

- V čísle: - Budoucnost jaderné energetiky, Miroslav Kawalec  
- Jaderné ženy se sešly v Brně, Eva Fruhwirtová  
- Historie a současný stav nového jaderného zdroje pro ČR, Miroslav Gleitz  
- Úspěchy českého jaderného průmyslu, Miroslav Gleitz  
- Jádru v Čechách, Miroslav Gleitz  
- Jádru ve světě, Miroslav Gleitz  
- SMR a dekarbonizace průmyslu, Jan Syblík  
- Reaktor Brest OD - 300, Tomáš Nikl  
- POZVÁNKA, 20. Mikulášské setkání mladé generace České nukleární společnosti

## Budoucnost jaderné energetiky

*Miroslav Kawalec, viceprezident České nukleární společnosti*

Pokud jde o postup vlády v řešení výstavby nového jaderného zdroje, mám při hodnocení smíšené pocity. Na jedné straně tato vláda a vládní zmocněnec, Ing. Jaroslav Míl, se svým týmem přišli poprvé po dlouhé době s konkrétním plánem, který specifikoval potřebné kroky při výstavbě nového jaderného zdroje v Dukovanech. Zveřejnili i konkrétní termíny pro splnění jednotlivých kroků. Bylo rozhodnuto, že investorem bude společnost ČEZ Dukovany II, jejímž stoprocentním vlastníkem je ČEZ, a že stavba bude realizována formou EPC kontraktu s možností investora ovlivňovat výběr subdodavatelů jednotlivých celků.

Bohužel již u prvního důležitého kroku, tj. přípravy a podpisu rámcové smlouvy mezi státem a společností ČEZ a smlouvy na první etapu výstavby, došlo k několikerému odkladu původně oznámeného termínu. Byly rovněž oznámeny výrazné změny základní koncepce projektu, kdy od striktního odmítání smlouvy na dlouhodobý výkup vyrobené elektrické energie za předem stanovenou cenu došla vláda k názoru, že právě takovouto smlouvu se společností ČEZ připraví a podepíše na základě nového zákona o opatřeních k přechodu České republiky k nízkouhlíkové energetice. Došlo také k podstatné změně koncepce financování, jelikož původně měl ČEZ na základě rámcové smlouvy s vládou získat úvěr u komerčních bank za srovnatelných podmínek jako stát, kdežto nyní vláda předpokládá, že 70 % nákladů bude financováno přímým úvěrem státu za velmi výhodných podmínek, tj. úrok 0 % po dobu výstavby a 2 % během provozu po smluvně dohodnutou dobu splácení úvěru. Vzhledem k tomu, že ČEZ a její dceřiná společnost Dukovany II jsou obchodní společnosti dle zákona o obchodních korporacích a nikoli státní podniky, bude velmi obtížné přesvědčit Evropskou komisi při notificačním jednání o tom, že nejde o nedovolenou státní podporu.

Věřím, že společnost ČEZ vyhlásí do konce roku 2020 tendr na dodavatele, jak opakovaně slíbil předseda

jejího představenstva Daniel Beneš. Doufám, že tendrové podmínky, v nichž mají být na základě obou již podepsaných smluv (mezi státem a společnostmi ČEZ a Dukovany II) vedle technických a ekonomických kritérií a požadavků uplatněny také bezpečnostní požadavky státu, budou pro dodavatele, kteří se chtějí tendru zúčastnit, srozumitelné a neodradí je od účasti.

Obávám se však, že závazek společností ČEZ a Dukovany II neuzavřít smlouvu s dodavatelem, jehož nabídka byla vyhodnocena jako nejlepší, pokud vláda označí po ukončení hodnocení tendru takového dodavatele jako bezpečnostní riziko, i když splnil všechny požadavky včetně bezpečnostních, může vést ke snížení počtu firem, které skutečně podají nabídku, i když dříve projevíly vážný zájem.

### Realita šedesátiletého provozu Jaderné elektrárny Dukovany

Lze spoléhat na udržení stávajících bloků VVER-440 v provozu po dobu 60 let? Má tedy vláda plán B pro náhradu současného výkonu JE Dukovany novými jadernými zdroji, aby dokázala plnit závazky ke snižování emisí skleníkových plynů? Dle mého názoru na udržení provozu bloků VVER-440 v Dukovanech po dobu 60 let spoléhat nelze. V USA i západní Evropě existuje řada bloků jaderných elektráren, které byly definitivně vyřazeny dlouho před dosažením této doby, a to z důvodů ekonomických, nikoli politických nebo technických. Poruchy, následné odstávky, opravy a kontroly byly natolik nákladné, že zmíněné bloky nebyly schopny obstát v konkurenci. Jednou z kritických komponent jsou parní generátory. Jaderné elektrárny v USA a v západní Evropě, které jsou v provozu 40 a více let, mají původní parní generátory vyměněny za nové. U bloků s reaktory VVER-440 není taková výměna vzhledem ke konstrukčnímu řešení bloku možná, protože délka odstávky a vynaložené

