

# SZKOLENIE PIERWSZEJ GRUPY EDUKATORÓW ENERGETYKI JĄDROWEJ

Wiesław Gorączko

**Kolejne polskie rządy podejmowały działania zmierzające do wznowienia programu budowy pierwszej polskiej elektrowni jądrowej, ale dopiero rząd premiera Donalda Tuska przyspieszył te działania i nadał konkretny wymiar poprzez szereg inicjatyw.**

Od stycznia 2009 r. podjęto kilka decyzji otwierających drogę temu projektowi, a mianowicie:

- decyzja Rady Ministrów z 19 stycznia 2009 r. i ostatnia z 5 marca 2009 r. (do 2020 r. mają powstać w Polsce dwie nowoczesne elektrownie jądrowe o mocy co najmniej 3 000 MW każda);
- opublikowanie dokumentu „Polityka energetyczna Polski do 2030 r.” i przyjęcie go do realizacji przez Ministerstwo Gospodarki;
- powołanie H. Trojanowskiej na stanowisko pełnomocnika rządu RP ds. energetyki jądrowej i utworzenie Departamentu Energetyki Jądrowej w Ministerstwie Gospodarki;
- wielopłaszczyznowe działania Ministerstwa Przemysłu i Ministerstwa Gospodarki;
- konsultacje branżowe i międzyresortowe „Polityki...” itd.;
- rozpoczęcie w Państwowej Agencji Atomistyki prac nad niewielkimi zmianami Prawa atomowego (dotyczą głównie trybu i procedur nadawania uprawnień osobom zajmującym w elektrowni jądrowej stanowiska istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego).

Przygotowanie wysoko wykwalifikowanego personelu jest podstawowym elementem w infrastrukturze niezbędnej dla wprowadzenia energetyki jądrowej. Energetyka jądrowa wymaga szerokiego zakresu umiejętności inżynierskich i technicznych zarówno na etapie projektowania, budowy, eksploatacji i rozruchu. Poszukiwani będą pracownicy reprezentujący różne specjalności z zakresu: inżynieria komputerowa, mechanika, elektrotechnika i elektronika, układy pomiarowe i sterujące, automatyka, inżynieria reaktorowa, radiometria, ochrona radiologiczna, inżynieria zaopatrzenia. Ponad-

to potrzebni będą specjaliści reprezentujący wiedzę ogólnoinżynierską, mający zapewnić nadzór i kontrolę w czasie budowy, uruchamiania i normalnej pracy EJ, ocenę zjawiska korozji, analizę ryzyka i bezpieczeństwa, ocenę stanu technicznego wyposażenia oraz ochronę przeciwpożarową. Dla bezpiecznej eksploatacji i konserwacji elektrowni jądrowej niezbędni są specjaliści posiadający unikalne umiejętności tj.: operatorzy reaktora, operatorzy wyposażenia elektrowni, inspektorzy (technicy) ochrony radiologicznej, fizycy i chemicy. Cały personel elektrowni jądrowej musi posiadać wysoką wiedzę w zakresie bezpieczeństwa jądrowego. Konieczne będą systematycznie przeprowadzane szkolenia. Zaplanowanie ilości niezbędnych pracowników elektrowni jądrowej, zależy od wielu czynników m. in. od: lokalizacji elektrowni w stosunku do skupisk ludzkich, liczby bloków energetycznych w danej lokalizacji, liczby podwykonawców w ramach zawartych umów, wymogów legislacyjnych związanych z budową i eksploatacją, wymogów ochrony i monitorowania środowiska (naturalnego i środowiska pracy), prawa pracy, opracowanie strategii public relations i określenie celów, które powinny zostać osiągnięte w kampaniach edukacyjnych i informacyjnych.

Rozwój energetyki jądrowej w Polsce wymaga nowych programów edukacyjnych i szkoleniowych. Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej - MAEA zaleca budowę i rozwój specjalnej infrastruktury dla celów programów edukacyjnych i rozwoju zasobów ludzkich, a mianowicie: instytucji edukacyjnych dla zagadnień związanych z energią jądrową (szkoły wyższe i zawodowe, w tym związane z lokalizacją elektrowni), dodatkowe kursy mające na celu rozwój zasobów ludzkich dla pierwszego jądrowego reaktora energetycznego.

