

Rozvoj a dlouhodobý provoz jaderných elektráren ČEZ

Ondřej Češka

Řízení aktiv jaderných elektráren

ČEZ a.s.

All for Power 20.11. 2023

DLOUHODOBÝ PROVOZ JE DUKOVANY A TEMELÍN



- Stručná historie JE Dukovany a Temelín
- Řízení životního cyklu JE
- Připravované modifikace, navýšení výkonů a délek kampaní
- Dlouhodobé vize
- Ukončování provozu a vyřazování

JADERNÁ ELEKTRÁRNA DUKOVANY



- Původní projektový výkon 4 x 440 MWe
- Zahájení provozu EDU 1- 4 v 1985-1987
- Zvýšení výkonu bloků v letech 2005-2013 na 4 x 500 MWe (105 % N_{nom})



JADERNÁ ELEKTRÁRNA TEMELÍN



- 1979** Rozhodnutí o výstavbě 4 bloků VVER 1000
- 1990** Rozhodnutí vlády o redukci stavby na bloky 1 a 2
- 2000** Blok 1 – zahájení provozu, připojení k síti
- 2002** Blok 2 – zahájení provozu, připojení k síti
- 2013** Navýšení výkonu reaktoru na 104 % (3 120 MWt) + 44 MW
- 2014-15** Výměna NT dílů turbín - + 22 MW
- 2023** Aktuální dosažitelný výkon bloku 1086 MW



ŘÍZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU JADERNÝCH ELEKTRÁREN Z POHLEDU DLOUHODOBÉHO PROVOZU



- Projektová životnost JE - 30 let – navyšujeme → 60+
- Řídíme životnost klíčového zařízení
- Monitorujeme stav zařízení - healthreports
- Modernizujeme a obnovujeme zařízení
- Posuzujeme scénáře budoucího vývoje
- Optimalizujeme provoz (16M, 18M)
- Navyšujeme výkon (VPR)
- Připravujeme ukončování provozu
- Připravujeme vyřazování



DLOUHODOBÝ PROVOZ JE DUKOVANY A TEMELÍN

Technickoekonomické hodnocení dlouhodobého provozu



- Základní nástroj pro vyhodnocení efektivity vynakládaných prostředků na obnovu a modernizaci
- Ideově vychází z TES LTO

Technické vstupy

- **Disponibilita a elektrický výkon** bloků
- **Náklady na obnovu ve střednědobém horizontu**
- **Predikce nákladů** na obnovu zařízení dle předpokládané životnosti, zkušeností z minulosti a ostatních provozovaných JE ve světě v **dlouhodobém horizontu**

Ekonomické vstupy

- Analýza **makro vstupů** (cena elektřiny, WACC, inflace, eskalace...)
- Vývoj **stálých nákladů** (osobní, údržba, režie, náklady centrálních útvarů alokovaných na lokalitu, rezerva na ukončování provozu, vyřazování)
- Vývoj **proměnných nákladů** (palivo, surová voda, odvod jaderný účet).

Varianty, scénáře

VÝPOČTOVÝ MODEL

- Pro **všechny zvažované varianty** výkonového provozu
- Hodnocení **celého životního cyklu JE** (výkonové, nevýkonové i vyřazovací fáze)

Efektivita dle ukazatele **NPV CF**

Citlivostní analýzy významných parametrů (cena elektřiny, CAPEX, údržba, osobní náklady).

DLOUHODOBÝ PROVOZ JE DUKOVANY A TEMELÍN

Technickoekonomické studie dlouhodobého provozu



- Základním východiskem byl návod MAAE TECDOC 1309
- Základní struktura TES LTO:
 - Technická část – metodický postup – ÚJV Řež
 - Ekonomická část – metodicky ČEZ
 - Riziková analýza – metodicky ČEZ
- Základní varianty provozu po dekáдах = základní 30ti letý provoz +0, +10, +20, +30

2008 TES LTO EDU v letech 2006-2008 – studie provozu po roce 2015
Vycházela převážně z hodnocení životnosti a základních ekonomických předpokladů

