

# Characterization and testing of advanced materials for the nuclear industry

Autor Autor

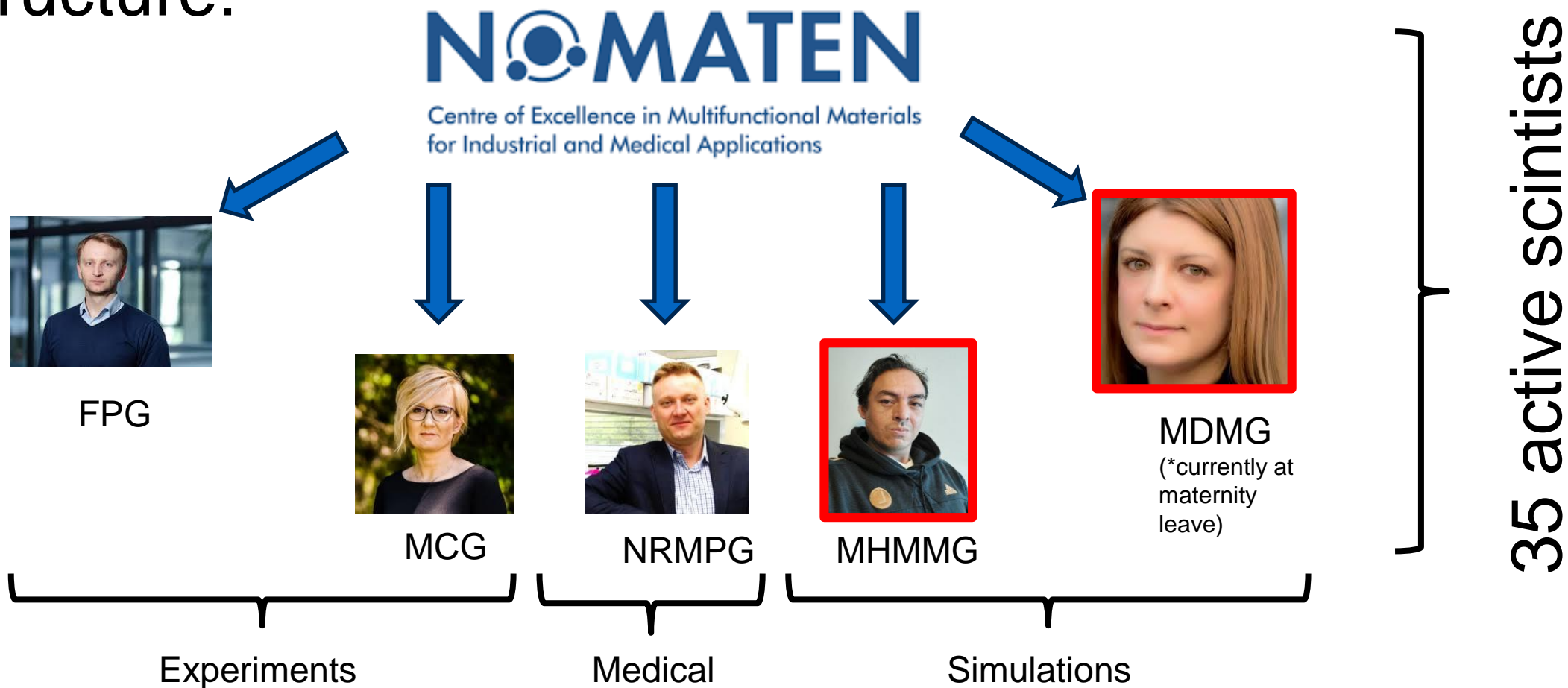
Łukasz Kurpaska, PhD, DSc