Wiele uczelni rozważa otwarcie kierunków studiów bezpośrednio lub pośrednio związanych z energetyką jądrową lub – szerzej – nukleoniką. Na niektórych wydziałach plany te nie wyszły jednak poza ich stadium. Wśród uczelni, które kształcą bądź będą kształcić na kierunku energetyka jądrowa lub pokrewnym można wymienić: Politechnikę Warszawską (Wydział Mecha-

niczny, Energetyki i Lotnictwa), Politechnikę Poznańską (Wydział Elektryczny, Wydział Technologii Chemicznej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Wydział Fizyki Technicznej), Akademię Górniczo-Hutniczą (Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej, Wydział Elektryczny), Politechnikę Łódzką, Politechnikę Śląską, Konsorcjum „Kadry dla Energetyki Jądrowej i Technologii Jądrowych w Przemysle i Medycynie” (Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Politechnika Wroclawska, Uniwersytet Warszawski), Politechnikę Śląską (Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki), Politechnikę Gdańską (Międzywydziałowe studia na kierunku Energetyka), Politechnikę Wroclawską (Wydział Mechaniczno-Energetyczny), Uniwersytet Szczeciński oraz Politechnikę Gdańską.

W dokumencie „Polityka energetyczna Polski do 2030 r.” czytamy, że bardzo ważnymi elementami zapewniającymi realizację Polskiego Programu Energetyki Jądrowej są:

- realizacja pierwszej fazy programu kształcenia kadr dla instytucji związanych z energetyką jądrową oraz przygotowanie i przeprowadzenie pierwszej fazy kampanii informacyjnej i edukacyjnej, dotyczącej programu energetyki jądrowej;
- budowa zaplecza naukowo-badawczego oraz wspieranie prac nad nowymi technologiami reaktorów i synergią węglowo-jądrową;
- promocja wiedzy o energetyce jądrowej w społeczeństwie, edukacja młodzieży i kształcenie kadr dla energetyki jądrowej.

Te trzy składowe programy są zaplanowane jako długotrwałe procesy (na kilkanaście lat), które już się rozpoczęły. Szkolenie „Edukatorów Energetyki Jądrowej” to niezbędny ich element.

Kto to jest „Edukator Energetyki Jądrowej”? To „pionier” edukacji nuklearnej w Polsce. Osoba, która będzie organizowała i budowała na swojej macierzystej uczelni (lub w placówce naukowo-badawczej) kierunki studiów (badań naukowych) i specjalności związane z energetyką jądrową. Edukatorzy odbędą staże i praktyki w: instytucjach i ośrodkach edukacyjnych, ośrodkach treningowych, instytutach naukowo-badawczych, ośrodkach jądrowych, zakładach przemysłu nuklearnego, składowiskach odpadów promieniotwórczych, instytucjach dozoru jądrowego. Odbywać się to może jedynie w krajach mających rozwinięty przemysł jądrowy i bogate doświadczenie w kształceniu kadr dla energetyki jądrowej. Edukatorzy powinni przejść 3 etapy szkolenia dotyczące między innymi:

- wymagań dla pracowników elektrowni jądrowych,
- dogłębnego zrozumienia procesów zachodzących w elektrowni jądrowej,

- procedury postępowania w czasie normalnej eksploatacji, podczas zdarzeń radiacyjnych i zdarzeń awaryjnych,
- gospodarki wypalonym paliwem jądrowym,
- segregacji i składowania odpadów promieniotwórczych,
- monitoringu radiologicznego środowiska pracy i środowiska naturalnego.

Dodatkowe obowiązki edukatorów to :

- praca nad podniesieniem akceptacji społecznej dla budowy elektrowni jądrowej w Polsce i rozwoju technologii nuklearnej,
- szeroko pojęta edukacja społeczna (artykuły w prasie regionalnej, spotkania z lokalną społecznością),
- pomoc i wsparcie edukacyjne na poziomie szkół podstawowych, gimnazjów i szkół średnich,
- wsparcie i pomoc lokalnym władzom w poszukiwaniu potencjalnych inwestorów i kooperatorów w obszarze energetyki jądrowej,
- wsparcie edukacyjne wszelkich lokalnych pro-nuklearnych inicjatyw (stowarzyszeń, towarzystw itp.).