2016 Aktualizace TES LTO EDU v letech 2014 - 2016
Provedení první TES LTO ETE v letech 2014 – 2016

Hlavní závěry:

- Pro provoz v horizontu 60 let **nejsou** indikována zásadní **technická** ani **bezpečnostní omezení**
- **Optimální variantou** z hlediska NPV je provoz do roku **2045-47 EDU**, **2060-62 ETE** (varianta **LTO30**)
- Investice do provozu +30 let nevytváří rizika ani pro kratší varianty

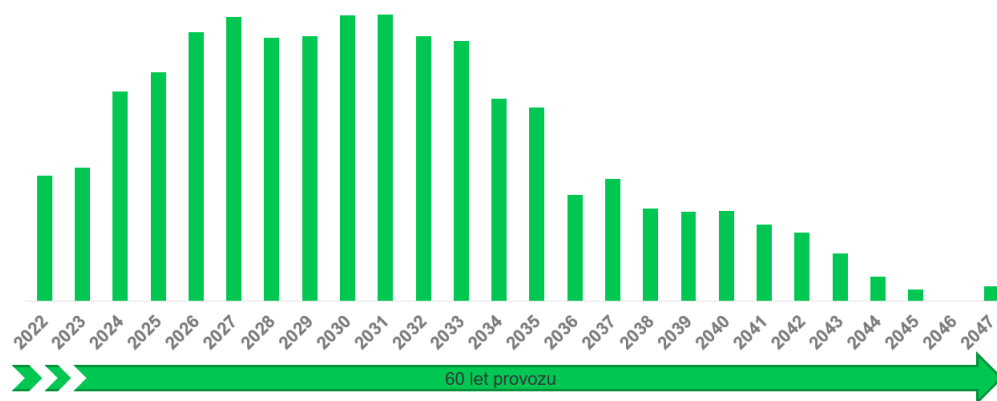
DLOUHODOBÝ PROVOZ JE DUKOVANÝ A TEMELÍN

TE hodnocení šedesátiletého provozu EDU1- 4



Vývoj výdajů na modernizaci a obnovu technologie

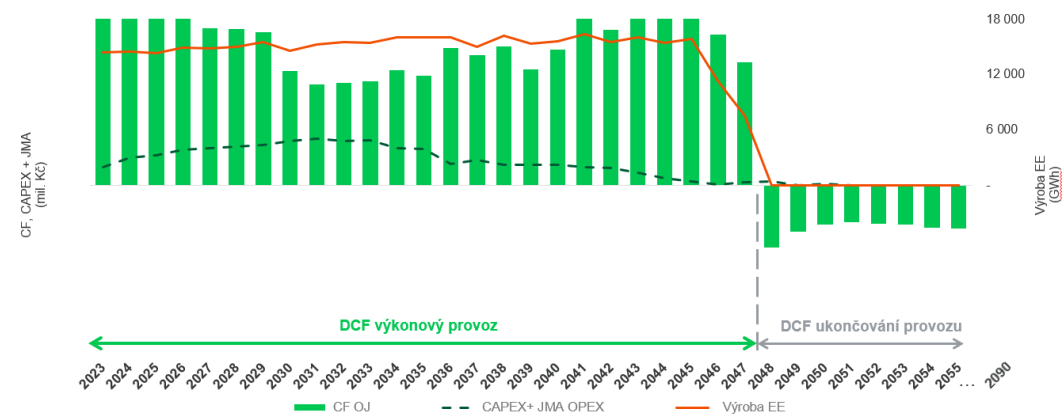
JMA CAPEX/OPEX* [mld. Kč]