finanční náklady by byly neúměrně vysoké a nelze tudíž zajistit jejich návratnost do doby ukončení provozu bloku. U horizontálních parních generátorů VVER-440 je sice pravděpodobnost vzniku poškození teplosměnných trubek a následného průniku radioaktivní vody z primárního do sekundárního okruhu menší než u vertikálních parních generátorů na blocích v USA a západní Evropě, pro období po 40 letech provozu není ovšem vzhledem k malému počtu parních generátorů, provozovaných po tuto dobu, dostatečný statistický soubor dat, který by umožnil spolehlivou předpověď poruchovosti. Nejstarší bloky VVER-440 se teprve blíží k hranici 50 let provozu.

### **Dva bloky jsou výhodnější než jeden**

Naše vláda chce jednat s Evropskou komisí o notifikaci pouze jednoho nového jaderného zdroje v Dukovanech o výkonu do 1200 MW. Nemá tedy pro případ, kdy bude nutno stávající čtyři bloky odstavit z ekonomických důvodů dříve, než dosáhnou 60 let provozu, žádný plán B k udržení, natož zvýšení stávajícího výkonu stabilních bezemisních zdrojů k pokrytí základního zatížení sítě v ČR a tím zajištění plnění našich závazků ke snižování emisí skleníkových

plynů. Takovým plánem B je pouze postupná výstavba dvou velkých nových jaderných bloků v Dukovanech o celkovém výkonu do 2400 MW jako náhrady za stávající čtyři bloky VVER-440. Praktické zkušenosti ukazují, že opakovaná výstavba alespoň dvou bloků na jedné lokalitě snižuje průměrnou cenu jednoho bloku o 20 až 30 %. Výstavba jen jediného nového velkého bloku s čekáním na to, jak se vyvine situace s malými modulárními reaktory (SMR), bude znamenat ztrátu desítek miliard, pokud se nakonec rozhodneme postavit další velký blok v Dukovanech a následně v Temelíně, protože nebudeme mít k dispozici takový výkon bezemisních zdrojů pro trvalé zatížení, který by nahradil staré jaderné bloky v Dukovanech a vyřazené uhelné elektrárny. Za předpokladu, že první prototypy malých modulárních reaktorů budou v provozu kolem roku 2030, lze na základě opakované výstavby a několik let trvajícího provozu jednotlivých typů očekávat dostatečně věrohodné údaje o skutečné ceně za kW instalovaného výkonu a o ceně za kWh vyrobené elektrické energie nejdříve v letech 2035 až 2040. Teprve pak tato tzv. "tvrdá" data ukážou, zda se podařilo dosáhnout výrazného snížení cen oproti velkým blokům, které dnes slibují autoři jednotlivých projektů.

## **Jaderné ženy se sešly v Brně. Obdivovaly vilu Tugendhat a zvolily novou předsedkyni**

*Eva Fruhwirtová, členka rady WIN*

Ve čtvrtek 17. září se přes třicet členek WIN Czech sjelo z celé republiky do Brna. Čekal je zajímavý celodenní program. Při ranní kávě si vyměnily zkušenosti ze svých zaměstnání i z toho, jak strávily nouzový stav na jaře letošního roku. Poté se přesunuly do vily Tugendhat. Během hodiny a půl dlouhé komentované prohlídky obdivovaly skvostnou architekturu se všemi jejími detaily. Přesto, že vila je „stará“ devadesát let, svým designem, užitím racionality a nadčasovým vizionářským přístupem architekta překonala nejen svou dobu, ale i doby další. Do toho prostoru vsadil spisovatel Simon Mawer příběh brněnské židovské rodiny ve své knize Skleněný pokoj. Ačkoliv se jedná o beletrii se smyšlenými postavami, „hlavní roli“ hraje vila a její architektura.

### **Návštěva školicího střediska ČEZ**

Poučná byla návštěva školicího střediska ČEZ, které se nachází v Brně v Lesné. Pro lepší představu – jedná se o školu pro pracovníky jaderných elektráren. Odborná příprava podléhá licenci Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Školí se zde například všichni budoucí pracovníci blokové dozorny, směnoví inženýři, fyzici, chemici i pracovníci radiační ochrany. „Každý rok u nás absolvuje školení pět až deset operátorů, kteří pak odcházejí pracovat do Dukovan, a stejný počet se

týká Temelína. Na řízení jaderné elektrárny se připravují rok a půl,“ přiblížila Dana Brounková. Stejně jako jsou na vysokých školách různé obory a specializace, podobně tomu je i na školicím středisku. Dvacet lektorů zde vyučuje dvaadvacet specializací. „Jsme v úzkém kontaktu s provozem. Učí u nás lidé z praxe a jejich velkou přidanou hodnotou je to, že umí předávat informace i zkušenosti.“