*NOMATEN Centre of Excellence & Material Research Laboratory*



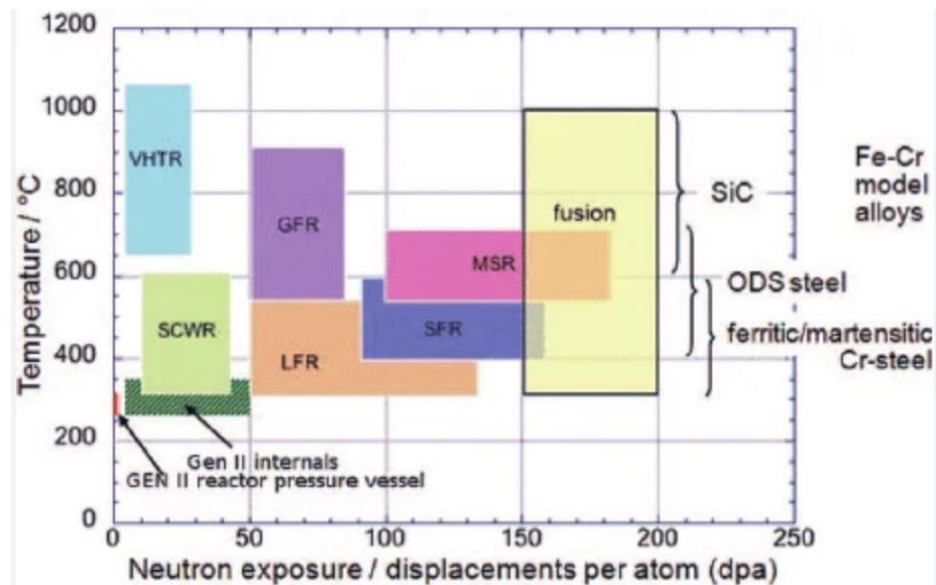
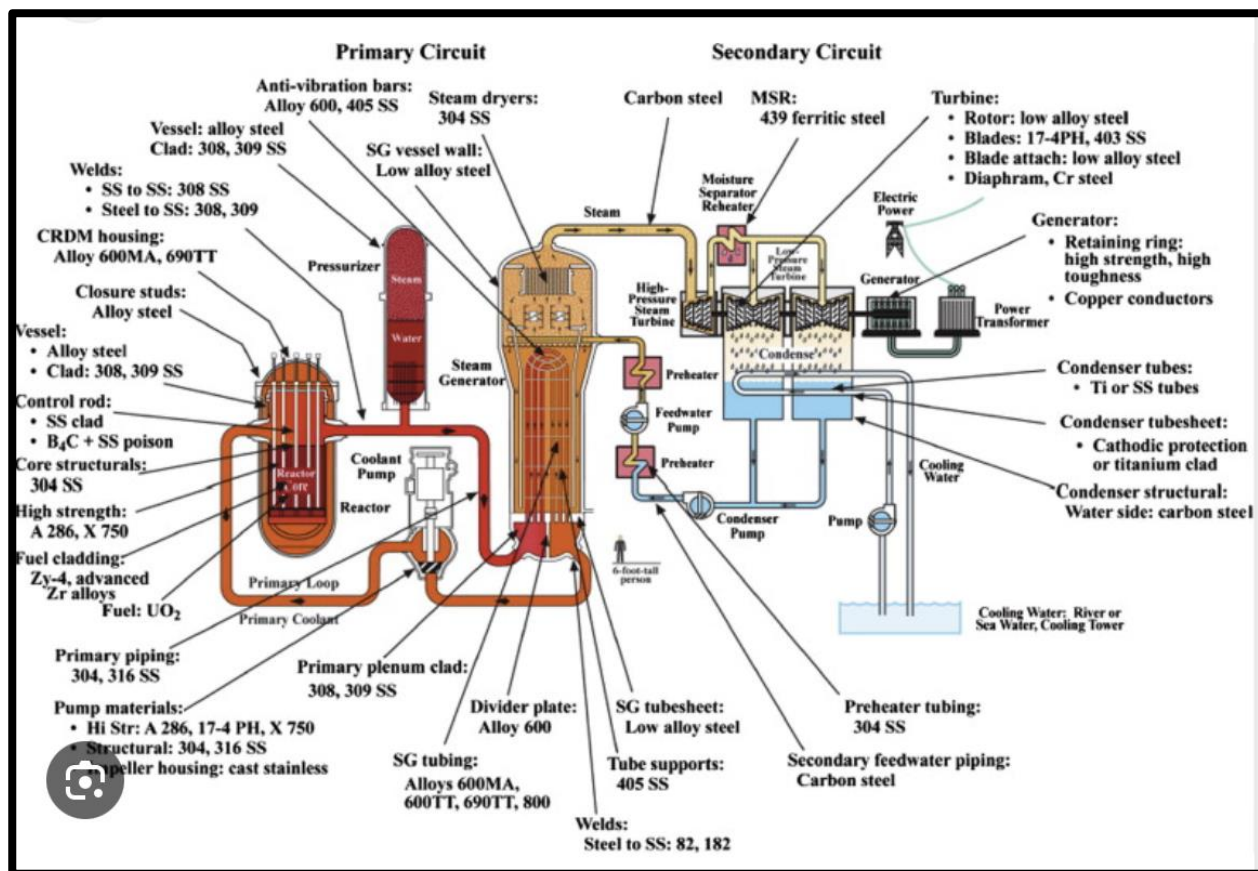
**NARODOWE  
CENTRUM  
BADAŃ  
JĄDROWYCH  
ŚWIERK**