## I. ETAP I, FRANCJA, 2.11-12.12.2009

Od 2 listopada do 12 grudnia 2009 r. odbył się we Francji I etap szkolenia edukatorów, w ramach rządowego programu kształcenia kadr dla instytucji i przedsiębiorstw związanych z energetyką jądrową. Organizatorem szkolenia, w porozumieniu z Ministerstwem Gospodarki (Departamentem Energetyki Jądrowej), była AFNI (*Agence France Nucléaire Internationale*), funkcjonująca w ramach CEA (*Commissariat à l’Energie Atomique*) i AREVA (wiodąca firma światowego przemysłu nuklearnego). Głównym celem CEA jest udzielanie pomocy rządowi państw wdrażających program energetyki jądrowej, w przygotowaniu najlepszych do tego celu warunków instytucjonalnych, kadrowych i technicznych. Wśród sponsorów i instytucji przychylnie nastawionych do organizacji tego szkolenia wymienić należy: INSTN (*Institut National des Sciences & Techniques Nucleaires*), ASN (*Autorite de Surete Nucleaire*), ANDRA (*Agence Nationale Pour la Qestion des Dechets Radioactifs*), IRSN (*Institut de radioprotection et de Surete Nucleaire*), EDF (*Electricite de France*), GDF SUEZ (*Gaz de France*) oraz macierzyste szkoły wyższe i placówki naukowe.

W szkoleniu udział wzięło 20 pracowników polskich uczelni wyższych, instytutów naukowych i instytucji państwowych, którzy zapoznani zostali m.in. z działaniem zakładów wytwarzających systemy i komponenty dla elektrowni jądrowych, produkujących paliwo jądrowe i przerabiających „wypalone”, składujących odpady

promieniotwórcze oraz z funkcjonowaniem samych reaktorów jądrowych i elektrowni.

Szkolenie zainaugurowane zostało trzydniową wstępną sesją teoretyczną, w centrum szkoleniowym Areva University, w Aix-en-Provence. Podczas sesji omówione zostały między innymi następujące zagadnienia:

- historia energetyki jądrowej we Francji i na świecie,
- rodzaje i funkcje francuskich instytucji rządowych związanych z energetyką jądrową,
- globalne ocieplenie (wpływ CO<sub>2</sub>) a rozwój energetyki jądrowej; renesans energetyki jądrowej; dywersyfikacja źródeł pozyskania energii,
- elementy fizyki jądrowej i teoria reaktorów,
- cykl paliwowy.

Następny etap szkolenia - w zależności od rodzaju wizytowanych ośrodków - obejmował:

- zakłady przemysłu jądrowego,
- elektrownie jądrowe,
- składowiska odpadów promieniotwórczych,
- ośrodki naukowo-badawcze pracujące dla energetyki jądrowej,
- ośrodki i instytucje szkoleniowo-edukacyjne.

#### Zakłady przemysłu jądrowego

- Areva NC Pierrlatte - chemiczne zakłady konwersji i wzbogacania uranu, Tricastin
- Areva FBFC (*Franco Belge de Fabrication du Combustible*) – zakłady produkcji paliwa do reaktorów jądrowych, Romans
- Areva NP – fabryka dużych komponentów do reaktorów jądrowych, Chalon/St-Marcel
- Areva TC – ośrodek przemysłowo-badawczy dla energetyki jądrowej, Le Creusot
- ANDRA – zakłady przerobu (recyclingu) zużytego paliwa z francuskich reaktorów jądrowych, La Hague (Normandia)

#### Elektrownie jądrowe

- Elektrownia jądrowa Cruas-Meyssse – Francja; 2 tygodnie po naszej wizycie, 4 grudnia około 4 godziny w nocy nastąpiła awaria w tej elektrowni. Wskutek wysokiego poziomu rzeki w miejscu poboru wody (do filtrów poprzez które zasysana była woda) dostało się zbyt dużo alg. Spowodowało to zmniejszenie ilości dostarczanej wody do 3 obiegu i automatyczne zatrzymanie pracy reaktora. Awarię zakwalifikowano do kategorii 2 (w 7 stopniowej skali INES).
- Elektrownia jądrowa w budowie EDF Flamanville 3, Flamanville – Francja
- Elektrownia jądrowa Tihange GDF-Suez Elecrabel - Belgia