* v cenové úrovni roku 2022, bez jaderného paliva

Vývoj cash flow v průběhu životnosti EDU

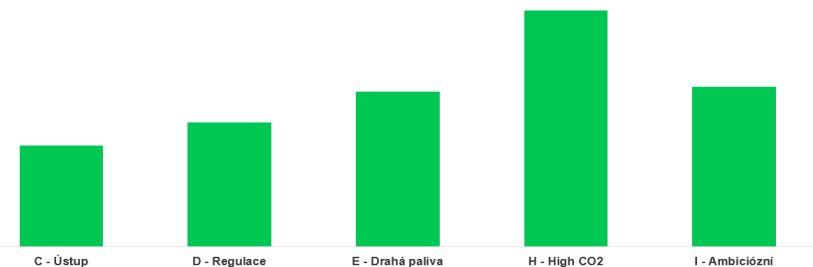
Průběh výroby a ekonomických ukazatelů*



* bez započítání daně z neočekávaných zisků (tzv. windfall tax), makropředpoklady 04/2023; WACC 9,41% (8,58% od 2033; 7,41% od 2043); v cenové scénáři E – Drahá paliva, poměrově zahrnutý i předprodané objemy i ceny EE, ostatní vstupy dle PPv2 2023-27

Závislost NPV EDU na valuačních předpokladech ceny elektřiny

NPV EDU dle valuačních předpokladů SKČ (mld. Kč)



* Makropředpoklady 04/2023; WACC 9,41% (8,58% od 2033; 7,41% od 2043); v cenové scénáři E – Drahá paliva, poměrově zahrnutý i předprodané objemy i ceny EE;

- Energetický provoz EDU1-4 do let 2045-2047 je stále optimální variantou
- Za současných valuačních předpokladů SKČ generuje výkonový provoz EDU1-4 do let 2045-47 kladné NPV ve všech uvažovaných scénářích.

JE TEMELÍN – HLAVNÍ DOKONČENÉ MODIFIKACE



Zvýšení výkonu reaktoru, 2013

3000 ≥ 3120 MWt (104%) ⇒ **+44 MWe/blok**

Stress Tests Safety Enhancements

Dodatečné diverzní a mobilní prostředky



Výměna NT dílů turbín, 2014/2015

⇒ **+22 MWe/blok**



Výměna separátorů / přehříváčů, 2020 (B2), 2021 (B1) ⇒ **+5,5 MWe/blok**



JE TEMELÍN – DOKONČENÉ A ZAHÁJENÉ MODIFIKACE



Upgrade řídicího a informačního systému WEC-WDPF

2021÷2028



Pro bezpečnostní systémy (RPS/ESFAS) je připravena dlouhodobá podpora

Rekonstrukce blokových výměníků stanic



Výměna gen. vypínačů

2020-B1
2021-B2



SIPS

2021
(stend inspekci palivových souborů)



ETE - PLÁNOVANÉ INVESTICE DO ROKU 2030



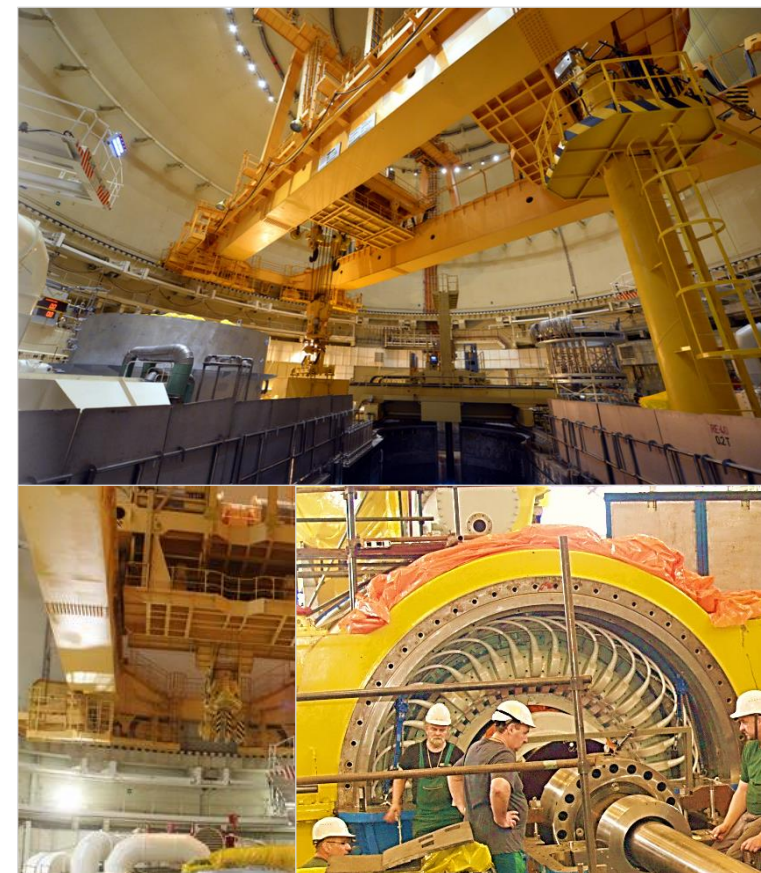
- **Přechod na 18 měsíční palivový cyklus (2025)**
- Výměna 4 ks rotorů elektromotorů HCČ v roce 2021-2023 (2023)
- Modernizace EPS v objektech mimo areál ETE (2024)
- Záměna systému měření neutronového toku INCORE (2024)
- Obnova měření odezvy ochranné obálky (2024)
- Generální oprava povrchových úprav ochranných obálek ETE (2024)
- Rekonstrukce obvodových plášťů z keramických panelů (2024)