# Structure:



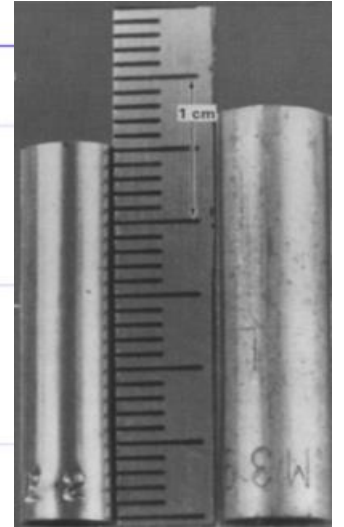
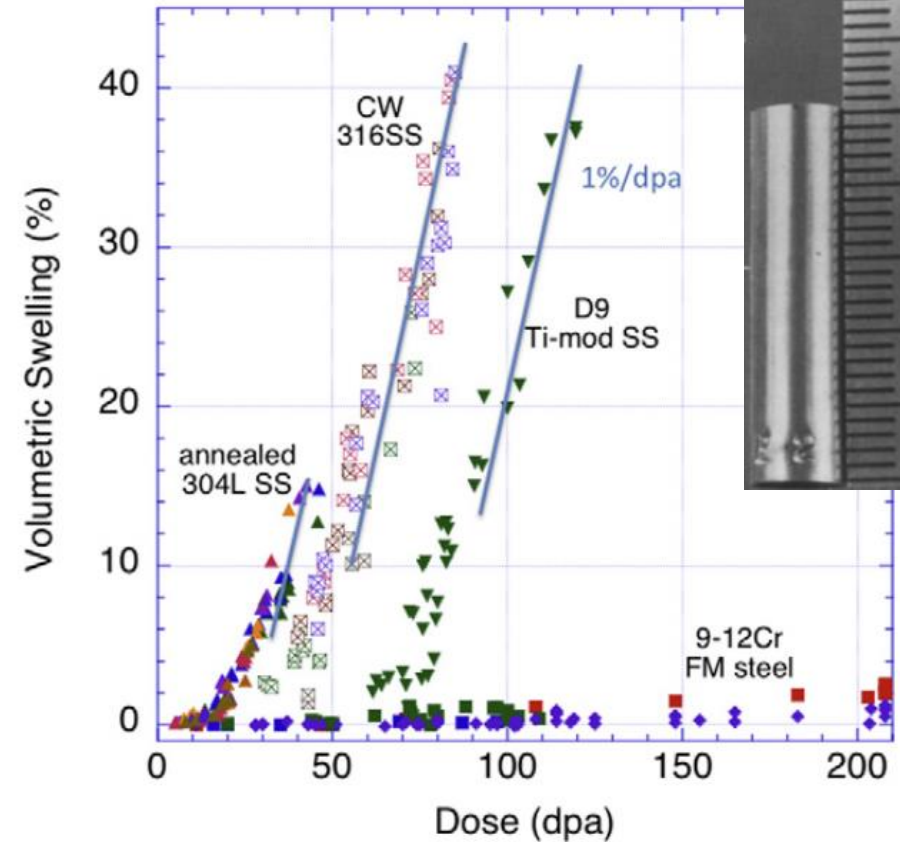
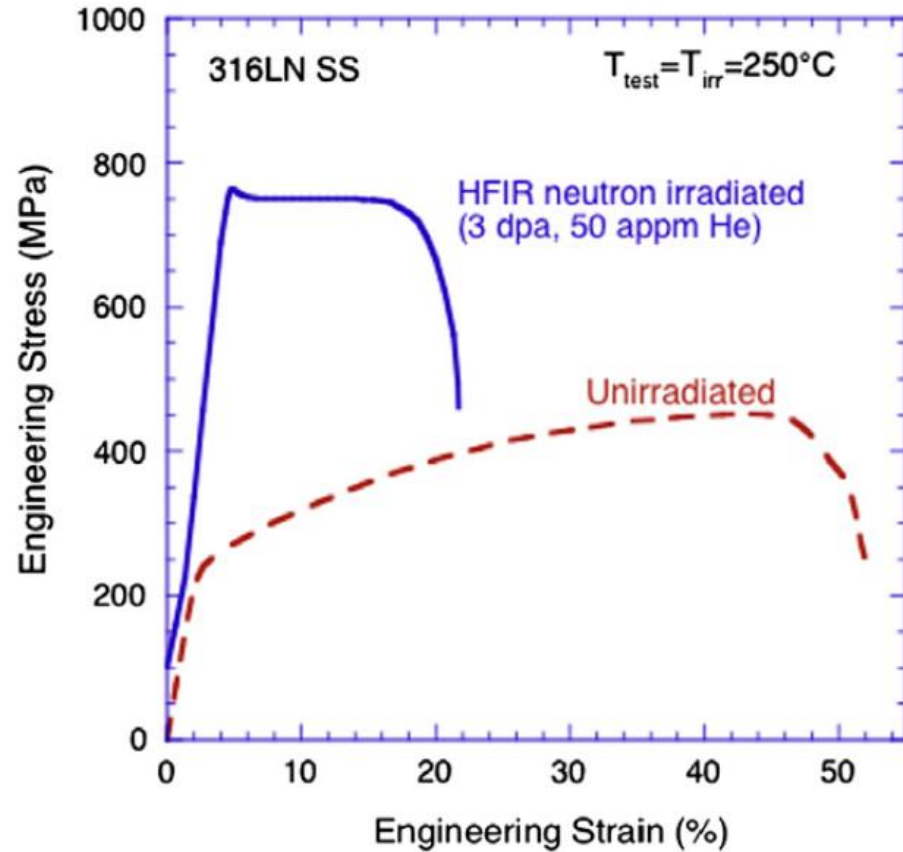
Budget: over 100 MPLN during 2019 – 2027 from EC, FNP and MNiSW. We have 17 active external projects and raised an additional 100 MPLN

# Temperature, radiation, stress, corrosion...



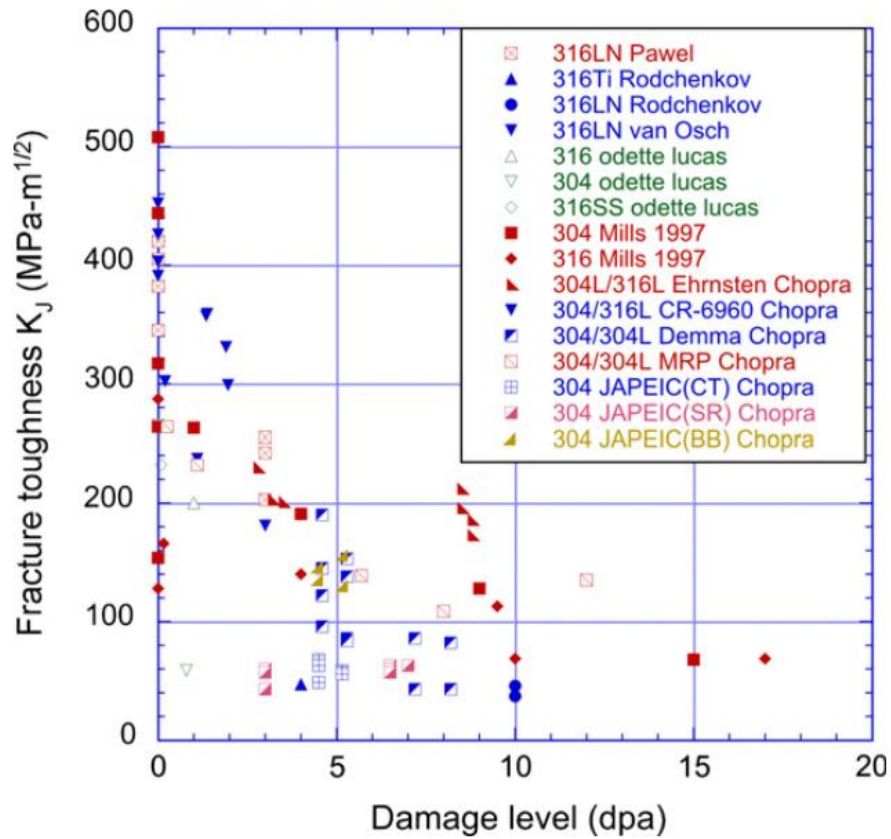
These conditions are even more challenging with Gen. IV