Valná hromada zvolila předsedkyni WIN Larisu Dubskou

Poslední částí programu byla volební valná hromada. Přítomné členky zvolily na další období do svého čela stávající předsedkyni Larisu Dubskou a schválily také složení rady WIN ČR. Zhodnotily dosavadní činnost a diskutovaly také nad plánem aktivit na další rok, včetně jarního setkání „winek“, které by mělo již tradičně obsahovat vzdělávací prvek. S velkou pravděpodobností bude jarní setkání spojeno s tématem zpracování a ukládání radioaktivních odpadů. Průběžně budou také WINky naplňovat své poslání osvěty veřejnosti prostřednictvím informačních kanálů, jako jsou webové stránky nebo Facebook a osobním setkáváním.

# Z našeho facebooku: Historie a současný stav nového jaderného zdroje pro ČR

Zpracoval Miroslav Gleitz, Ústav energetiky, FS ČVUT v Praze

*Přípravy, výstavba a spouštění tak velkého průmyslového objektu, jakým jsou jaderné elektrárny, je vždy událost hodna velké pozornosti jak odborné, tak i veřejné společnosti, v samotném státě tak i v celém světě. Není tedy divu, že ne vždy je průběh jednotlivých etap úplně bezproblémový. Různé země se s průběhem vyrovnávají různým způsobem. Jaderná energetika má v České republice vzhledem ke své jaderné minulosti i současnosti poměrně příznivé prostředí. Poměrně příznivé by se dalo říci i ohledně plánované výstavby nového jaderného zdroje (NJZ). Mimo otázky samotné technologie a modelu financování se objevují i otázky budoucího složení energetického mixu země a v neposlední řadě politická korektnost. O významné roli jaderné energetiky v budoucím složení energetického mixu České republiky již poměrně panuje shoda a model financování výstavby NJZ byl dojednán a schválen v těchto měsících. Nyní by již nic významnějšího nemělo bránit vypsání tendru a následnému výběrovému řízení. Že i přes příznivé prostředí v České republice není stavba nových jaderných bloků a proces její přípravy úplně jednoduchý, ukazuje následující časový harmonogram.*

**3. srpna 2009** – Společnost ČEZ zahájila výběrové řízení na výstavbu nových dvou bloků Jaderné elektrárny Temelín (ETE).

**9. února 2011** – Vláda schválila kroky nutné k dostavbě ETE, patřila mezi ně investice do přenosové soustavy nebo posílení činnosti Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB).

**18. února 2011** – ČEZ posunul termín dokončení ETE na rok 2025.

**18. ledna 2013** – Ministerstvo životního prostředí vydalo souhlasné stanovisko ke stavbě dvou nových bloků ETE.

**10. dubna 2014** – Tendr na dostavbu ETE byl zrušen, ČEZ uvedl, že bez státních garancí je dostavba nemožná. Nabídky podaly americká firma Westinghouse, rusko-české Konsorcium MIR.1200 (Škoda JS, Atomstrojexport a Gidropress) a francouzská Areva, kterou však ČEZ pro nesplnění podmínek z tendru vyřadil.

**18. května 2015** – Vláda schválila aktualizaci státní energetické koncepce, podle které budou hlavním zdrojem výroby energie v ČR jaderná energetika a obnovitelné zdroje.

**3. června 2015** – Vláda schválila Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky. Je podle něj žádoucí zahájit přípravu výstavby jednoho bloku v Dukovanech a jednoho v ETE s možností rozšíření na dva.

**1. června 2017** – ČEZ zřídil novou divizi jaderná energetika. Jejím šéfem se stal dosavadní ředitel ETE Bohdan Zronek, do jehož zodpovědnosti připadla i dostavba nových jaderných bloků.

**15. června 2017** – Stálý výbor pro jadernou energetiku rozhodl, že se uvažuje o třech modelech financování dostavby Dukovan – prvním je výstavba prostřednictvím dceřiných firem ČEZ, druhým výstavba prostřednictvím státu, kdy by stát odkoupil dceřině firmy, a třetím výstavba prostřednictvím státu, kdy by stát odkoupil přímo část ČEZ.

**13. listopadu 2017** – ČEZ požádal o posouzení vlivu nových bloků v Dukovanech na životní prostředí a ministerstvu životního prostředí předal dokumentaci pro proces EIA.

**22. listopadu 2018** – Premiér Andrej Babiš (ANO) řekl, že stavbu v Dukovanech by měla zajistit dceřiná firma ČEZ.

**18. února 2019** – Vláda změnila statut Stálého výboru pro výstavbu nových jaderných zdrojů. Předsedou se stal Babiš.

**21. února 2019** – Na konferenci o jaderné energetice Babiš řekl, že stát chce uzavřít smlouvu s ČEZ. Vládní zmocněnec Jaroslav Míl doplnil, že stát se zaměří na Dukovany.