ETE - PLÁNOVANÉ INVESTICE DO ROKU 2030



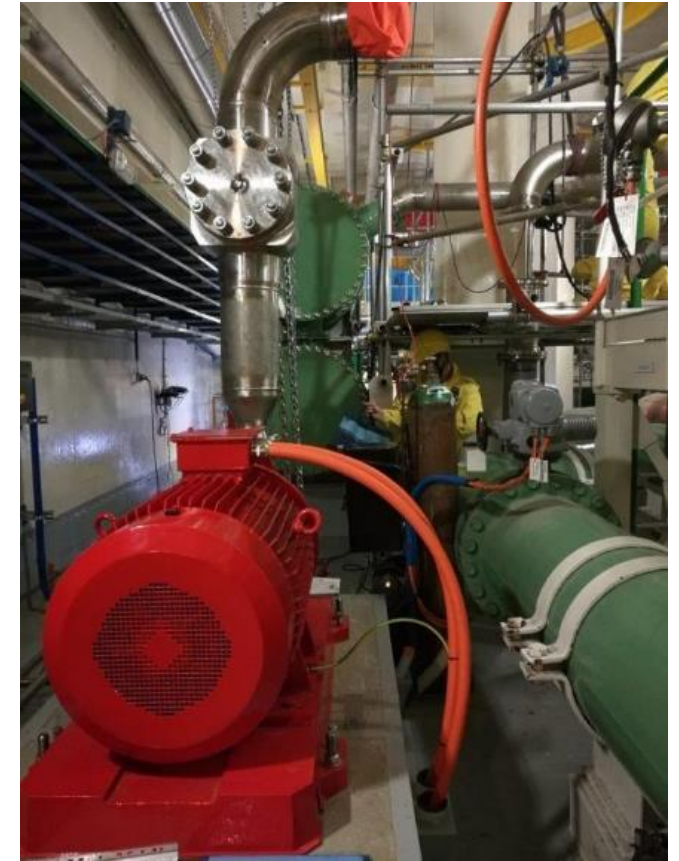
- **Výměna generátorů (HVB1 - 2028, HVB2 - 2030)**
- Chladicí věže - rekonstrukce přívodního potrubí, vestavby, eliminátorů a zimních ochran (2026-2029)
- Modernizace zavážecích strojů (2026-2027)
- Záměna RČA vně i uvnitř KTMT včetně potrubí (2027)
- Modifikace konstrukčního uložení jeř. dráhy polárního jeřábu HVB1 a 2 (2026-2029)