# What happens with the material due to irradiation?

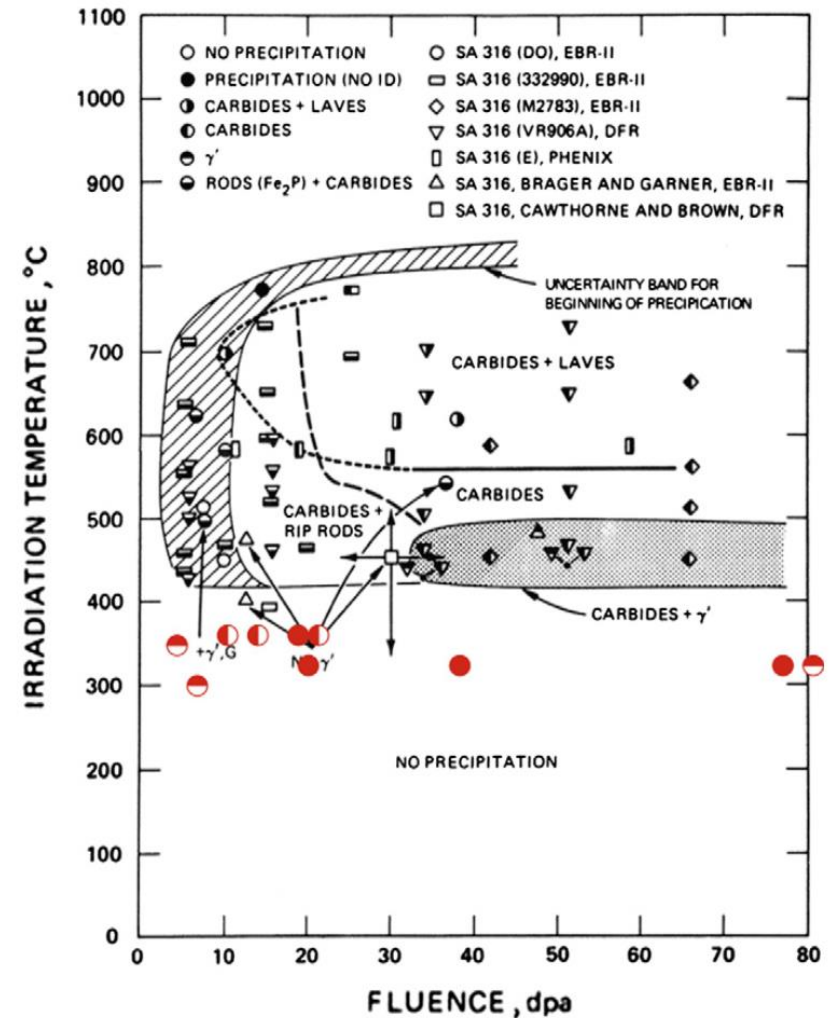


Zinkle & Was, Acta Materialia 61 (2013) 735

# What happens with the material due to irradiation?



Zinkle & Was, Acta Materialia 61 (2013) 735



# Materials Research Laboratory description

- Divided into four divisions (all working in the accreditation system): mechanical, structural, NDT, and Hot Cell laboratories;
- About 20 people are employed, and the average age of the personnel is about 37 years;
- MRL holds one of the oldest accreditation certificates in Poland;
  - Operating hot cells with 100 Ci, 3.7 TBq;
- **Member of EA MLA, IAF MLA oraz ILAC MRA oraz system jakości wg. ISO 17025 w zakresie:**
- **Badania mechaniczne, badania metalograficzne wyrobów i materiałów konstrukcyjnych/ Mechanical tests, metallographic tests of construction products and materials**
- **Badania nieniszczące, wyrobów i materiałów konstrukcyjnych / Non-destructive tests of construction products and materials -> about 15 methods**

POLSKIE CENTRUM AKREDYTACJI  
POLISH CENTRE FOR ACCREDITATION



Sygnatariusz EA MLA  
EA MLA Signatory

CERTYFIKAT AKREDYTACJI  
LABORATORIUM BADAWCZEGO  
ACCREDITATION CERTIFICATE OF TESTING LABORATORY  
Nr AB 025

Potwierdza się, że: / This is to confirm that:

NARODOWE CENTRUM BADAŃ JADROWYCH  
LABORATORIUM BADAŃ MATERIAŁOWYCH  
ul. Andrzeja Sołtana 7, 05-400 Otwock

spełnia wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02  
meets requirements of the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 standard

Akredytowana działalność jest określona w Zakresie Akredytacji Nr AB 025  
Accredited activity is defined in the Scope of Accreditation No AB 025

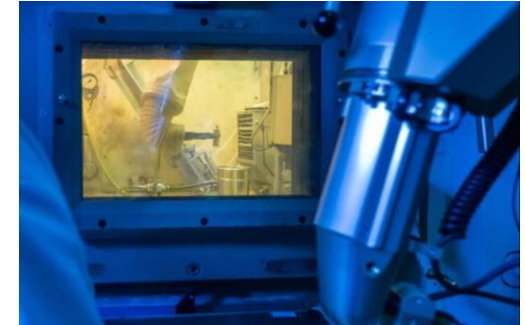
Akredytacja pozostaje w mocy pod warunkiem przestrzegania  
wymagań jednostki akredytującej określonych w kontrakcie Nr AB 025  
This accreditation remains in force provided the Laboratory observes  
the requirements of Accreditation Body defined in the Contract No AB 025

Akredytacji udzielono dnia 10.05.1995 r.  
Accreditation was granted on 10.05.1995