#### Składowiska odpadów promieniotwórczych

- ANDRA Centre Aube – składowisko odpadów nisko- i średnio-aktywnych, Soulainis-Dhuys (*Low- and Intermediate-level Waste Facility*)
- ANDRA Centre Aube – składowisko odpadów bardzo niskoaktywnych, Morvilliers (*Very Low Level Waste Facility*)

#### Ośrodki naukowo-badawcze pracujące dla energetyki jądrowej

- CEA Cadarache – centrum naukowo-badawcze dla energetyki jądrowej i termojądrowej
- CEA Marcoule – centrum badawczo-przemysłowe dla energetyki jądrowej
- CEA Saclay – centrum badawczo-szkoleniowe, Saclay/Paris
- ILL (*Institut Laue-Langevin*) – centrum naukowo-badawcze nanotechnologii, Grenoble
- CORYS T.E.S.S – produkcja programów edukacyjno-szkoleniowych, Grenoble
- Ganil (*Grand Accélérateur National d'Ions Lourds*) – ośrodek naukowo-badawczy, Caen
- IRSN (*Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire*) – ośrodek badawczo-szkoleniowy bezpieczeństwa jądrowego, Fontenay-aux-Roses/Paris
- Crisis Technical Centre CTC – Techniczne Centrum Kryzysowe, Fontenay-aux-Roses/Paris; z powodu awarii w elektrowni jądrowej EDF Cruas-Meyssse (którą oglądaliśmy) część personelu Centrum była w Cruas

#### Ośrodki i instytucje szkoleniowo-edukacyjne

Poza opisanymi wcześniej zakładami przemysłu jądrowego, elektrowniami jądrowymi, składowiskami odpadów promieniotwórczych oraz ośrodkami naukowo-badawczymi, szkolenie obejmowało również wizyty w wybranych kilku ośrodkach i instytucjach szkoleniowo-edukacyjnych. Przedstawiono nam system organizacyjny szkoleń we Francji, programy edukacyjne oraz laboratoria dydaktyczno-szkoleniowe.

W programie szkolenia znalazły się następujące szkoły i ośrodki szkoleniowo-edukacyjne:

- AREVA University - Aix en Profance
- AREVA - Rue La FAYETTE, Paris
- AREVA Tover - La Defence, Paris
- PHELMA (*School of PHysics, ELectronics and Material*) - Grenoble
- LPSC (*Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmology*) -Grenoble
- INPG (*Institute National Polytechnique de Grenoble*) - Grenoble
- ENSAM (*Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers*) - Cluny

- INSTN (*Institut National des Sciences et Techniques Nucleaires*) – Saclay
- VISIATOME – CEA Marcoule
- CNAM (*Conserwatoire National de Arts et Metiers*) – CEA Marcoule.

Ostatniego dnia pobytu tj. 12.12.2009 r., w gmachu głównym Areva Tover, odbyła się sesja podsumowująca I etap szkolenia, podczas której uczestnicy wygłosili referaty dotyczące energetyki jądrowej. Poprzedzało ją wystąpienie przedstawiciela AFNI, który przedstawił propozycję programu etapu II (2010) i etapu III szkolenia (2011).

Szkolenie oficjalnie zakończyło się w Ambasadzie Polskiej w Paryżu, na którym swoje wystąpienia mieli: Ambasador RP, dwaj pracownicy Ministerstwa Gospodarki (Departamentu Energii Jądrowej) oraz przedstawiciele strony francuskiej (prezysi lub wiceprezysi: AFNI, ANDRA, AREVA, CEA, EDF, GDS-Suez, INSTN, IRSN). Wszyscy podkreślali doniosłość decyzji rządu RP dotyczącą rozwoju energetyki jądrowej w Polsce. Francuzi ze swej strony deklarowali pomoc zarówno w procesie szkolenia edukatorów, jak i obszarze współpracy naukowej, technicznej i przemysłowej.