EDU – DOKONČENÉ A PLÁNOVANÉ INVESTICE

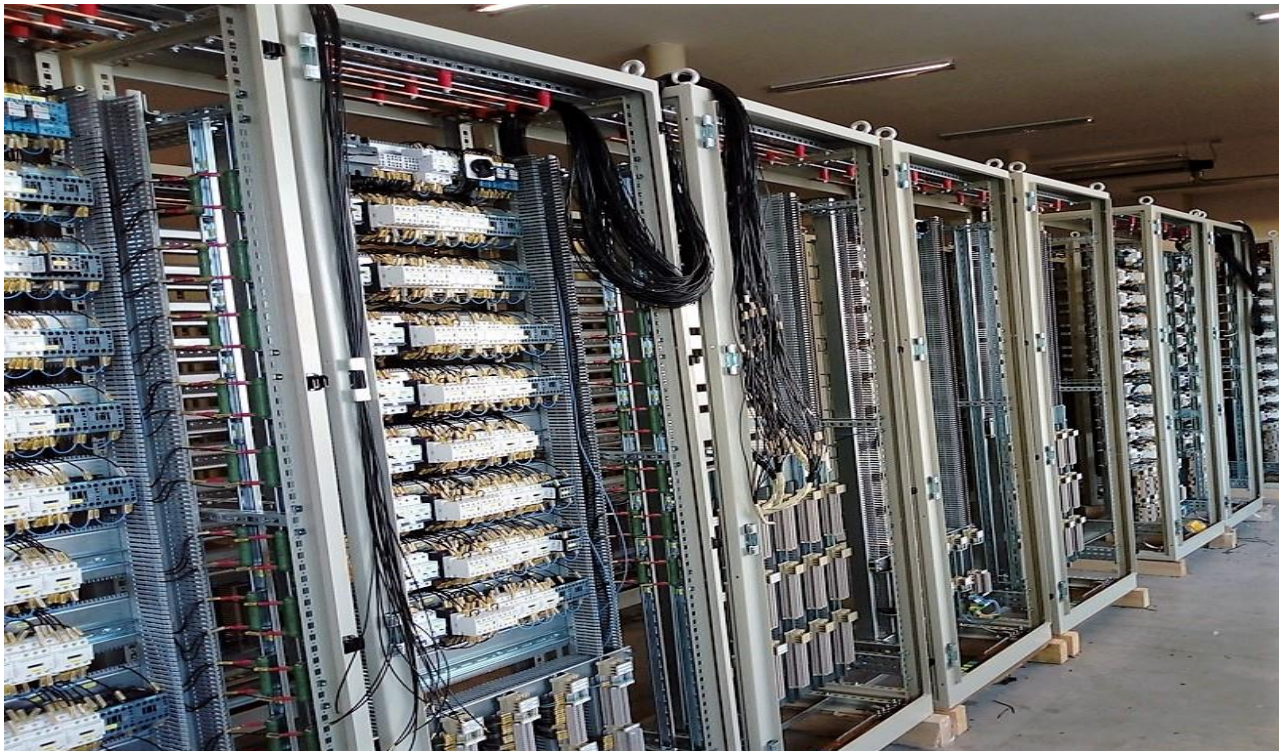


- Instalace 3. čerpadla chlazení bazénu skladování vyhořelého paliva EDU
- Zajištění dlouhodobé provozuschopnosti bezpečnostních systémů na platformě Spinline3
- Zajištění dostatečné kapacity skladování VJP po roce 2035
- Výměna rozvodů požární vody od armatur v rozdělovačích PÚ po koncové trysky (2. etapa)
- Výměna přehřívacích částí SPP (separátor přehříváč)
- Zajištění dlouhodobého provozu významných systémů SKŘ (IaC) EDU na platformě ZAT
- Systém monitorování při těžké havárii



EDU - VÝZNAMNÉ INVESTIČNÍ AKCE – PROBÍHAJÍCÍ MODIFIKACE

REKONSTRUKCE PODRUŽNÝCH ROZVADĚČŮ EDU



- Od roku 2018 probíhají postupné rekonstrukce rozvaděčů
- Realizace se týká širokého rozsahu v řádu set rozvaděčů a tisíců polí

VÝZNAMNÉ INVESTIČNÍ AKCE – REALIZOVANÉ MODIFIKACE VYBRANÉ - BEZPEČNOSTNÍ PRVKY A SYSTÉMY



- DIESELGENERÁTORY
PRO PŘÍPAD ÚPLNÉ
ZTRÁTY NAPĚTÍ



- SEISMICKY ODOLNÉ
VENTILÁTOROVÉ VĚŽE

VYUŽITÍ POTENCIÁLU EDU



Rozvojové programy EDU

- VPR 2 – Využití projektových rezerv 2 ($N_{Re} = 1475 \text{ MWt} \approx 107 \% N_{nom}$) – od roku 2024
- PK3+ – bezobálkové jaderné palivo 3. generace
- 16M cyklus – provoz bloků 450 efektivních dnů + 39 dní odstávka (referenční cyklus)