**30. dubna 2019** – Na Evropském jaderném fóru Babiš uvedl, že optimálním řešením by byly jaderné zdroje menšího výkonu.

**24. června 2019** – Ministr průmyslu a obchodu Karel Havlíček (za ANO) řekl, že tendr na stavbu nového bloku, který by měl nahradit nynější dukovanské bloky po jejich odstavení, se bude vypisovat, až bude jasná smlouva mezi vládou a ČEZ.

**2. července 2019** – Vláda schválila, že investory nových zdrojů budou dceřiné firmy ČEZ – EDU II pro Dukovany a ETE II pro ETE. Materiál počítá s tím, že investice by měla být placena skupinou ČEZ.

**15. srpna 2019** – Havlíček uvedl, že stavba bloku v Dukovanech by mohla začít kolem roku 2030, pokud by přípravy postupovaly dobře. Blok by mohl být postaven mezi roky 2035 až 2040.

**30. srpna 2019** – Nové jaderné bloky v Dukovanech získaly kladný posudek vlivu na životní prostředí (EIA).

**16. října 2019** – Babiš řekl, že ČR musí prosadit stavbu nových bloků, i kdyby kvůli tomu mělo porušit evropské právo.

**13. listopadu 2019** – Premiér uvedl, že nový blok Dukovan se začne stavět v roce 2029, dokončen bude v roce 2036. Podle něj jde o plán, který také počítá s tím, že územní rozhodnutí pro stavbu bude vydáno v roce 2021 a dodavatel bloku bude vybrán do konce roku 2022.

**16. prosince 2019** – Představený Národní investiční plán vlády počítal se dvěma novými bloky v ČR za 300 miliard korun.

**25. března 2020** – ČEZ předal SÚJB žádost o povolení umístit stavbu nového zdroje u Dukovan. Žádost se týká dvou bloků.

**27. dubna 2020** – Kabinet přijal návrhy smluv s ČEZ o stavbě v Dukovanech pro jednání o notifikaci s Evropskou komisí.

**28. května 2020** – Babiš oznámil, že stát poskytne ČEZ na stavbu nového bloku v Dukovanech půjčku.

**10. června 2020** – Oznámeno, že ČEZ v Dukovanech předpokládá investice za 55 miliard korun, aby udržel čtyři bloky v provozu ještě 25 až 27 let. Pokračuje i v přípravách nového bloku.

**20. července 2020** – Vláda schválila model financování bloku v Dukovanech. Ten by mohl stát při výstavbě

financovat bezúročně, za provozu se počítá s dvouprocentním úrokem. Stát by se měl na stavbě podílet ze 70 procent. Zbytek by měl zaplatit ČEZ.

**28. července 2020** – Stát a ČEZ uzavřely smlouvy k plánovanému novému bloku Dukovan. Podepsali je ministr průmyslu Karel Havlíček (za ANO) a šéf energetické firmy Daniel Beneš. Současně Daniel Beneš

prohlásil, že je zde snaha vypsát tendr ještě letos v prosinci.

**27. srpna 2020** – Ministr průmyslu Karel Havlíček ubezpečuje, že se z tendru nikoho předem vyřazovat nebude

**8. září** – Podle Premiéra Babiše vybere dodavatele nového bloku Dukovan až příští vláda, která vzejde z podzimních voleb příštího roku.

## Z našeho facebooku: Úspěchy českého jaderného průmyslu

*Zpracoval Miroslav Gleitz, Ústav energetiky, FS ČVUT v Praze*

*Česká republika má díky své jaderné historii značné znalosti a zkušenosti s návrhem zařízení určených pro provoz jaderných zařízení. Bohužel ne vždy je věhlas a kvalita v ČR sídlících firem v tvrdé konkurenci mezinárodních podniků slyšet, a o to více je ku prospěchu dostávat jejich úspěchy na mezinárodním poli do širšího podvědomí společnosti.*

*Pojďme se nyní blíže podívat na dva úspěchy z letních měsíců – dodávka zařízení za stamilióny pro tureckou JE Akkyuyu a instalaci nových boroměrů na švédské JE Ringhals*

### Český jaderný zářez v Turecku. Rodinná firma dodá zařízení za stovky milionů

Ve stínu chladících věží Jaderné elektrárny Dukovany vyrůstá nový český šampion v energetické strojařině. Firma MICO právě uspěla v soutěži na dodávky komponent pro první tureckou jadernou elektrárnu Akkyuyu, kterou staví ruský Rosatom. Kontrakt za nižší stovky milionů korun navíc třebešské rodinné firmě může otevřít cestu k dalším zakázkám.