DYREKTOR  
POLSKIEGO CENTRUM AKREDYTACJI  
*Lucyna Olborska*  
LUCYNA OLBORSKA

Warszawa, dnia 8 lipca 2020 roku



**Building experience in working  
in an active environment**

Laboratorium Badań Materiałowych ul. Andrzeja Sołtana 7, 05-400 Otwock		
Przedmiot badań/wyrób	Rodzaj działalności/badane cechy/metoda	Dokumenty odniesienia
Złącza spawane nienapromienione i napromienione	Makro- i mikrostruktura złączy spawanych Metoda mikroskopii optycznej	PN-EN ISO 17639:2022-07 PN-EN ISO 5817:2023-08
Metale i ich stopy nienapromienione	Własności mechaniczne: - wytrzymałość na rozciąganie - $R_m$ - umowna granica plastyczności - $R_{p0.2}$ - wyraźna granica plastyczności - $R_e$ - wydłużenie względne próbki A - przewężenie względne próbki Z  Zakres: - siła F do 100 kN - Temperatura badania: pokojowa  Próba rozciągania Własności mechaniczne: - wytrzymałość na rozciąganie - $R_m$ - umowna granica plastyczności - $R_{p0.2}$ - wyraźna granica plastyczności - $R_e$ - wydłużenie względne próbki A - przewężenie względne próbki Z  Zakres: - siła F do 100 kN - Temperatura podwyższona do 1000 °C  Próba rozciągania Własności mechaniczne: - wytrzymałość na rozciąganie - $R_m$ - umowna granica plastyczności - $R_{p0.2}$ - wyraźna granica plastyczności - $R_e$ - wydłużenie względne próbki A - przewężenie względne próbki Z  Zakres: - siła F do 100 kN - temperatura obniżona do -40 °C  Próba rozciągania	PN-EN ISO 6892-1:2020-05 metoda B  PN-EN ISO 6892-2:2018-08 metoda B  ISO 6892-3:2015 metoda B
Metale i ich stopy napromienione	Własności mechaniczne: - wytrzymałość na rozciąganie - $R_m$ - umowna granica plastyczności - $R_{p0.2}$ - wyraźna granica plastyczności - $R_e$ - wydłużenie względne próbki A - przewężenie względne próbki Z  Zakres: - siła F do 100 kN - temperatura badania: pokojowa  Próba rozciągania	PN-EN ISO 6892-1:2020-05 metoda B
Złącza spawane nienapromienione i napromienione	Własności mechaniczne: - największa siła $F_m$ - wytrzymałość na rozciąganie - $R_m$	PN-EN ISO 6892-1:2020-05 metoda B PN-EN ISO 5178:2019-04 PN-EN ISO 4136:2022-12

Wersja strony: A

Przedmiot badań/wyrób	Rodzaj działalności/badane cechy/metoda	Dokumenty odniesienia
Metale i ich stopy oraz złącza spawane nienapromienione i napromienione	Twardość HRC, HRA, HRBW Skala: C, A, B Metoda Rockwella  Twardość HV Zakres: HV 5, HV 10, HV 30 Metoda Vickersa  Twardość HBW Zakres: HBW 2,5/187,5 Metoda Brinella	PN-EN ISO 6508-1:2016-10  PN-EN ISO 6507-1:2018-05  PN-EN ISO 6506-1:2014-12
Metale i ich stopy nienapromienione i napromienione	Odporność materiału na pęknięcie: - współczynnik intensywności naprężeń $K_{Ic}$ - krytyczny współczynnik intensywności naprężeń $K_{Ic}$ Zakres: - obciążenie statyczne do 100 kN, - obciążenie dynamiczne $\pm 50$ kN, - rozwarcie próbki do 4 mm Próba rozciągania lub zginania Prędkość rozwoju pęknięć zmęczeniowych da/dN metoda stałej amplitudy obciążeń ( $\Delta K$ - increasing) Zakres: - obciążenie statyczne do 100 kN, - obciążenie dynamiczne $\pm 50$ kN, - rozwarcie próbki do 4 mm Próba rozciągania lub zginania	ASTM E399-22  ISO 12108:2018
Złącza spawane materiałów metalowych	Rozwarcie szczeliny - $\delta$ Krytyczna wartość rozwarcia szczeliny - $\delta_c$ metoda CTOD Zakres: - obciążenie statyczne do 100 kN, - obciążenie dynamiczne $\pm 50$ kN, - rozwarcie próbki do 4 mm Próba rozciągania lub zginania	BS 7448-1:1991
Wyroby i materiały metalowe	Niedoskonałości kształtu oraz nieciągłości powierzchniowe zewnętrzne Metoda wizualna	PN-EN ISO 17637:2017-02
Wyroby i materiały metalowe	Nieciągłości powierzchniowe zewnętrzne otwarte na badaną powierzchnię Metoda penetracyjna	PN-EN ISO 3452-1:2021-12
Złącza spawane materiałów i wyrobów ferromagnetycznych	Nieciągłości powierzchniowe i podpowierzchniowe Metoda magnetyczno-proszkowa	PN-EN ISO 17638:2017-01
Złącza spawane materiałów metalowych	Nieciągłości wewnętrzne Metoda ultradźwiękowa	PN-EN ISO 17640:2019-01
Wyroby i materiały metalowe	Grubość Zakres: (1,5 - 100) mm Metoda ultradźwiękowa	PN-EN ISO 16809:2019-08

Wersja strony: A

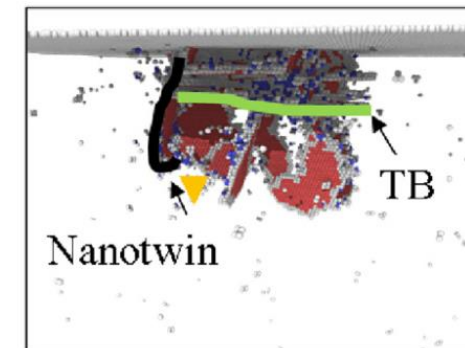
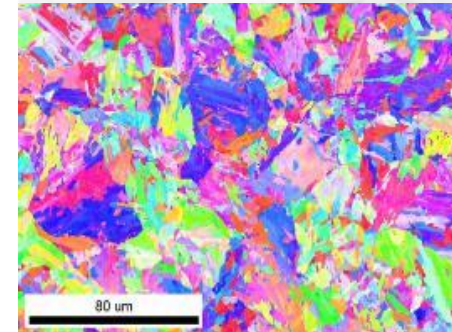


**International Laboratory  
Accreditation Cooperation**

According to PN-EN ISO IEC 17025:2018-02, which is recognized and approved by NQA-1 standard

# What do we have:

- Fully equipped metallography laboratory,
  - mechanical testing laboratory,
  - thermal properties laboratory,
  - non destructive laboratory,
  - microscopy labs (SEM / TEM),
  - structural investigation and
- chemical composition testing capabilities.