Wnioski wyływające z I-ego etapu szkolenia:

- w szkoleniu wzięło udział 20 osób z: Politechniki Warszawskiej (3), Instytutu Badań Jądrowych z Krakowa (3), Politechniki Poznańskiej (2), Instytutu Energii Atomowej ze Świerku (2), Uniwersytetu Marii Skłodowskiej-Curie z Lublina (2), Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej z Warszawy (2), Akademii Górniczo-Hutniczej z Krakowa (1), Politechniki Śląskiej (1), Uniwersytetu Śląskiego (1), Politechniki Wrocławskiej (1), Politechniki Łódzkiej (1), Państwowej Agencji Atomistyki z Warszawy (1);
- wykładowcami byli na ogół dyrektorzy generalni ośrodków, dyrektorzy ds. współpracy z zagranicą, dyrektorzy ds. naukowych lub kompetentni naukowcy; lunche zawsze odbywały się w towarzystwie kilku Francuzów (wykładowcy, dyrektorzy, kierownicy pionów naukowo-badawczych), co pozwalało na dalszą dyskusję i kontakty mniej oficjalne;
- strona francuska prezentowała całkowitą transparentność – tj. zawsze odpowiadano na każde zadane przez nas pytanie; wprowadzano nas nawet do ściśle zastrzeżonych stref ośrodków (z wyjątkiem – co zrozumiale – militarnych części);
- organizacja całej – ponad 2000 km trasy – była bardzo dobra a opiekujący się grupą (z ramienia Areva'y Adam Rozwadowski) okazał się nieocenionym; standard hoteli i strona socjalna była bez zarzutu;
- prawie co wieczór przeprowadzano z nami tzw. briefingi (często uczestniczyli w nich Francuzi z wizytowanych ośrodków), pytając o nasze wrażenia (zarówno pozytywne, jak i negatywne); ocenialiśmy wspólnie oglądane miejsca;
- na ogół na bieżąco otrzymywaliśmy materiały (w postaci papierowej lub elektronicznej) prezentowane na wykładach, jak również z części technicznych wizyt;
- program I etapu szkolenia był bardzo bogaty: w ciągu 6 tygodni edukatorzy wizytowali: 13 ośrodków badawczych, 3 zakłady produkcji paliwa jądrowego i jego przeróbki, 3 elektrownie jądrowe, 3 składowiska odpadów promieniotwórczych, 8 szkół wyższych. Zgromadzono ponad 120 prezentacji i dużą ilość materiałów dydaktycznych, pomocniczych i reklamowych. W czasie szkolenia zdarzyła się jedna awaria w elektrowni jądrowej (2 stopnia) i 1 alarm w zakładzie produkcji i przeróbki paliwa jądrowego. Trasę I etapu przedstawia fot. 1.



Fot. 1. Trasa I etapu szkolenia „Edukatorów Energetyki Jądrowej” (Tour de France)

## II. ETAP II, 4.10 – 17.12.2010, SACLAY / FRANCJA

W dniach 4 października – 17 grudnia 2010 r. we Francji odbył się II etap szkolenia, w ramach rządowego programu kształcenia kadr dla instytucji związanych z energetyką jądrową. Szkolenie odbyło się w ośrodku naukowo-dydaktycznym CEA (*Commissariat à l’Energie Atomique*, Komisariat ds. Energii Jądrowej i Alternatywnych Źródeł Energii) Saclay pod Paryżem.

Organizatorami szkolenia, w porozumieniu z Ministerstwem Gospodarki (Departament Energetyki Jądrowej) były CEA oraz INSTN (*Institut National des Science et Techniques Nucléaires*, Państwowy Instytut Nauk i Technologii Jądrowych).



**Fot. 2.** Tricastin – Pierrlatt. Instalacja Comurhex do wzbogacania paliwa

W szkoleniu udział wzięło 25 edukatorów z następujących polskich uczelni wyższych i instytucji państwowych: Politechnika Gdańska (3), Politechnika Łódzka (1), Politechnika Poznańska (2), Politechnika Śląska (1), Politechnika Warszawska (5), Politechnika Wrocławska (1), Akademia Górniczo-Hutnicza (3), Uniwersytet Warszawski (1), Uniwersytet Łódzki (1), Uniwersytet Szczeciński (2), Uniwersytet Śląski (1), Uniwersytet Warmińsko-Mazurski (1), Instytut Fizyki Jądrowej Kraków (1) oraz Instytut Problemów Jądrowych Świerk (1).

Celem szkolenia było dostarczenie uczestnikom wiedzy, rozszerzenie zagadnień związanych z energetyką jądrową, niezbędnej do prowadzenia procesu dydaktycznego w tej tematyce na macierzystych uczelniach.

