

Energetyka jądrowa w Rumunii

Autor: Sebastian Gurgacz - Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

(„Energetyka Ciepła i Zawodowa” - nr 4/2010)

Rumunia jest jednym z prężniej rozwijających się państw w Europie. Nieodłącznym elementem stałego, dynamicznego jej rozwoju gospodarczego jest wzrost produkcji energii elektrycznej. W 2008 roku produkcja energii elektrycznej w Rumunii wyniosła ok. 65 TWh (z ponad 18 000 MWe mocy zainstalowanej) i była większa o 5% w porównaniu z rokiem poprzednim. Wyeksportowane zostało ponad 5 TWh energii, przy imporcie na poziomie 1 TWh. Ponad 40% mocy wytwórczych opartych jest na węglu, 17% na gazie ziemnym. Sporo, bo aż 25% ogółu mocy zainstalowanej jest w elektrowniach wodnych. Udział mocy zainstalowanej w elektrowniach jądrowych wynosi ok. 13%.



1. Zdjęcie Elektrownia atomowa w Cernavodzie

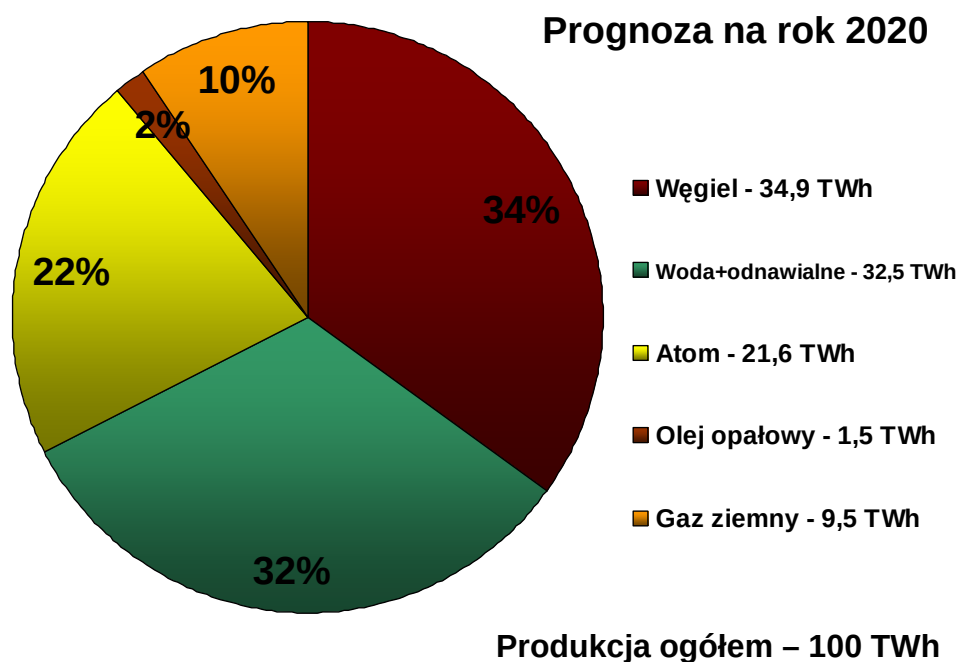
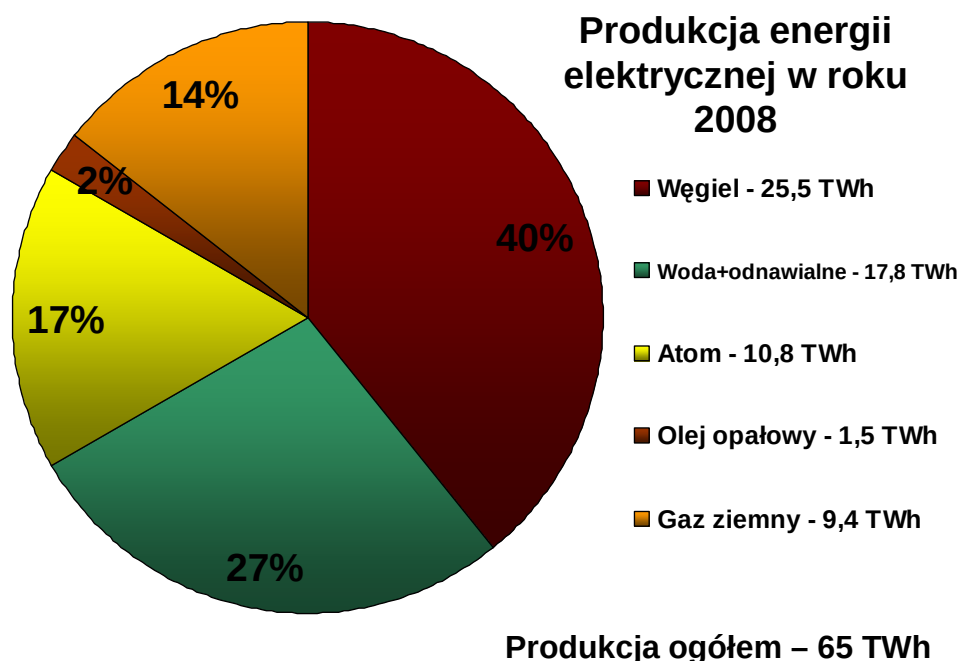
Zgodnie z opublikowanym w 2007 roku projektem Strategii energetycznej Rumunii na lata 2007 – 2020 w perspektywie do roku 2020 planuje się wzrost produkcji energii elektrycznej do 100 TWh/rok. W tym czasie zostaną oddane do użytku nowe moce wytwórcze. Ocenia się, iż obecnie w Rumunii potencjał wodny wykorzystywany jest w 50%. Do 2025 roku zakłada się zwiększenie jego wykorzystania do 70%. Planuje się także dalszy rozwój programu energetyki atomowej, oraz zwiększenie udziału produkcji energii elektrycznej z siłowni jądrowych w bilansie ogólnym. Do 2016 roku Nuclearelectrica (przedsiębiorstwo zajmujące się eksploatacją siłowni jądrowych w Rumunii) planuje oddać dwa nowe bloki w elektrowni Cernavoda, a do 2030 roku zbudowana zostanie druga elektrownia jądrowa w Rumunii, o mocy zainstalowanej 1000 MWe.