„Do Turecka budeme dodávat výměníky určené k dochlazování vody, která jde z turbíny. Jde tedy o turbínový ostrov v nejaderné části. Je to práce zhruba na tři roky, s prvními dodávkami začneme ve druhé polovině příštího roku,“ přibližuje spoludávatel a šéf firmy Jirí Denner. Vůbec první velkou zakázku pro Rosatom však představovaly čtyři více než stotunové vysokotlaké ohříváky, které firma dodala na přelomu roku do kalininské jaderné elektrárny. Dodávka umožní zvýšit výkon zařízení. „Budeme se snažit uspět i v dalších projektech. Každá taková reference je neskutečně důležitá,“ říká Denner.

Výhodou podle něj je, když se firma zapojí co nejdříve na počátku výstavby. „Právě to se nám podařilo při dodávkách pro britskou jadernou elektrárnu Hinkley Point. Postupně se nám tam daří vyhrávat další kontrakty, jen na palivových nádržích a zásobnicích

bychom postupně mohli odvést práci za 40 až 60 milionů liber (tedy 1,15 až 1,72 miliardy korun),“ říká Denner. „Vzhledem k tomu, že se neustále zpřísňují podmínky pro výstavbu jaderných elektráren, nemá zákazník potřebu hledat za každou cenu někoho jiného. Každý nový dodavatel pro něj může představovat poměrně velké riziko. Pokud mu vyhovuje cenové rozpětí, kvalita a termín dodání, dá přednost stávajícímu dodavateli,“ myslí si Denner.

### I&C Energo instalovalo a zprovoznilo boroměry na jaderné elektrárně Ringhals

V srpnu byla pod dohledem pracovníků z I&C Energo úspěšně dokončena instalace a zprovoznění průtočných boroměrů BorAn PN160 na 3. a 4. bloku jaderné elektrárny Ringhals. Boroměry (zařízení pro měření koncentrace izotopu <sup>10</sup>B nebo koncentrace kyseliny borité H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) byly vyvinuty a vyrobeny firmou I&C Energo ve spolupráci s Centrem výzkumu Řež. Boroměry BorAn zajišťují měření v různých technologických okruzích jaderných elektráren včetně reaktoru, kde jsou měřené hodnoty využívány pro řízení štěpné reakce. Kromě Švédska jsou boroměry od I&C Energo v provozu na jaderných elektrárnách v dalších pěti zemích.

## Z našeho facebooku: Jádro v Čechách

*Zpracoval Miroslav Gleitz, Ústav energetiky, FS ČVUT v Praze*

*Krátký přehled událostí, které se staly během letních měsíců z domova i ze světa. Z domova je s přehledem nejdůležitější novinkou schválení financování NJZ. Dále stojí za zmínku nový a výkonnější trenažér Dukovany a tip na výlet po první jaderné vinici na světě, opět v Dukovanech. Zmíněn bude taktéž Reaktor LVR-15 a jeho světovém význam v produkci izotopu Molybden 99, který také nedávno úspěšně prošel prověrkou MAAE a postoj Vysočiny k umístění hlubinného jaderného úložiště.*

### Elektrárna Dukovany bude mít za sto milionů výkonnější trenažér Dukovany

Jaderná elektrárna Dukovany bude mít do dvou let výkonnější trenažér. Jde o pracoviště používané pro výcvik personálu i při ověřování zvažovaných změn technologie. Po úpravách zhruba za sto milionů korun budou mít Dukovany podle firmy ČEZ jeden z

nejmodernějších výcvikových trenažérů a displejových simulátorů ve světě.

Vyplývá to z tiskové zprávy elektrárny. "Simulátor neslouží pouze k výcviku a tréninku operátorů a obslužného personálu, ale často a efektivně jej používáme i při ověřování zvažovaných změn technologie," uvedl ředitel elektrárny Roman Havlín. Funkčnost navrhovaného řešení je tak podle ředitele

možné ověřit ještě před jeho projektováním. Jaderné elektrárny Dukovany i Temelín mají pro výcvik personálu každá svůj simulátor, který je přesnou kopií blokových dozoren. V Dukovanech byl trenažér zprovozněn v roce 2000. Výcviku se na něm ročně účastní okolo 100 pracovníků, rozsah výcviku stanovuje atomový zákon. Práce na modernizaci dukovanského trenažéru už začaly. Výcvik pracovníků bude zatím podle mluvčího elektrárny Jiřího Bezděka umožňovat v původním rozsahu. V nové podobě by ho mohli operátoři poprvé naostro vyzkoušet ve druhé polovině roku 2022. Vzhled trenažéru se podle firmy ČEZ na první pohled nezmění. Nový software ale umožní detailnější a věrohodnější simulaci procesů v reálném čase. Bude při ní možné využít matematické rovnice, které vyžadují vysoký výpočetní výkon počítačů. Dukovany s celkovým výkonem 2040 megawattů mají čtyři jaderné bloky, které byly zprovožňované v letech 1985 až 1987.