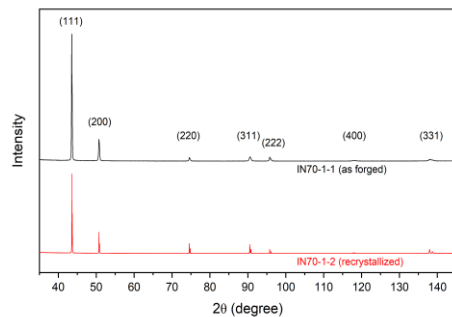
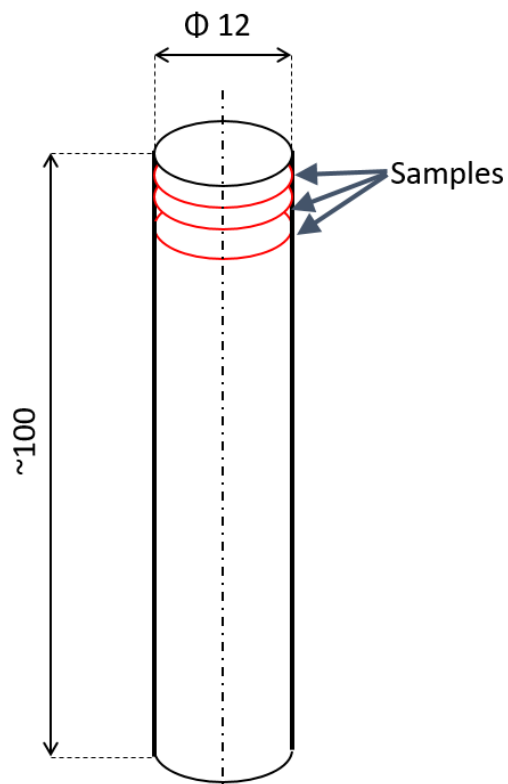
**Understanding the structure-property relationship via experimentally driven numerical calculations**

A few examples of what type of work/studies we do

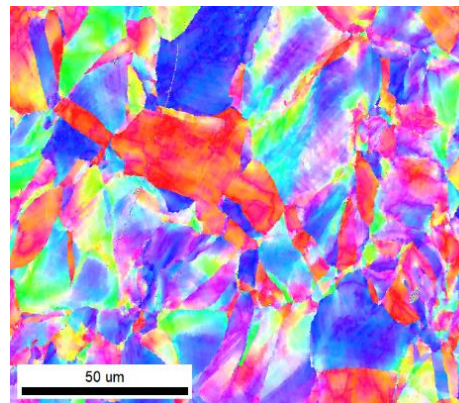
# Development of a new Co-free alloy family

## REF-HEA1 - ( CrFeMnNi family ):

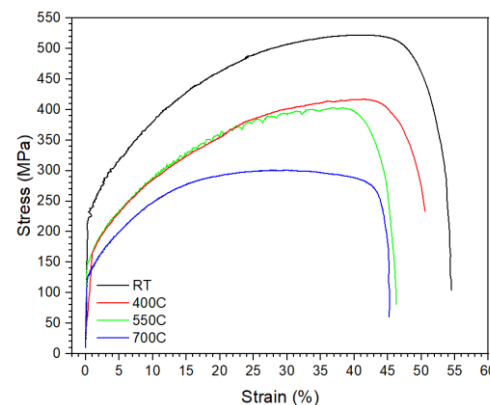
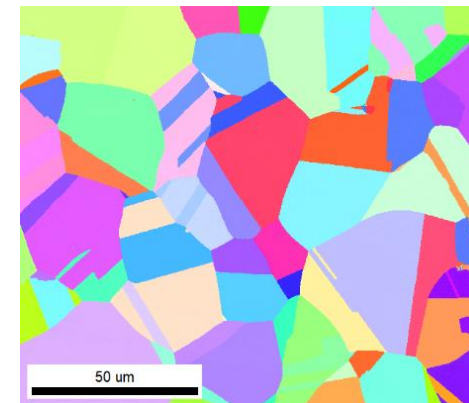
**BAR IN70-1** (380 mm from the hot side) with chemical composition (in %wt.):  
39.7% **Fe** + 14.2% **Cr** + 33.6% **Ni** + 12.5% **Mn**



IN70-1-1 (forged)



IN70-1-2 (recrystallization)

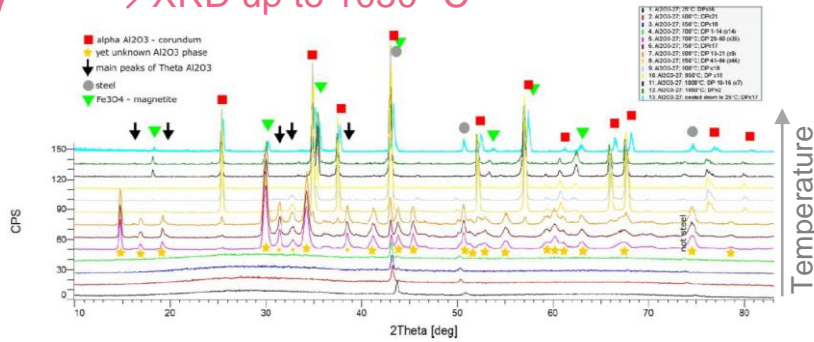


Understanding the deformation mechanism in a new type of alloys

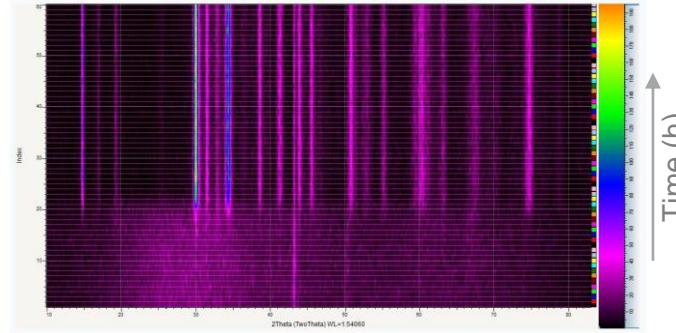
# Alumina studies – addressing protective coatings needs