Uwarunkowania początków Energetyki Jądrowej w Rumunii

Po katastrofie z Czarnobyla, większość państw Europy, w tym Polska, wycofała się z dalszego rozwoju energetyki jądrowej, a niektóre (np. Włochy) całkowicie zaprzęstały produkcji energii elektrycznej w elektrowniach atomowych. W Rumunii natomiast do użytku zostały oddane dwa bloki – Cernavoda 1 w 1996 oraz Cernavoda 2 w 2007 roku.

W zakresie energetyki jądrowej, Rumunia stworzyła własny, unikatowy model. Złożyło się na to kilka czynników. Pierwszy, to polityka niezależności od ZSRR prowadzona w latach

siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku przez ówczesnego dyktatora Nicolae Ceaușescu. Warto podkreślić, iż w Rumunii do elektrowni atomowej nie została wprowadzona żadna radziecka technologia; reaktory do Cernavody zostały dostarczone przez Kanadyjczyków, a dokładniej przez Atomic Energy of Canada Limited (AECL).



2a i 2b. Dwa wykresy: Produkcja energii elektr. w 2008 oraz prognoza na rok 2020

Kolejnym czynnikiem przemawiającym za rozwojem energetyki jądrowej było posiadanie przez Rumunię własnych złóż uranu, odkrytych przez Niemców w czasie II wojny światowej (zbyt późno na szczęście, by mogło to wpłynąć na możliwości i tempo budowy przez Niemców bomby atomowej).

Trzeci to brak dewiz i postawienie na maksymalizację krajowych zdolności wytwórczych oraz wykorzystanie własnego potencjału intelektualnego.

Prześledźmy poszczególne fazy produkcji energii z uranu w Rumunii.

Wydobycie rudy uranowej

Po II wojnie światowej uran wydobywano w Siedmiogrodzie (Góry Zachodnie – Bihor), Górach Banatu (Timișoara) oraz Karpatach Wschodnich (Suceava). Uran, w ramach reparacji wojennych, w całości wysyłany był do ZSRR. Od roku 1952, w ciągu ośmiu lat, Rumunia dostarczyła Związkowi Radzieckiemu ponad 17 000 ton rudy uranowej. Obecnie uran wydobywany jest jedynie w kompleksie kopalń rudy uranowej Crucea – Botușana, 75 km na południowy zachód od Suceavy. Skupiska rud uranu znajdują się tu w skałach mezometamorficznych, zlokalizowanych w strefach pęknięć, wokół linii Centralnych Karpat, przez które skały krystaliczne wydostają się nad flisz kredowy. Zasoby szacuje się na 150 000 ton. Roczne wydobycie rudy (metodą otworową) wynosi 46 000 ton, z których otrzymuje się 250 ton uranu, zapewniającego funkcjonowanie dwóch reaktorów w elektrowni Cernavoda. Przyszłość produkcji krajowej nie jest jasno określona, gdyż z jednej strony własna produkcja zapewnia niezależność, z drugiej – podnoszą się głosy, iż w przypadku budowy kolejnych bloków, ze względów ekonomicznych produkcji własnej powinno się zaprzestać i przejść w stu procentach na import rudy z Kazachstanu.

Przerób rudy na dwutlenek uranu

Przerób rudy uranowej na dwutlenek uranu odbywa się w zakładach przerobu rudy uranowej Feldioara (20 km na północ od Braşowa). Część wytwarzająca koncentrat została oddana do użytku w roku 1978, natomiast część rafinująca w 1986. Zakład przerabia rudę uranową metodą hydrometalurgiczną, z otrzymaniem technicznego koncentratu diuranianu sodu, oktalenku uranu (stabilny produkt pośredni) i spiekalnego dwutlenku uranu.