**Využití
potenciálu
elektrárny
Dukovany**

500 ↗ 512 MW
ZVÝŠENÍ
VÝKONU BLOKŮ

PK3+
INOVATIVNÍ
BEZOBÁLKOVÉ
PALIVOVÉ KAZETY

16 měsíců
DELŠÍ PROVOZ
BLOKŮ

VPR NA BLOCÍCH VVER-440



Země	Elektrárna	Model	Výkon (MW)			%
			Tepelný	Brutto	Netto	
Česká rep.	Dukovany-1	VVER V-213	1444*	500*	468*	105*
	Dukovany-2	VVER V-213	1444*	500*	471*	105*
	Dukovany-3	VVER V-213	1444*	500*	468*	105*
	Dukovany-4	VVER V-213	1444*	500*	471*	105*
Finsko	Loviisa-1	VVER V-213	1500	531	507	109
	Loviisa-2	VVER V-213	1500	526	502	109
Maďarsko	Paks-1	VVER V-213	1485	500	470	108**
	Paks-2	VVER V-213	1485	500	473	108**
	Paks-3	VVER V-213	1485	500	473	108**
	Paks-4	VVER V-213	1485	500	473	108**
Slovensko	Bohunice-3	VVER V-213	1471	505	471	107
	Bohunice-4	VVER V-213	1471	505	471	107
	Mochovce-1	VVER V-213	1471	470	436	107
	Mochovce-2	VVER V-213	1471	470	436	107
Rusko	Kola-3	VVER V-213	1375	440	411	100
	Kola-4	VVER V-213	1375	440	411	100
Ukrajina	Rovno -1	VVER V-213	1375	420	381	100
	Rovno -2	VVER V-213	1375	415	376	100

IAEA: REFERENCE DATA SERIES No. 2 Nuclear Power Reactors in the World, 2018 Edition

*) připravováno zvýšení výkonu reaktoru na 1475 MWt – 511 MWe

***) provoz v 15M cyklech

Provoz EDU 60 + „život po šedesátce“



V aktuálních koncepcích lokalit EDU i ETE předpokládáme provoz bloků 60 let



EDU do **2045 - 47**, ETE do **2060 - 62**

Přesto nechceme uzavřít cestu pro případné další prodloužení provozu

- V současnosti nemáme indikaci omezení provozu za horizont 60 let z hlediska bezpečnosti, legislativy a technického stavu zařízení
- Pro účely TE výpočtů simulujeme investiční náklady dle již známých investic i s konzervativním navýšením na dvojnásobek
- Dle simulovaných TES vychází NPV kladné i pro provoz bloků v trvání 70 nebo 80 let
- Pro zodpovědné rozhodování o délce provozu je nutná znalost stavu zařízení, zejména nevyměnitelného (TNR, bazény skladování paliva) nebo obtížně vyměnitelného (PG)



Pracují expertní týmy pro řízené stárnutí, neustále upřesňují znalost stavu

Cíl zatím neměníme, připravujeme podklady pro budoucí rozhodnutí

Konec životního cyklu JE



Výrobní aktiva JE

Provoz JE (povolení provozu)

Vyřazování JE (povolení vyřazování)

Energetický provoz
(60+ let)