### **První jaderná vinice na světě. Zelená se pod věžemi v Dukovanech**

Největší vinohrad na světě, který se nachází v těsné blízkosti chladicích věží a je součástí širšího areálu elektrárny, se zelená přímo pod dukovanskými chladicími věžemi. Dukovanská jaderná vinice se nachází v prostoru mezi stávající elektrárnou a připravovaným novým jaderným zdrojem. Navštívit ji může každý, je volně přístupná. Turisty k vinohradu dovede polní cestička na západní straně elektrárny, která ústí ze silnice k obci Rouchovany.

"Elektrárna Dukovany se nachází v blízkosti Znojenské vinařské podoblasti. Proto jsme pro vinohrad zvolili odrůdy Sauvignon a Ryzlink rýnský, které jsou pro tuto oblast typické," řekl ředitel dukovanské elektrárny Roman Havlín. Jaderný vinohrad energetici ve spolupráci s místními vinaři vysadili už na podzim 2018. V rámci oslav 35 let od zahájení bezpečného a spolehlivého provozu elektrárny jej nyní představili veřejnosti. Místní kamenitá půda je pro vinohrad velice výhodná. „Využívá naakumulovaného tepla ze slunečního záření a díky mírnějším změnám teplot mezi dnem a nocí dochází k lepšímu vyzrávání hroznů a hromadění aromatických látek,“ popsal zdejší prostředí Zbyněk Prokeš, který zajišťuje odborný dohled a správu vinohradu. Víno z jaderné vinice nebude nikde k dostání, elektrárna je využije jako dárek. Dukovanský vinohrad je prvním vinohradem v areálech elektráren skupiny ČEZ. Počet vysázených hlav vinné révy je 2040 kusů, což symbolizuje aktuální instalovaný výkon čtyř bloků Jaderné elektrárny Dukovany. Kněz Petr Václavek připomněl před žehnáním biblickou pasáž o správci vinice. „Pevně věřím, že nikoho z nás nepotká osud zlých vinařů z tohoto podobenství,“ prohlásil.

### **Reaktor LVR-15 v Centru výzkumu Řež zajišťuje 10 % celosvětové produkce izotopu molybden 99.**

Molybden 99, který je mateřským radionuklidem pro přípravu technecia 99, celosvětově nejpoužívanějšího radionuklidu v lékařské diagnostice. Řežský reaktor se tak zařadil na páté místo na světě v produkci tohoto klíčového izotopu.

Technecium 99 (99Tc) se každý rok jako radioindikátor uplatní při desítkách milionů diagnostických zákroků. Radionuklid je nejprve navázán na farmakum, které se vpraví pacientovi do těla a sleduje se jeho kumulace. Oblast, kde se bude radiofarmakum kumulovat, je určena právě zvoleným farmakem, na nějž je 99Tc navázáno (například nádorové buňky mají oproti zbytku těla větší tendenci propouštět velké molekuly, třeba polymerních nosičů léčiva). Následuje vyšetření pacienta na gama kameře nebo přístroji SPECT (tomografická scintigrafie). Detekci radionuklidu je možné zobrazit aktivní části nádorů, záněty, léze či cysty. Lze tak zobrazit i oblasti, které by na CT (počítačová tomografie) nebyly dostatečně patrné. Velmi častá jsou i vyšetření ledvin a močových cest u malých dětí, dále vyšetření srdce a klasifikace nádorů, dokonce i vyšetření celkového objemu krve.

Radionuklid navázaný na farmakum musí mít vhodný poločas rozpadu. Ten nesmí být ani příliš krátký (aby bylo možné jej přepravovat), ani příliš dlouhý (aby se radionuklid nehromadil v těle). Bývá to od dvou hodin až po několik desítek hodin. Dále je třeba, aby byl radionuklid při rozpadu zdrojem gama záření o energii řádově stovky keV. V případě nízké energie záření by ho bylo obtížné detekovat. A samozřejmě nesmí být radionuklid ani produkty jeho přeměny toxický. Tyto produkty by také měly být buď stabilní, nebo s poločasem rozpadu v řádu stovek let tak, aby byly z těla vyloučeny a nezatěžovaly organismus.

### **Prověрка MAAE prokázala zvýšení bezpečnosti na českém reaktoru LVR-15.**

Jaderná bezpečnost je klíčovým prvkem provozu každého jaderného zařízení. Mezinárodní agentura pro atomovou energii prostřednictvím misí kontroluje jaderná zařízení a upozorňuje na možná vylepšení jak organizačních, tak provozních bezpečnostních programů. Nedávno taková mise zkontrolovala český výzkumný reaktor LVR-15.

Česká republika provozuje celkem 9 štěpných jaderných reaktorů (6 energetických, 2 výzkumné a 1 výcvikový). Bezpečnost provozu takových zařízení je klíčová a její zvyšování patří mezi hlavní zájmy provozovatelů takových zařízení. Jadernou bezpečnost lze zvyšovat především díky bezpečnostním standardům a doporučením mezinárodní agentury, či připomínkám a návrhům externích agentur.