Ruda uranowa przerabiana jest w zakładach przerobu rudy a pierwszą operacją jest oddzielenie związków uranu od skały płonnej. Minerale jest rozdrabniany a następnie rozpuszczany. Najczęściej używany jest kwas siarkowy, lecz mogą być również używane związki alkaliczne (węglany). W ten sposób otrzymuje się koncentrat techniczny uranu zwany *yellow cake*. Koncentrat ten poddawany jest operacji oczyszczania, podczas której usuwa się zanieczyszczenia, które stanowią związki boru, kadmu i lantanowców, o słabych właściwościach pochłaniania neutronów. Koncentrat rozpuszczany jest w kwasie azotowym w celu otrzymania azotanu uranylu a następnie roztwór ten poddawany jest w przeciwnie procesowi ekstrakcji rozpuszczalnikami organicznymi. Z procesu otrzymuje się czysty azotan uranylu ($\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$). Następnie przeprowadza się proces strącania i suszenia, oraz redukcji diuranianu amonu, w wyniku czego otrzymuje się dwutlenek uranu w formie proszku. Dwutlenek uranu ma wygląd metaliczny koloru czarnego, o gęstości $10,96 \text{ kg/dm}^3$ i temperaturze topnienia $2\,760^\circ\text{C}$.

Zdolności przerobowe zakładu w Feldioara zapewniają dostateczną ilość spiekalnego proszku UO_2 , niezbędną do funkcjonowania dwóch reaktorów w Cernavodzie.

Wytwarzanie wiązek paliwowych

Paliwo dla elektrowni wytwarzane jest w Fabryce Paliwa Jądrowego w Mioveni, 25 km od Pitești. Zakład swą działalność rozpoczął w roku 1980 w ramach Instytutu Badań Atomowych. Obecna forma organizacyjno – prawna ukształtowała się w roku 1992, kiedy to nastąpiło wydzielenie Fabryki z Instytutu. Zakład wytwarza wiązki rur z pastylkami paliwa jądrowego, które pracują w reaktorze przez okres około dwóch lat. Zawartość jednej wiązki to 20 kg dwutlenku uranu. Całość paliwa niezbędnego do pracy dwóch reaktorów w Cernavodzie jest produkowana w tym właśnie zakładzie. Warto dodać, iż jest to jedyny zakład wytwarzający paliwo jądrowe dla reaktorów typu CANDU w Europie. Posiada również autoryzację AECL oraz Zircatec Precision Industries Inc., producenta paliwa jądrowego dla reaktorów typu CANDU-6.



3 lub 3a. Produkcja wiązek paliwowych



Produkcja prętów paliwowych składa się z kilku etapów.

W pierwszym wytwarzane są pastylki dwutlenku uranu. W tym celu proszek UO_2 jest wstępnie prasowany, następnie wypraski są rozdrabniane, a otrzymany materiał przesiewa się przez sita o ściśle określonych wymiarach, otrzymując granulację, którą następnie miesza się z lepiszczami i substancjami oleistymi. Jest to przygotowanie proszku UO_2 . Tak przygotowany materiał poddaje się prasowaniu w formach o kształcie walca, na prasach rotacyjnych, otrzymując nieobrobione pastylki UO_2 . Pastylki te poddaje się obróbce cieplnej (spiekaniu) w piecach w temperaturze $1700\text{ }^{\circ}\text{C}$, w atmosferze redukującej wodoru, co prowadzi do otrzymania twardego materiału ceramicznego o gęstości $10,5 - 10,7\text{ kg/dm}^3$. Pastylki te są następnie obrabiane mechanicznie dla korekty wymiarów oraz poddawane procesowi płukania i suszenia. Pastylki o średnicy 12,15 mm i długości 16 mm są składane w rzędy o długości 480 mm.