Szkolenie obejmowało 11-tygodniowy cykl zajęć w ramach których, odbywały się wykłady, konferencje, ćwiczenia rachunkowe, symulacje komputerowe oraz ćwiczenia laboratoryjne. Realizowane w ramach szkolenia bloki tematyczne obejmowały:

- przepływy cieplne (Thermo-Hydraulics)
- procesy oddziaływania promieniowania z materią (Processes of Defect Creation)
- jądrowy cykl paliwowy (Nuclear Fuel Cycle)
- reaktory lekkowodne ciśnieniowe PWR (Pressurised Water Reactor)
- systemy reaktorów jądrowych (Nuclear Reactor Systems)

- fizykę jądrową (Nuclear Physics)
- neutronikę i transport neutronów (Neutronics)
- bezpieczeństwo jądrowe (Nuclear Safety)
- materiałoznawstwo (Material Science)
- kinetykę reaktora jądrowego (Reactor Kinetics)
- zajęcia z wykorzystaniem wybranych programów numerycznych (Computer Codes)
- zajęcia laboratoryjne na reaktorze badawczym ISIS (ISIS Training Reactor)
- zajęcia z wykorzystaniem programów symulujących pracę bloku jądrowego z reaktorem PWR (SIREP Simulator)
- stany krytyczne reaktora (Criticality)
- ogólne problemy związane z eksploatacją jądrowych bloków energetycznych

W ramach szkolenia zorganizowano cztery wizyty techniczne :

- **ANDRA – zakład przerobu (recyclingu) zużytego paliwa z reaktorów jądrowych, La Hague.**

ANDRA (*Agence Nationale Pour la Gestion des Déchets Radioactifs*) to państwowa agencja odpowiedzialna za zarządzanie, wyprodukowanymi wyłącznie we Francji, odpadami promieniotwórczymi. Obsługuje składowiska odpadów, ustala dopuszczalne kryteria dla kontenerów do ich przechowywania oraz kontroluje jakość ich produkcji. Dodatkowo zajmuje się projektowaniem, lokalizowaniem i budową nowych składowisk. Celem wizyty był zlokalizowany na półwyspie Cotentin (Normandia) i założony w 1976 r., zakład do recyclingu wypalonego paliwa jądrowego i składowania odpadów o różnej aktywności. W ramach wizyty odbyła się prezentacja i dyskusja dotycząca działalności ośrodka oraz realizowanych w nim procesów technologicznych. W programie wizyty znalazły się następujące laboratoria ośrodka: laboratorium badań wpływu ośrodka w La Hague na otaczające środowisko (radiologiczny monitoring środowiska), stanowiska do realizacji poszczególnych etapów procesu recyclingu wypalonego paliwa jądrowego (począwszy od dostarczenia paliwa do ośrodka, a skończywszy na kompaktowaniu otrzymanych odpadów i ich składowaniu), dział wityfikacji oraz tymczasowe składowisko odpadów wysoko aktywnych (składowanie cyrkonowych elementów pochodzących ze zużytych zestawów paliwowych).

- **EDF – elektrownia jądrowa Flamanville III – w budowie**

Elektrownia składa się z dwóch pracujących reaktorów PWR o mocy 1350 MWe każdy oraz będącego w trakcie budowy reaktora EPR (1650 MWe), jednego z trzech tego typu budowanych obecnie na świecie (dwa pozostałe budowane są w Chinach i Finlandii).

dii). Podczas wizyty przedstawiono i szczegółowo omówiono rozwiązania konstrukcyjne zastosowane w reaktorze EPR (*European Pressurized Reactor*), zaliczanego do reaktorów III generacji. W ramach wizyty odwiedzono miejsce budowy nowego reaktora i zapoznano się z postępem prac.

- **GDF-Suez – elektrownia jądrowa Doel – Belgia**

Jest to jedna z dwóch elektrowni jądrowych pracujących w Belgii. Cztery zainstalowane reaktory typu PWR produkują łącznie 2839 MWe (Doel 1: 392 MWe, Doel 2: 433 MWe, Doel 3: 1006 MWe, Doel 4: 1008 MWe). W ramach wizyty przedstawiono prezentacje poświęcone między innymi ogólnej charakterystyce elektrowni oraz strategii energetycznej w Belgii. Zwiedzono centrum informacyjne elektrowni, układ zamknięty chłodzenia skraplacza oraz halę maszyn elektrowni.

- **Liniowy akcelerator – muzeum Luvre**

Akcelerator wykorzystywany jest w pracach konserwatorskich i naukowych prowadzonych w muzeum. Laboratorium Akceleratora jest częścią dużego Laboratorium Konserwacji Zabytków.