*Příprava na
ukončování provozu*

Ukončování
provozu

Dochlazování VJP a
odvoz do skladu VJP
+
nakládání s RAO

Příprava na vyřazování

Vyřazování JO

Demontáž a demolice NJO

EDU 2045-2047

ETE 2060-2062

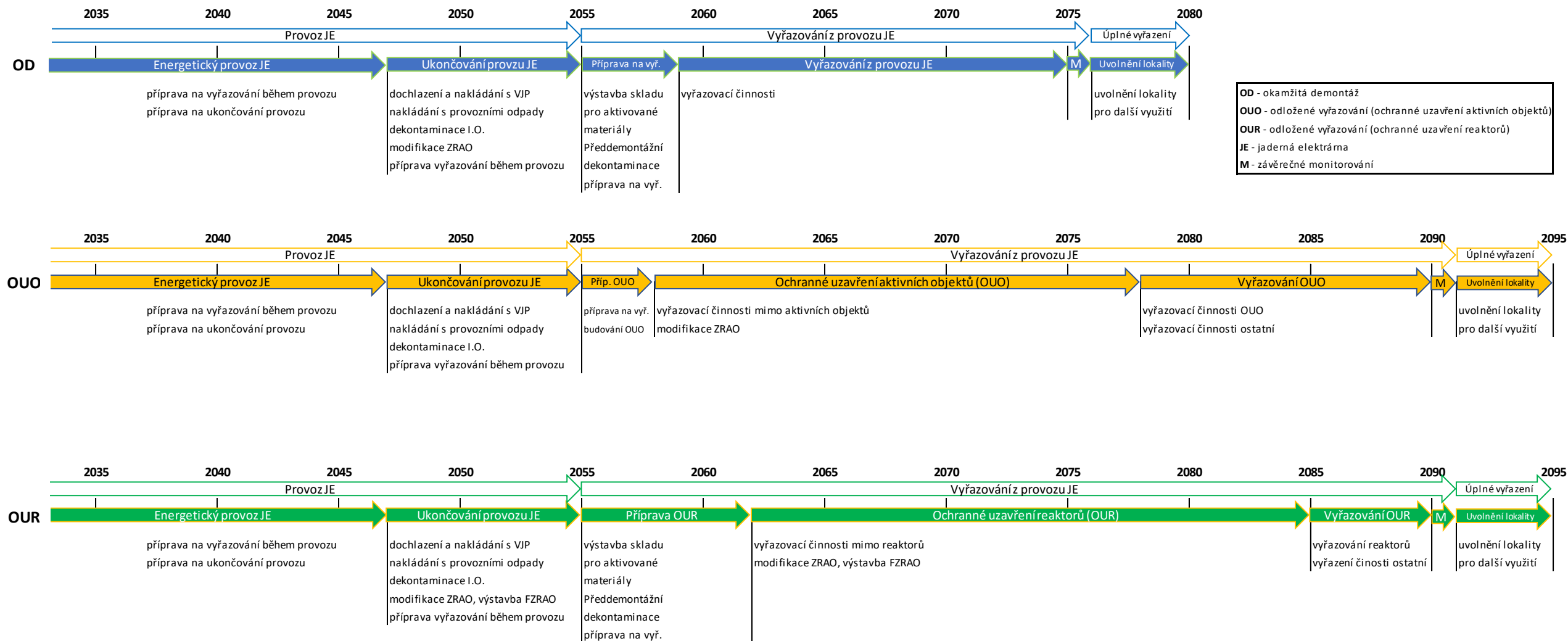
EDU 2055

ETE 2067

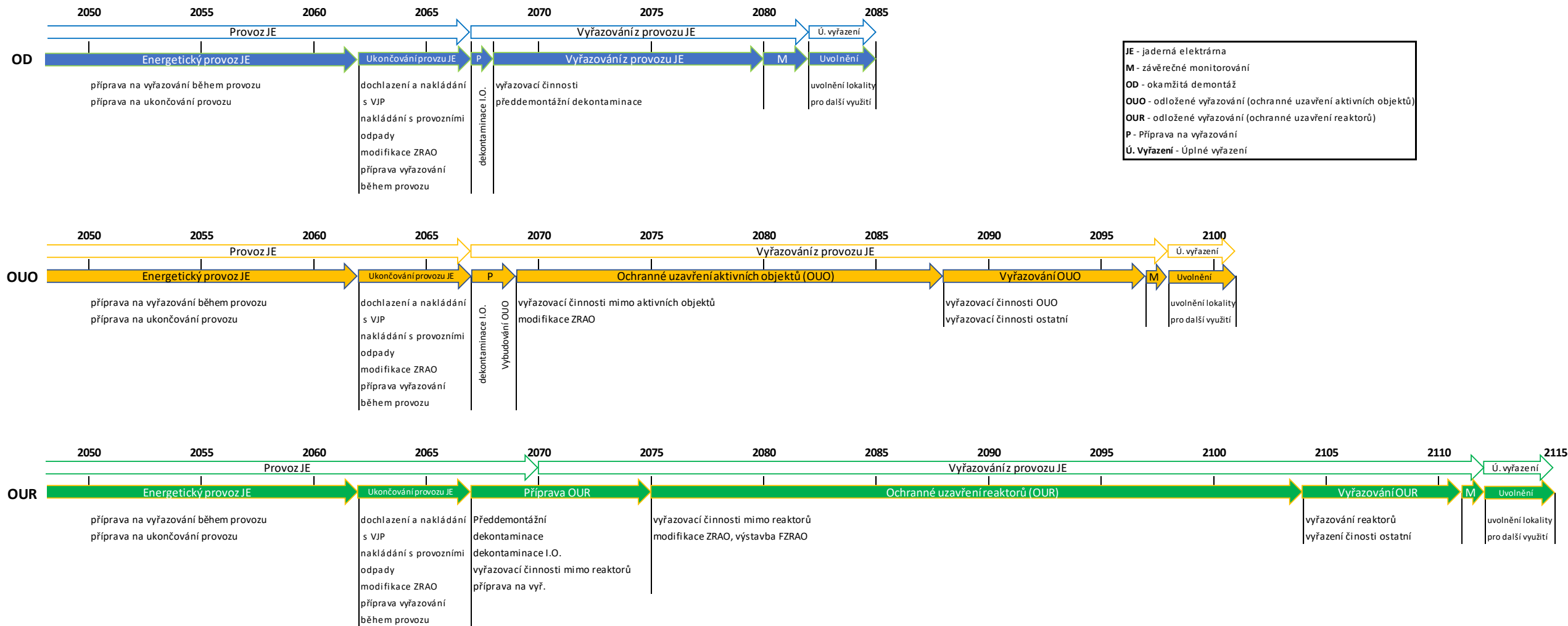
EDU 2076; 2091; 2091

ETE 2082; 2098; 2112

Harmonogram vyřazování EDU (2023)



Harmonogram vyřazování ETE (2020)



Zahraniční zkušenosti



Možná rizika, na která musíme elektrárny včas připravit:

- **Ukončování provozu JE (přechodové období)**
 - Oznámením ukončení provozu způsobuje odliv personálu
 - Hrozí změna přístupu zaměstnanců k bezpečnosti
 - Změny ve vztahu veřejnosti k JE
 - Zatížení dozoru množstvím změn dokumentace
 - Chybí skladovací kapacita pro VJP
 - Není připravené řešení pro netěsné VJP
 - ...

- **Vyřazování**
 - EIA může ovlivnit konečný způsob vyřazování
 - Neočekávané „objevy“ s dopadem do projektu vyřazování
 - Nesesdí technická dokumentace se skutečným provedením
 - Nedostatek „provozně znalého“ personálu
 - Nedostatečná finanční rezerva na neočekávané situace...

Co děláme a na co se chystáme



▪ Vyřazování

- Plán vyřazování
- Sledování aktuální situace ve světě
- Implementace nových poznatků při aktualizacích plánu vyřazování
- Knowledge management pro potřeby vyřazování
- 3D mapování JE
- Aktualizace 1 x 5 let včetně aktualizace nákladů
- Tvorba finanční rezervy na vázaný účet na JO a rezervy na NJO

▪ Ukončování provozu JE (přechodové období)

- Popis ukončování provozu
- Sledování životnosti vytipovaných zařízení potřebných pro ukončení provozu a vyřazování
- Příprava investičních akcí s ohledem na ukončení provozu a vyřazování
- Tvorba roadmapy přípravy na jednotlivé činnosti a úkoly s ukončováním provozu
- Optimalizace období ukončování provozu (např. zkrácení ukončování provozu z 8 na 5 let)
- Odhad nákladů na toto období a tvorba rezervy mimo vázaný účet
- ...

▪ Vše v souladu s koncepcí lokality JE (především délka energetického provozu JE)



Děkuji za pozornost