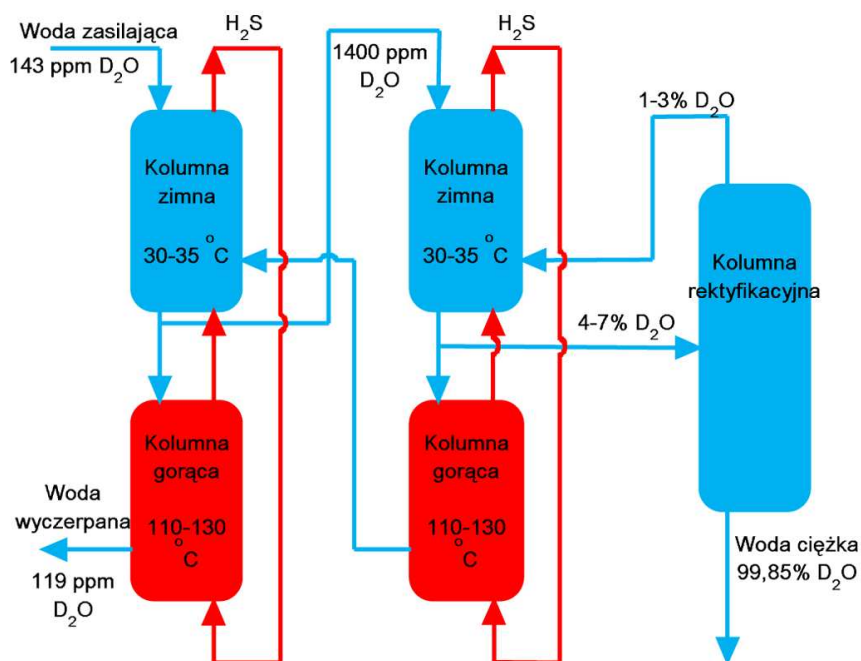
Kolejnym etapem jest wytwarzanie elementów paliwowych, stanowiących części wiązek paliwowych. Element składa się z rzędu pastylek wprowadzonych do pochwy z zircaloy'u, zamkniętej na końcach korkami z tego stopu. Wytworzenie tych elementów wymaga następujących operacji. Z prętów wykonanych ze stopu zircaloy'u wytwarza się korki, które mają za zadanie szczelne zamknięcie na obu końcach rurek (pochw) z pastylkami. Z blachy z zircaloy'u wyprasowuje się strukturę nośną (w formie sit, dystansówek oraz ślizgaczy), która

ma utrzymywać rurki w określonej odległości od siebie. Pochwy wewnątrz pokrywa się warstwą grafitu a następnie suszy pod próżnią. Rząd pastylek wprowadza się do pochwy, po czym zamyka się ją przez zgrzewanie elektryczne korków na końcach tej rurki. Po operacji zgrzewania rurki poddaje się obróbce mechanicznej korekty kształtu przez toczenie. Następnie rurki łączy się w wiązki wykorzystując wypraski, a gotowe elementy pakuje się w celu transportu. Każda wiązka paliwowa składa się z 43 rurek zawierających wewnątrz pastylki uranu i waży ok. 24 kg, przy wadze zawartego wewnątrz paliwa uranowego ok. 20 kg.

Dotychczas wyekspediowano 1300 ton uranu w 100 transportach kolejowych. W roku 2008 wyprodukowano 9360 wiązek.



4. Wiązki paliwowe

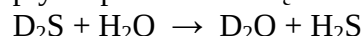


5. Schemat technologiczny produkcji ciężkiej wody

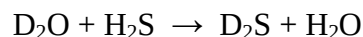
Wytwarzanie ciężkiej wody

W reaktorze typu CANDU jako moderator stosowana jest ciężka woda (tlenek deuteru D_2O). Produkowana jest przez firmę Romag Prod, należącą do Państwowego Zarządu ds. Działalności Atomowych. Zakład umiejscowiony jest w miejscowości Halanga, położonej 6 km na północ od Drobeta – Turnu Severin. Produkcja ciężkiej wody rozpoczęła się w roku 1988, w całości pokrywa zapotrzebowanie na moderator dla reaktorów Cervanoda 1 i 2. Zdolność produkcyjna zakładu to 360 t/r (dla napełnienia jednego reaktora CANDU potrzeba ok. 4 lat pracy instalacji). Myśl techniczna oraz wykonanie są w pełni krajowe. Woda surowa pochodzi z Dunaju i zawiera 143 ppm tlenu deuteru D_2O .

Metoda wytwarzania wody ciężkiej opiera się na dwustopniowej wymianie izotopowej pomiędzy wodą poddawaną procesowi i siarkowodorem w systemie bitermicznym, w instalacjach typu Girdler – Sulfide (GS), gdzie następuje pierwotne załączenie tlenu deuteru do ok. 5 – 7%. Reakcja przebiega w fazie ciekłej pomiędzy wodą a rozpuszczonym siarkowodorem na półkach sitowych o specjalnej konstrukcji. Podstawową częścią procesu GS jest para kolumn (zimna i gorąca) do kontaktu ciecz – gaz, w której kolumna zimna pracuje w temperaturach 30 – 35 °C, a gorąca 110 – 130 °C. Woda o zawartości tlenu deuteru ok. 143 ppm przepływa z góry na dół przez kolumnę zimną, a potem gorącą, w przeciwnym kierunku z siarkowodorem tłoczonym przez sprężarkę, z której tłoczenie skierowane jest do dolnej części kolumny gorącej. Woda wzbogaca się stopniowo w deuter, w czasie gdy płynie przez kolumnę zimną:



i jest stopniowo pozbawiana deuteru w czasie gdy płynie przez kolumnę gorącą:



Woda (ciecz wyczerpana), która opuszcza kolumnę gorącą pierwszego stopnia zawiera ok. 120 ppm tlenu deuteru. W ten sposób, poprzez wzbogacanie w deuter na każdej półce, osiąga się na spodzie kolumny zimnej stopnia pierwszego stężenie ciężkiej wody ok. 1400 ppm. Produktywność pierwszego stopnia jest tym większa im stężenie deuteru w cieczy wyczerpanej jest mniejsze. W stopniu drugim, pracującym na tej samej zasadzie, woda uzyskana z trzech pracujących równolegle par kolumn stopnia pierwszego jest załączana od 1400 ppm do 5 – 7% D_2O . Woda wzbogacona, która opuszcza drugi stopień, zasila instalację do destylacji frakcjonowanej pod próżnią. Wykorzystuje się tutaj różnicę temperatur wrzenia H_2O (100 °C) i D_2O (101,41 °C, pod ciśnieniem normalnym), oraz efekt wzrostu różnicy prężności par, spowodowany obniżeniem ciśnienia destylacji. W wyniku frakcjonowania otrzymuje się stężenie D_2O minimum 99,85%, co spełnia warunki jakości wymagane przez reaktory typu CANDU.

Ponieważ wypełnienie wodą ciężką jednego reaktora wynosi ok. 1400 ton, to do jego wytworzenia niezbędny jest przerób 70 mln ton zwykłej, słodkiej wody. Po uruchomieniu reaktora nr 2 instalacja wytwarzała w dalszym ciągu wodę ciężką dla potrzeb zwrotu pewnej ilości D_2O pożyczonej w Kanadzie, a obecnie rozpoczęła produkcję wody dla potrzeb reaktorów 3 i 4.



6. Instalacja produkcji ciężkiej wody

Tymczasowe składowisko wypalonego paliwa (DICA)

Jesienią roku 2000 ogłoszono międzynarodowy przetarg na budowę składowiska wypalonego paliwa, które powstaje podczas pracy jednostek 1 i 2 w elektrowni Cernavoda. Ma ono zapewnić okres składowania minimum 50 lat. W efekcie wybrano technologię MAXTOR, która zapewnia najlepsze rozwiązania dla składowania, stosowane przez elektrownie z reaktorami CANDU-6 w Kanadzie. Technologia ta została opracowana w ostatnich trzydziestu latach w AECL i jest aktualnie stosowana w siedmiu elektrowniach atomowych. Jej zasadę można by streścić następująco:

„Składowanie wypalonego paliwa w okresie minimum 50 lat w warunkach bezpieczeństwa jądrowego zarówno dla obsługi, ludności jak i dla środowiska poprzez:

- ustanowienie barier chroniących przed przeniknięciem paliwa do środowiska (na zewnątrz pochwy elementu paliwowego);
- usunięcie ciepła wytworzonego przez składowane paliwo poprzez naturalną konwekcję powietrza;
- zabezpieczenie miejsca składowania przed zjawiskami zewnętrznymi (naturalnymi i wywołanymi przez człowieka);
- zapewnienie odpowiedniego bezpieczeństwa biologicznego.”

DICA jest budowlą typu modułowego, co pozwala na jej etapową rozbudowę, w miarę jak przybywać będzie wypalonego paliwa. Każdy moduł jest prostopadłościenną budowlą z betonu zbrojonego o wymiarach 21,6x8,1x7,5 m, która mieści w sobie 20 przestrzeni w kształcie walca zorientowanego pionowo. W każdej z tych przestrzeni znajduje się 10 koszy zsypowych z wypalonym paliwem. Przestrzeń taką, po zapełnieniu, przykrywa się kołpakiem z betonu zbrojonego, oraz pokrywą metalową, którą zaspawuje się i opieczetowuje zgodnie z wymogami Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA). W ten sposób w każdej z nich można składować 12 000 wiązek z wypalonym paliwem. Składowisko zostało uruchomione w roku 2003 i wówczas zostały wprowadzone tam pierwsze wiązki. Do końca 2008 roku zostało wprowadzone 28 800 wiązek, które do tego momentu były przetrzymywane w celu ich ostudzenia przez 6 lat w basenie wypalonego paliwa jednostki nr 1. Składowisko jest monitorowane w sposób ciągły pod względem promieniowania; dotąd nie zanotowano emisji gazowych ani ciekłych.

Elektrownia

Elektrownia w Cernavodzie działa w oparciu o kanadyjską technologię CANDU. Energia wytwarzana jest w dwóch ciężkowodnych reaktorach jądrowych typu CANDU-6 (CANadian Deuterium Uranium), o łącznej mocy 1400 MWe.

Jako że paliwem jądrowym wykorzystywanym w tego typu reaktorze jest niewzbogacony (naturalny) uran, niemożliwym jest stosowanie jako moderatora wody lekkiej, gdyż zbyt silnie spowalnia ona neutrony i osiągnięcie krytyczności reaktora byłoby niemożliwe. Jako moderator zastosowano więc wodę ciężką, która w mniejszym stopniu spowalnia neutrony.