**Fot. 3.** Cadarache, budowa reaktora Georges Basse II, unikalna podstawa antysejsmiczna

Szkolenie zakończone zostało dwudniową sesją podsumowującą, tzw. project defence, podczas której uczestnicy wygłaszali prezentacje (referaty) dotyczące zagadnień związanych z tematyką energetyki jądrowej. Podkreślić należy dobre przygotowanie szkolenia przez organizatorów, zarówno od strony organizacyjnej, jak i merytorycznej.

### III. ETAP III, 1.10 – 16.12.2011, Francja.

W dniach 1 października – 16 grudnia 2011 r. we Francji odbył się III etap szkolenia, w ramach rządowego programu kształcenia kadr dla instytucji związanych z energetyką jądrową.

Organizatorami szkolenia, w porozumieniu z Ministerstwem Gospodarki (Departament Energetyki Jądrowej) były CEA (*Institut National des Science et Techniques Nucléaires*, Państwowy Instytut Nauk i Technologii Jądrowych), AFNI (*France International Nuclear Agency*) i I2EN (*International Institute of Nuclear Energy*).



**Fot. 4.** Pierwsza grupa edukatorów w czasie spotkania w Ambasadzie RP, w Paryżu, po I etapie szkolenia, grudzień 2009 r.

Było to szkolenie indywidualne, 12 tygodniowe. Zainteresowani szkoleniem edukatorzy indywidualnie składali indywidualne aplikacje w wybranych przez siebie ośrodkach i czasie dostosowanym do planów macierzystych uczelni. Był to ostatni etap szkolenia edukatorów – praktyka. W szkoleniu udział wzięło 13 a wszystkie 3 etapy przeszło TYLKO 6 przedstawicieli polskich uczelni i ośrodków badawczych.

Celem III etapu było dostarczenie uczestnikom wiedzy i praktyka, w szerokim zakresie zagadnień związanych z energetyką jądrową, niezbędnej do prowadzenia procesu dydaktycznego w tej tematyce na macierzystych uczelniach. Praktyka odbyła się w ośrodku naukowym lub badawczym, w Departamentach wcześniej wskazanych przez zainteresowanych.

Praktyki odbyły się w:

- CEA Cadarache, Departament Ochrony Radiologicznej (Radiation Protection); systemy monitoringu radiologicznego instalacji jądrowej;
- CEA Saclay; ochrona fizyczna obiektów jądrowych i symulatory systemów ochrony obiektów jądrowych;
- CEA Saclay, DSM/Irfu LENAC; symulacja transportu neutronów w materiałach osłonowych z wykorzystaniem oprogramowania MCNPX;
- EDF SEPTEN (Villerbaune); dostosowanie metodyki obliczeń MES na podstawie wyników badań doświadczalnych dla materiałów inżynierskich stosowanych na komponenty obiegu pierwotnego PWR;
- Areva La Defense, wytwornice pary, wymienniki ciepła;
- CEA Cadarache, DER (Department of Reactor Studies); projektowanie zdarzeń projektowych;
- Laboratoire National Henri Becquerel; CEA Saclay - Spektrometria promieniowania *gamma* w badaniach skażeń środowiska (pomiar intensywności linii *gamma* Sb-125);
- ANDRA, Chatenay-Malabry/Paris; NORM/TENORM program.

Przeprowadzono także rozmowy na temat możliwości (w przyszłości) prawdopodobnej współpracy pomiędzy CEA lub I2EN z macierzystymi uczelniami edukatorów. Wskazano na możliwość współpracy młodych naukowców, doktorantów i po doktoracie, młodzieży po uzyskaniu tytułu inżyniera i magistra inżyniera w ramach m.in. International School in Nuclear Engineering – Cadarache, Grenoble, Saclay (CEA, INSTN, ENEN) oraz w ramach 7 EU Frame Programme – EUROATMOM.



**Fot. 6.** Na budowie nowej elektrowni jądrowej z reaktorem EPR, Flamanville, 2009 r.

Fotografie: Wiesław Gorączko



**Fot. 5.** II etap szkolenia, Saclay, grudzień 2010 r.

*dr inż. Wiesław Gorączko,  
Politechnika Poznańska,  
edukator energetyki jądrowej,  
członek zarządu PTN,  
Poznań*