## IIT coatings, GEMMA follow-up, focused on HT in-situ tests

→ XRD up to 1050 °C

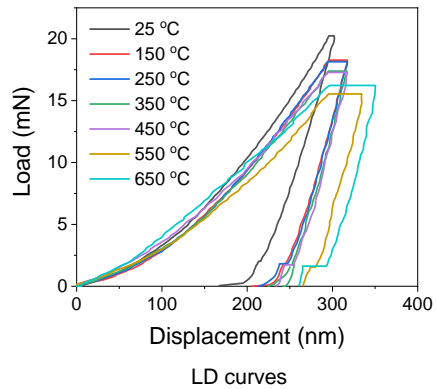


Diffraction patterns (DPs) for equilibrium states (25 – 1050 °C)

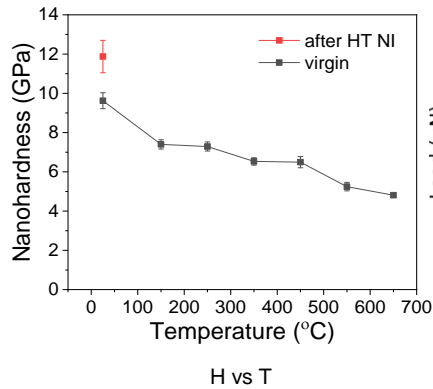


Phase evolution at 700 °C (crystallization)

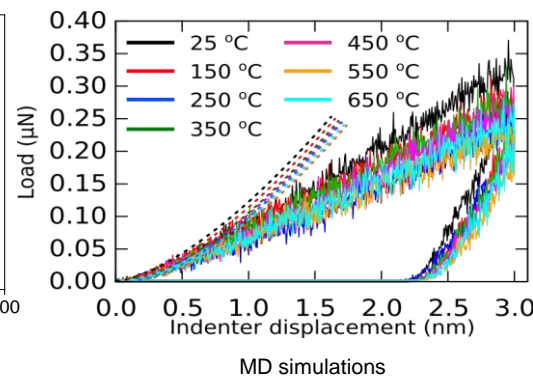
→ Nanoindentation up to 650 °C (experiment & simulations – good agreement)



LD curves



H vs T



MD simulations

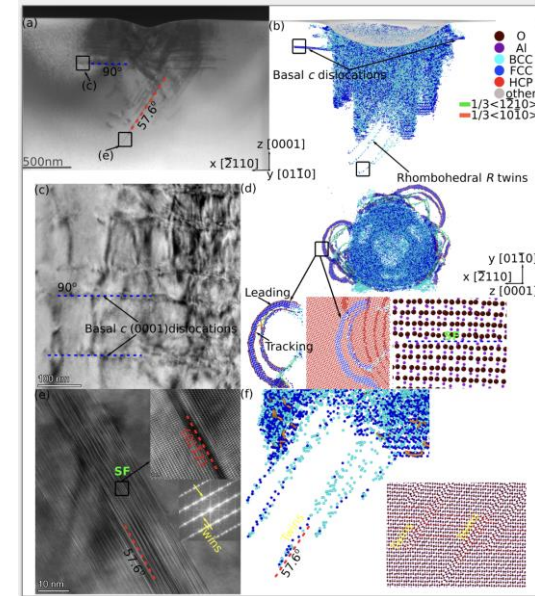
Scientific understanding of the temperature induced evolution of the coating system

- Dedicated for GEN IV reactors
- RT deposition
- Amorphous structure
- Strong interfacial bonding and good mechanical properties
- Corrosion resistant in liquid lead
- Promising radiation tolerance

## Sapphire

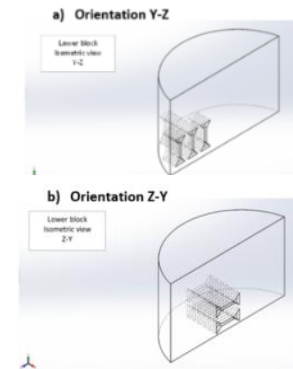
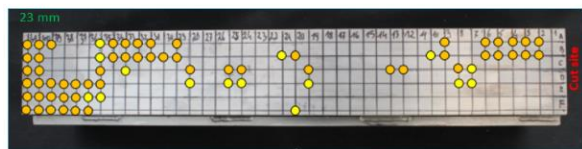
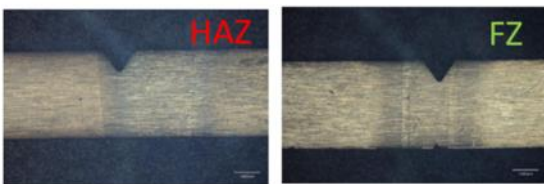
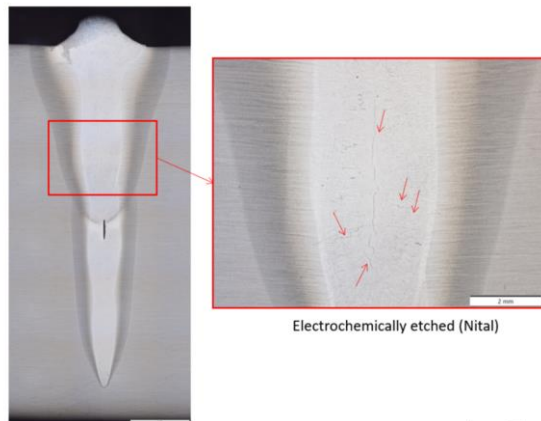
Fundamental research – mechanical behavior - simulations and experimental verification

Cooperation with numerical group

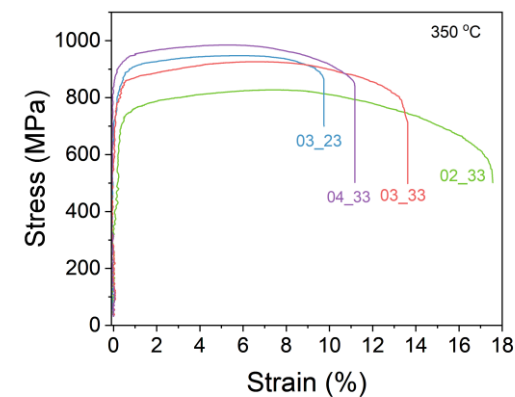


# Research & service examples

## Optimization of the welding process



## Determination of the influence of alloying elements on the mechanical properties of a new type of steel at high temperatures