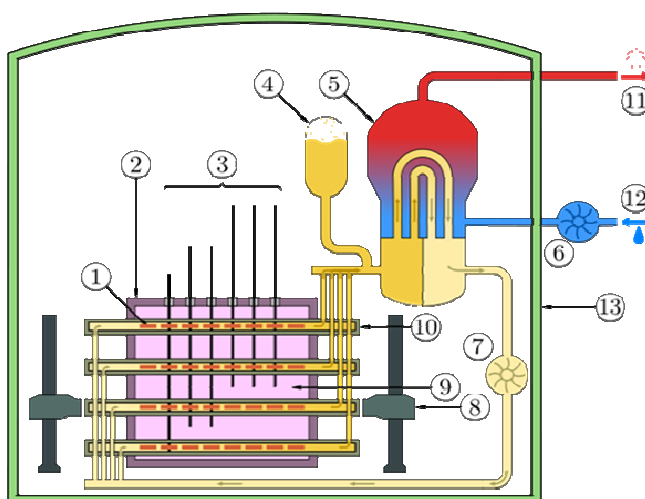
Sprawność cieplna systemu jest nieco niższa niż dla reaktorów lekkowodnych, ale jest to skompensowane lepszym wykorzystaniem wydobytego uranu (nie ma strat ^{235}U podczas wzbogacania).

Podstawowe parametry techniczne pojedynczego bloku przedstawiono w tabeli poniżej.

Moc cieplna	2180 MW
Moc elektryczna (brutto)	706,5 MWe
Zużycie własne bloku	< 8%
Liczba kanałów paliwowych	380
Ilość obiegów chłodzenia	2
Liczba wytwornic pary	4
Ciśnienie w obiegu pierwotnym	9,9 MPa
Temperatura D ₂ O na wylocie z rdzenia	310 °C
Ciśnienie pary nasyconej przed turbiną	4,8 MPa
Temperatura wody zasilającej wytwornice	187,2 °C

Pracę jednego bloku można przedstawić w postaci niżej zaprezentowanego schematu.

1. Włazka paliwowa
2. Kalandria (rdzeń reaktora)
3. Pręty sterujące
4. Ciśnieniowy zbiornik ciężkiej wody
5. Wytwornica pary
6. Pompa wody lekkiej
7. Pompa wody ciężkiej
8. Urządzenie do umieszczania/ usuwania wiązek paliwa
9. Moderator ciężkowodny
10. Rura ciśnieniowa
11. Para do turbiny parowej
12. Kondensat z turbiny parowej
13. Obudowa reaktora z betonu zbrojonego



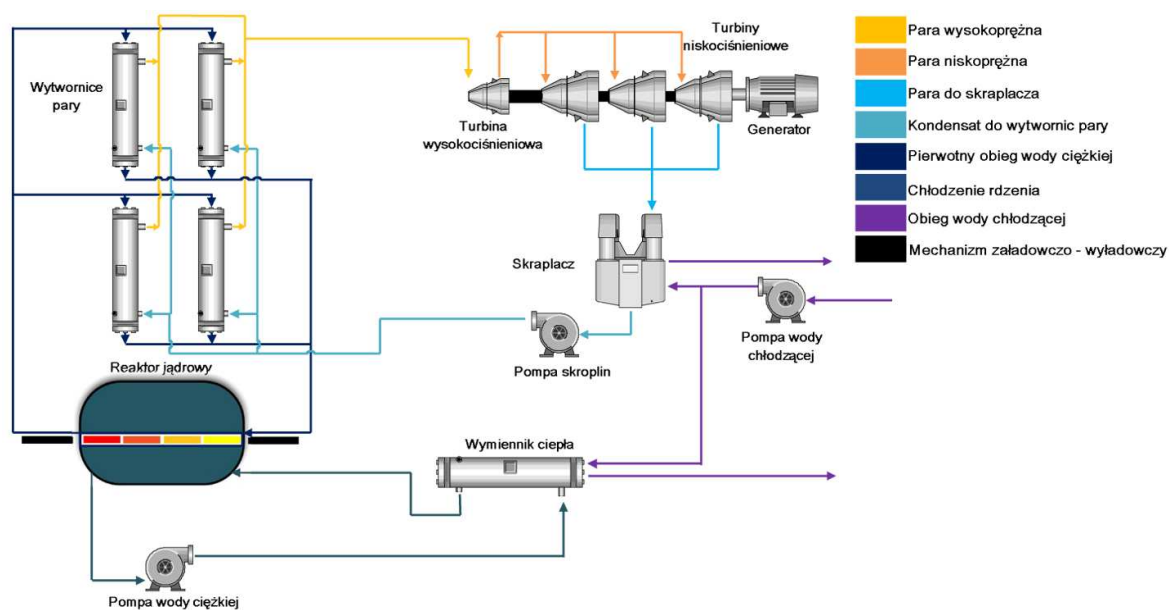
7. Schemat reaktora



8. Zdjęcie kalandrii

Ciepło niezbędne do produkcji pary wodnej wytwarzane jest w rdzeniu reaktora (kalandrii). Wiązki paliwowe znajdują się w poziomo umieszczonych rurach ciśnieniowych, stanowiących rury wewnętrzne otoczone rurami zewnętrznymi o większej średnicy. W przestrzeni pomiędzy rurą wewnętrzną i zewnętrzną przepływa ciężka woda przejmując ciepło reakcji jądrowej. Rury te obudowane są rdzeniem, również wypełnionym moderatorem ciężkowodnym.