Mezinárodní agentura pro atomovou energii prostřednictvím svých misí hodnotí jaderné provozy v členských státech. Mise jsou dobrovolné a jejich hlavním cílem je zvýšit jadernou bezpečnost daného zařízení pomocí identifikace slabých míst v zařízení. Integrované bezpečnostní hodnocení výzkumných reaktorů (mise INSARR) jsou prováděny na žádost členského státu.

Podobná mise nedávno navštívila výzkumný reaktor LVR-15 v Řeži u Prahy. Hlavním cílem mise bylo zhodnotit stávající stav zařízení i personálu a vyhodnotit zahrnutí připomínek z předchozí mise. Ta byla vyslána v roce 2003.

Šestičlenný tým mise INSARR hodnotil bezpečnost reaktoru LVR-15 celkem 8 dní. Mezi členy byli nejen pracovníci MAAE, ale také odborníci z Argentiny,

Nizozemska a Slovenska. Členové hodnotili nejen organizaci a vedení, ale i technické aspekty. Mezi ty patřily například bezpečnostní analýzy, programy provozu a údržby, radiační ochrana či experimentální vybavení reaktoru.

Nedávno provedená mise INSARR byla první misí provedenou od začátku pandemie COVID-19.

Členové mise pochválili efektivnost zajištění administrace a bezpečného provozu zařízení během pandemie. Také zjistili zdokonalení nejen ve výcvikových plánech a údržbě zařízení, ale také při generační obměně personálu.

Navzdory tomu mise doporučila další zvyšování bezpečnosti na LVR-15. Mezi hlavní oblasti k vylepšení patří posílení organizační struktury a jasné vymezení rolí a povinností zaměstnanců, zvýšení účinnosti výboru pro bezpečnost v rámci Centra výzkumu Řež (CVŘ) pomocí rozšíření jeho působnosti. Na závěr by měly být zpracovány pracovní procedury zahrnující nové experimenty, modifikace, či provozní bezpečnostní programy.

Dle závěrečné zprávy týmu MAAE by pracovníci měli zapracovat také na procedurách řešení abnormálních situací jako je například zaplavení, seismická aktivita či celková ztráta napájení. Standardní provoz by měl být doplněn a zdokonalen zejména v rámci instrukcí pro pracovníky a praktikách radiačního monitorování.

"Požádáním o misi INSARR CVŘ ukázalo své silné závazky k bezpečnosti a jejímu dalšímu zvyšování. Vzhledem k dlouhé životnosti a využívání reaktoru, by měly pokračovat práce na úpravách a modernizaci zařízení. Tyto práce by měly být rozšířeny o bezpečnostní analýzy a procedury identifikované k možnému vylepšení," sdělil Amgad Shokr, vedoucí oddělení bezpečnosti reaktorů v MAAE.

"Vážíme si podpory MAAE zejména s ohledem na omezení vyplývající z celosvětové pandemie. Mise INSARR nám poskytuje cenná doporučení a návrhy v rámci dalšího zvyšování bezpečnosti provozu. Zavázali jsme se k jejich zavedení na našem zařízení," uvedl Ján Milčák, vedoucí oddělení provozu reaktoru v CVŘ

### **Vysočina se nepostavila proti umístění jaderného úložiště**

Vysočina se nepostavila proti umístění jaderného úložiště, 21 zastupitelů vůbec nehlasovalo.

Zastupitelé Kraje Vysočina se na svém posledním jednání před krajskými volbami nepostavili proti možnosti umístit v kraji hlubinné úložiště radioaktivních odpadů.

Návrh na vyslovení nesouhlasu s možným úložištěm jaderného odpadu připravili opoziční lidovci, krajská rada ho ale na svém posledním zasedání doporučila schválit. Na dnešním jednání zastupitelstva pro něj ale zvedlo ruku jen osm krajských zastupitelů, nikdo nebyl proti a tři zastupitelé se hlasování zdrželi. Dalších 21 členů zastupitelstva nehlasovalo.

Kromě lidovců podpořili návrh dva občanští demokraté. „Mrzí mě, že jste nenašli odvahu se k této záležitosti vyjádřit,“ řekl po hlasování zastupitel Vít Kaňkovský, který je i poslancem a lídrem lidovců v krajských volbách. Uvedl, že se to stalo na rozdíl od

Plzeňského kraje a Jihočeského kraje, které se svých občanů v této záležitosti zastaly.

Zastupitelé Vysočiny o návrhu hlasovali po krátké debatě. Kaňkovský v úvodu odkázal i na to, že stále chybí zákon, který by dával dotčeným obcím rovnocenné postavení v procesu výběru lokality pro úložiště. „Považuji za správné vyslat signál, že nám to není jedno,“ řekl Zdeněk Geist (ODS).

Zastupitel Josef Zahradníček z KSČM naopak označil hlubinné úložiště za velice odbornou záležitost. „Najít vhodnou lokalitu nemůže být otázkou předvolebního boje, jak je z dnešního jednání patrné,“ řekl.