### Materials tested:

- 03\_33 - 0.3 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> /200 MPa/1160°C (reference, starting point)
- 02\_33 - 0.2 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> /200 MPa/1160°C (↓ Yttria)
- 04\_33 - 0.4 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> /200 MPa/1160°C (↑ Yttria)
- 03\_23 - 0.3 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> /100 MPa/1160°C (↓ pressure)

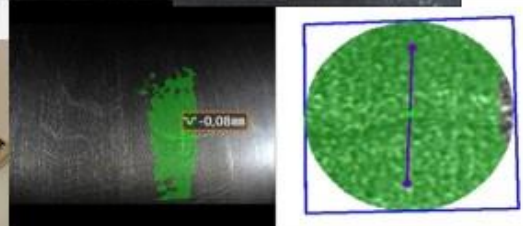
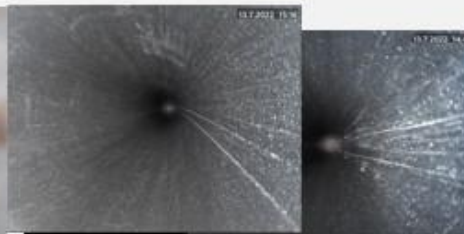


UK Atomic  
Energy  
Authority

# Badania Nieniszczące NDT



Badania NDT rur bezszwowych AISI 316L dla komponentów reaktora ITER  
System chłodzenia pierwszej ściany - zlecone przez dostawcę ITER – BIMO TECH



Magnetic Permeability Test  
according to IEC 60404-15 and ASTM A342M

Pomiary głębokości efektów ciągnięcia  
zimno Analizowane przez  
wideoendoskop VT

Accredited NDT tests realized according to:

FF9U2X Specyfikacja techniczna X2CrNiMo17-12-2,  
(nr 1.4404) Rura do zastosowania w systemach chłodzenia

Dostawa paneli pierwszej ściany (FW) o normalnym  
strumieniu ciepła dla systemu końców ITER

Test wizualny VT – kontrola wizualna powierzchni  
zewnątrznej / wewnętrznej Ultradźwiękowy test grubości

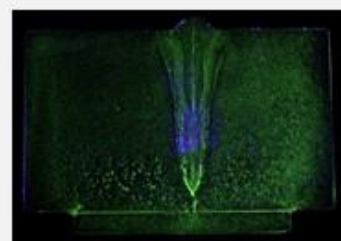
JTT – grubość ścianki Pomiary bezpośrednie - wymiary rur



EUROFER 97 spawany wiązką elektronów we współpracy  
z Karlsruher Institut für Technologie



Badanie ultradźwiękowe UT



Badania magnetyczno-proszkowe MT

Akredytowane badania  
nieniszczące  
Polskie Centrum  
Akredytacji  
Numer akredytacji AB 025



Dział badań nieniszczących realizuje  
testy w następujących obszarach:

- Metoda badań wizualnych (VT)
- Metoda badań penetracyjnych (PT)
- Metoda magnetyczno-proszkowa (MT)
- Metoda ultradźwiękowa (UT)
- Metoda Eddy-current (ET)
- Badania przenikalności magnetycznej



MTMenter Visual IQ - Waygate Technologies



Foerster  
MAGNETOSCOPE 1.069



Olympus OMNISCAN MX2

## Nuclear Sector



NUCLEAR AMRC



Reaktor  
MARIA



**Ciemat**  
Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas



**CEN WORKSHOP 64 PHASE 4**  
Design and Construction Codes for Gen II to IV nuclear facilities



**NOMATEN**  
Centre of Excellence in Multifunctional Materials  
for Industrial and Medical Applications



Idaho National Laboratory



EUROPEAN COMMISSION



THE UNIVERSITY OF  
TENNESSEE  
**Oak Ridge**  
Innovation Institute

**framatome**



EUROfusion



## Production and Advanced Technologies Sectors

*Tools / 3D Printing / Welding / Turbines / Biomaterials / Automotive*



# On-going investments

- **Two autoclaves for SCC (PWR or BWR conditions),  
*plus one for small samples***
- **FTIR**
- **HT tribotester, various geometries**
- **SEM/EDS/EBSD + tensometric stage up to 1000C**
- **Nanoindentation stage for SEM microscope**
- **3D printer for metallic glasses**
- **Next setup for powder metallurgy (*mills, glove box, etc*)**
- **Spark Plasma Sintering**
- **SPT/SPC up-grades**



# Monitoring is cheaper than repairing



**Bloomberg**

Live TV Markets Economics Industries Tech Politics Businessweek Opinion More

Industries Energy

## EDF Says New Reactor-Pipe Crack Won't Reduce Nuclear Output



Reuters World Business Markets Sustainability Legal Commentary Technology Investigations

3rd party ad content

## France's nuclear watchdog says corrosion crack flagged by EDF at Penly 1 reactor

By Reuters

March 7, 2023 8:16 PM GMT+1 · Updated March 7, 2023



UNPLANNED EVENTS

## France / EDF Has Found Corrosion Crack At Penly-1 Nuclear Plant, Says Regulator

By David Dalton  
8 March 2023

ASN classifies incident as Level 2 on IAEA scale



## French power prices jump as EDF looks into possible nuclear reactor defect



Photo: distelAPPArath from Pixabay

Published  
June 12, 2025

Country  
Region/EU

France's state-owned power utility **Électricité de France (EDF)** is investigating apparent corrosion cracks found at a 1.5 GW nuclear reactor in the country's west, which has been offline for annual maintenance since early April. The potential defect has pushed up electricity prices and raised concerns about energy security.

One needs to monitor the installation's aging and have the competence to assess whether changes in the material, which are natural due to its exploitation, are dangerous.

Thank you for your attention!

[lukasz.kurpaska@ncbj.gov.pl](mailto:lukasz.kurpaska@ncbj.gov.pl)