W reaktorze CANDU wyróżnia się dwa zamknięte obiegi – pierwotny obieg wody ciężkiej, oraz wtórny wody lekkiej.



9. Schemat elektrowni

Obieg pierwotny składa się z dwóch równoległych, niezależnych od siebie obiegów; każdy z nich połączony jest z dwoma generatorami pary. Ciężka woda ogrzewana w kalandrii podawana jest do wytwornicy pary pod ciśnieniem ok. 10 MPa i temperaturze 310 °C, gdzie ogrzewa i odparowuje wodę lekką krążącą w obiegu wtórnym, a następnie kierowana jest z powrotem do rdzenia w celu ponownego jej ogrzania.

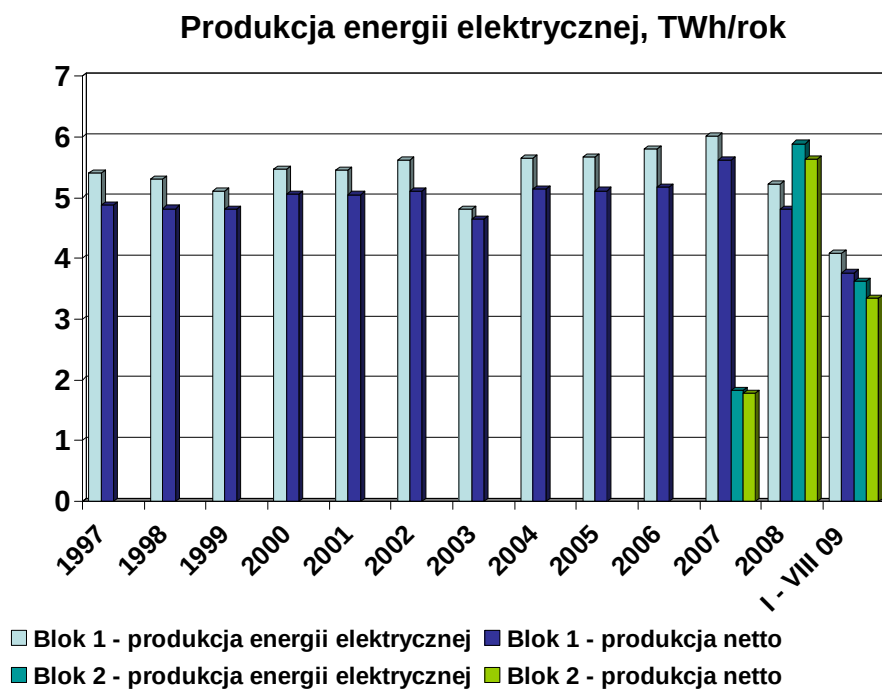
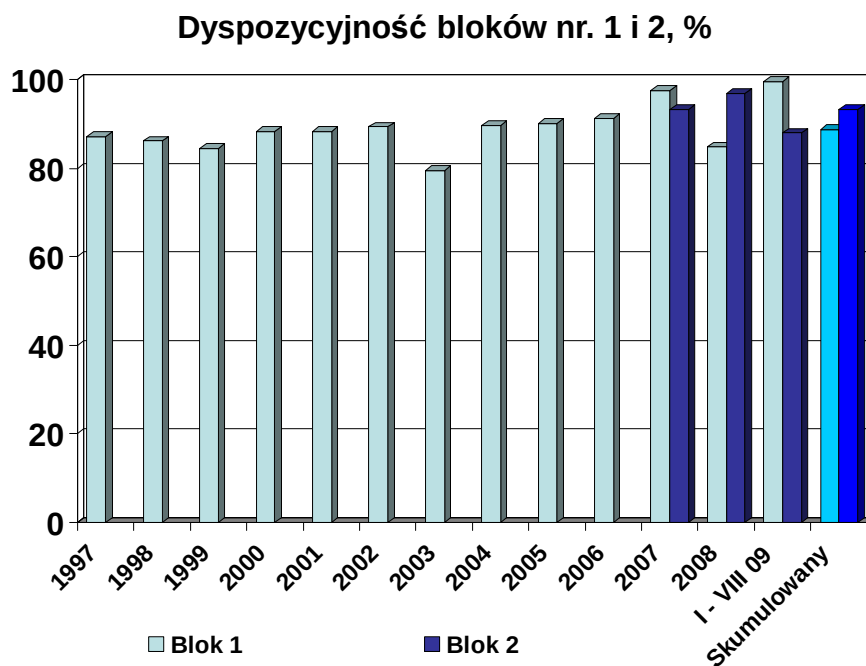


