w przypadku jednoczesnej awarii napędu hydraulicznego i motorowego prętów sterowniczych, której prawdopodobieństwo jest oczywiście znikome.

### Współpraca transatlantycka

W styczniu 2023 r. Państwowa Agencja Atomistyki podpisała umowę o współpracy z kanadyjskim urzędem regulacyjnym energii jądrowej CNSC.

W marcu 2023 r. prywatna polska firma Synthos Green Energy, amerykańsko-japońska GE Hitachi, amerykańska TVA (Tennessee Valley Authority) i kanadyjska Ontario Power Generation Inc.(OPG) zdecydowały połączyć siły w celu rozpowszechnienia SMR-ów BWRX-300 w wielu krajach świata. OPG i TVA są dużymi firmami energetycznymi eksploatującymi także elektrownie jądrowe.

Na podpisaniu porozumienia wyżej wymienionych firm, które odbyło się w Waszyngtonie (Washington D.C.), obecny był Minister Energii Prowincji Ontario, Todd Smith. Pierwszym SMR-em BWRX-300 włączonym do północno-amerykańskiej sieci energetycznej będzie właśnie DNNP, którego budowa ma się zakończyć pod koniec 2028 r.

Synthos Green Energy i ORLEN utworzyły firmę OSGE (Orlen Synthos Green Energy), której zadaniem jest wprowadzenie wymienionych boków GE Hitachi do polskiego systemu energetycznego. OSGE, TVA i OPG podpisały również porozumienie (Memorandum of Understanding) z czeską firmą energetyczną ČEZ.



**Fot. 4.** Premier Mateusz Morawiecki i Premier Ontario Doug Ford podczas spotkania w Centrum Energii OPG Darlington  
**Photo 4.** PM Mateusz Morawiecki and Ontario Premier Doug Ford during the meeting at the Darlington Energy Centre



**Fot. 3.** Premier Mateusz Morawiecki i Premier Ontario Doug Ford podczas spotkania OSGE, OPG i SNC-Lavalin w Darlington 2 czerwca 2023\*  
**Photo 3.** PM Mateusz Morawiecki and Premier Ontario Doug Ford at the meeting of OSGE, OPG and SNC-Lavalin at Darlington on June 2, 2023\*.

2 czerwca 2023 r., podczas krótkiej wizyty Premiera Mateusza Morawieckiego na placu budowy DNNP, prezes OPG Ken Hartwick wydał oświadczenie o liście intencyjnym podpisanym przez OSGE, OPG i należącą do OPG firmę Laurentis Energy Partners. Współpraca w programie wprowadzenia SMR-ów do Europy obejmuje dziedziny eksploatacji, remontów, szkolenia personelu, rozruchu bloków oraz pomocy w uzyskaniu zezwoleń urzędów regulujących energetykę jądrową.

*Dariusz Witold Kulczyński, P. Eng.*

Autor artykułu mgr inż. Dariusz Witold Kulczyński posiada stopień licencjonowanego inżyniera (*Professional Engineer*) w kanadyjskiej prowincji Ontario. Przez 6 lat pracował w Elektrowni Jądrowej i Centrum Szkolenia Jądrowego w Rolphton (Ontario Hydro), a przez kolejne 27 lat, do 2015 r. w EJ Darlington (OPG).

#### Źródła:

\* Ilustracje pochodzą z rozdziału 4.5 wniosku do CNSC o zezwolenie na budowę DNNP. Rysunki zostały zaprezentowane za zgodą OPG (Ontario Power Generation Inc. – czerwiec 2023). Zdjęcia i pozwolenie na ich publikację także dostarczyła firma OPG.

\*\* SCRAM – inaczej *Reactor Trip* to awaryjne wyłączenie reaktora. Jest to akronim od słów *Safety Control Rod Axe Man*. W latach 30. i 40. XX wieku, podczas pierwszych

prób z reaktorami, pręt kontrolny do odstawienia reaktora miał wisieć na linie. W razie niebezpieczeństwa należało przeciąć linę uderzeniem siekiery. Niektórzy uważają to za legendę, ale słowo SCRAM jest powszechnie używane w dokumentacji, zwłaszcza firm amerykańskich.

#### Literatura:

- [1] OPG's application for a License to Construct a Reactor Facility to the CNSC
- [2] Darlington New Nuclear <https://www.opg.com/powering-ontario/our-generation/nuclear/darlington-nuclear/darlington-new-nuclear/> [Data dostępu 28 czerwca 2023]
- [3] OPG helping Poland achieve clean energy goals [https://www.opg.com/media\\_releases/opg-helping-poland-achieve-clean-energy-goals/](https://www.opg.com/media_releases/opg-helping-poland-achieve-clean-energy-goals/) [Data dostępu 28 czerwca 2023]
- [4] OPG joins international group to advance new nuclear [https://www.opg.com/innovating-for-tomorrow/small-modular-nuclear-reactors/media\\_release/opg-joins-international-group-to-advance-new-nuclear/](https://www.opg.com/innovating-for-tomorrow/small-modular-nuclear-reactors/media_release/opg-joins-international-group-to-advance-new-nuclear/) [Data dostępu 28 czerwca 2023]
- [5] Laurentis Energy Partners to support Synthos Green Energy and Small Modular Reactor opportunities in Poland <https://laurentisenergy.com/media-release/laurentis-energy-partners-to-support-synthos-green-energy-and-small-modular-reactor-opportunities-in-poland/> [Data dostępu 28 czerwca 2023]
- [6] Zarys Elektrowni – Andrzej Stanisławski, WPW 1973