10. Turbogenerator

W obiegu wtórnym, para podawana na turbinę wysokociśnieniową ma ciśnienie 5 MPa. Po turbinie wysokociśnieniowej para rozdzielana jest na trzy strumienie, wchodząc na trzy niezależne turbiny niskociśnieniowe. Następnie para po przepracowaniu w turbinach niskociśnieniowych skraplana jest w kondensatorze chłodzonym wodą z Dunaju. Zużycie wody chłodzącej dla dwóch reaktorów elektrowni Cernavoda (skraplacze, a także przeponowe chłodzenie moderatora oraz chłodzenie basenu) wynosi 2,2 mld m³/rok, czyli ok. 70 m³/s (ilość porównywalna ze średniorocznym przepływem polskiego Dunajca u ujścia do Wisły).

Ważną cechą reaktora CANDU jest fakt codziennego uzupełniania paliwa, bez potrzeby zatrzymywania pracy reaktora. Operację przeprowadza się w ten sposób, że nową wiązkę paliwową wprowadza się (wpycha) z jednej strony do wnętrza okrśłonej rury wewnętrznej, a z drugiej odbiera wiązkę z wypalonym paliwem, która podczas swojej wędrówki, przepychana przez inne wiązki, przeszła przez całą rurę. Wiązka ta trafia na sześć lat do basenu, gdzie jest chłodzona. W tym czasie jej promieniotwórczość spada tysiącrotnie.

Wyniki



11a i 11b Wyniki elektrowni Cernavoda

Elektrownia w Cernavodzie charakteryzuje się, jak każda nowoczesna siłownia jądrowa, wysoką dyspozycyjnością oraz bardzo niską awaryjnością. Od momentu włączenia elektrowni do krajowego systemu elektroenergetycznego do sierpnia ubiegłego roku włącznie,

wyprodukowane zostało łącznie 78,3 TWh energii elektrycznej, w tym 68,7 TWh z bloku nr 1 oraz 9,6 TWh z bloku nr 2, przy łącznej produkcji netto na poziomie 72,3 TWh.

Przyszłość

Nuclearelectrica S.A., z myślą o dalszym rozwoju elektrowni w Cernavodzie stworzyła konsorcjum do budowy i eksploatacji bloków 3 i 4. W marcu 2009 roku zarejestrowana została spółka celowa do projektu – SC Energo Nuclear S.A. Nuclearelectrica, z 51% udziałów jest inwestorem większościowym. Pozostali akcjonariusze to CEZ (9,15%), ENEL (9,15%), GdF SUEZ (9,15%), RWE Power (9,15%), ArcelorMittal Galați (6,2%), Iberdrola (6,2%).

Harmonogram przewiduje okres 18 miesięcy na stworzenie kompleksowego projektu, oraz 6 lat na właściwą budowę. Planuje się budowę dwóch bloków o mocy 720 MWe każdy. Koszt przedsięwzięcia szacuje się na 4 mld EUR.

Tak więc w przypadku tego projektu nakłady inwestycyjne, w przeliczeniu na 1000 MWe, wyniosłyby 2,8 mld EUR. Należy jednak pamiętać, że koszt ten nie obejmuje całej istniejącej już infrastruktury, a to przyłączy do krajowej sieci elektorenergetycznej, poboru wody z Dunaju, terenu, kopuł reaktorów, sterowni ani składowiska.

Reasumując

Przykład Rumunii pokazuje, że nawet w kraju niezbyt bogatym można, maksymalnie wykorzystując krajowy potencjał przemysłowy, intelektualny oraz posiadane bogactwa naturalne, stworzyć własny, oryginalny model rozwoju energetyki jądrowej. Charakterystyczny jest również fakt, że w Rumunii nie ma praktycznie oponentów energetyki atomowej, a w rozmowach z przeciętnymi ludźmi widać nawet dumę z faktu posiadania elektrowni atomowej.

Boimy się nieznanego. Ale patrząc na niektóre zdjęcia (szczególnie produkcję wiązek paliwowych) nasuwa się mimowolny wniosek, że proces wytwarzania energii elektrycznej z rudy uranowej wcale nie jest dziś bardziej technologicznie zaawansowany niż np. przemysłowe procesy chemiczne. Może warto więcej mówić społeczeństwu o kuchni energetyki jądrowej, pokazując jak ona działa na przykładach innych państw. *Verba docent, exempla trahunt.*

Źródła:

Strategia Energetică a României în perioadă 2007 -2010,varianta 5 iulie 2007.

Societatea Națională Nuclearelectrică S.A. CNE Cernavoda, Raport de Mediu 2008

Apa grea, nr. 7, iulie 2008, biuletyn Romag.

Kenneth C. Weston, *Energy Conversion*, 2000.

www.cne.ro

www.cnu.ro

www.fcn.ro