„Byla to parodie na zodpovědný přístup k voličům, kdy 21 přítomných zastupitelů vůbec nehlasovalo,“ řekl starosta Rudíkova Zdeněk Souček (nestraní). Rudíkov je v lokalitě Horka zvažované pro úložiště, stejně jako městys Budišov. Starosta Budišova Petr Piňos (ČSSD) znovu potvrdil to, že tamní obce úložiště nechtějí. „Budeme proti tomu bojovat, protože věříme, že jsou jiná řešení,“ řekl.

Rada Správy úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) v červnu schválila zúžení možných lokalit pro hlubinné úložiště jaderného odpadu z devíti na čtyři. Z Vysočiny jsou to Horka na Třebíčsku a Hrádek na Jihlavsku. Finální slovo bude mít vláda. Starostové z obou lokalit v kraji úložiště dlouhodobě odmítají a minulý týden se vyjádřili, že o podporu krajských zastupitelů stojí.

Obce z obou území na Vysočině počátkem léta požádaly o schůzku premiéra Andreje Babiše (ANO). Premiér pak postoupil žádost vicepremiérovi Karlu Havlíčkovi (za ANO). Obce z Hrádku informovaly o tom, že s ním mají na úterní odpoledne naplánovaný videohovor. Havlíček zase uvedl, že postupně jedná se starosty všech lokalit zvažovaných pro hlubinné úložiště, které poradní panel expertů v technickém podkladu pro vládu vyhodnotil nejlépe.

„Probíráme aktuální stav, vysvětlujeme si další kroky, zajímá mě samozřejmě zpětná vazba přímo z místa. Také nastavujeme další komunikaci, která se se samosprávami uskutečňuje průběžně po celou dobu, co se hlubinné úložiště v ČR řeší. Se starosty jsem zpravidla dohodl či chci se domluvit na osobním setkání na místě, jsou velmi rozumní, chceme posílit komunikaci a ekonomickou podporu dotčených obcí,“ uvedl ministr.

Postup státu při hledání úložiště dlouhodobě kritizuje Platforma proti hlubinnému úložišti, která sdružuje 35 obcí a měst a 16 spolků. V dnešní tiskové zprávě uvedla, že vítá informaci, že vládní úřady přestaly odmítat variantu dlouhodobého skladování vyhořelého jaderného paliva jako alternativu k rychlé přípravě a výstavbě hlubinného úložiště.

„SÚRAO uzavřelo smlouvu o dílo s firmami ÚJV Řež, SATRA s. r. o. a Mott MacDonald CZ, s. r. o., které mají do začátku roku 2021 všestranně zhodnotit možnosti dlouhodobého skladování vyhořelého paliva u obou jaderných elektráren případně v centrálním podzemním skladu Skalka na Vysočině,“ uvedla platforma.

Úložiště, v němž by měly být trvale v hloubce půl kilometru uloženy tisíce tun vyhořelého paliva z jaderných elektráren, má v ČR vzniknout do roku 2065.

Nyní se vyhořelé palivo z jaderných bloků ukládá do meziskladů přímo v areálech elektráren.

## Z našeho facebooku: Jádru ve světě

Zpracoval Miroslav Gleitz, Ústav energetiky, FS ČVUT v Praze

*Krátký přehled událostí, které se staly během letních měsíců ve světě. Článek se věnuje novinkám z Ruska, Finska, Bulharska, Francie a Polska, mimo Evropu pak Kanadě, Mexiku, Turecku, Spojených Arabských Emirátech, Číně, Indii a Pákistánu.*

### Rusko

#### **Recyklované palivo MOX je nyní možné zavážet do reaktoru BN 800 na JE Bělojarsk 4.**

Začala výroba první závazky recyklovaného paliva MOX se směsným oxidem uranu a plutonia pro 4. blok jaderné elektrárny Bělojarsk v Rusku. Palivo bylo kompletováno v důlním a chemickém kombinátu v Železnogorsku v Krasnojarské oblasti, objem závazky je 169 palivových souborů. 4. blok JE Bělojarsk je blok s rychlým reaktorem BN 800. Byl poprvé uveden na minimální regulovaný výkon v červnu 2014. Spouštění pokračovalo po úpravách paliva v srpnu 2015 a v listopadu 2015 byl opět uveden na minimální regulovanou úroveň výkonu. K rozvodné síti byl blok připojen 10. prosince 2015. Reaktor s výkonem 789 MWe vstoupil do komerčního provozu dne 31. října 2016. V cílovém stavu by měl reaktor pracovat jako jeden z článků tzv. uzavřeném palivovém cyklu.

#### **Zavážení paliva začíná u Leningradu II-2**

První ze 163 palivových sestav byla zavezena do druhého bloku jaderné elektrárny Leningrad II. Tento krok znamená začátek fyzikálního spouštění JE Leningrad II-2. Po zavezení paliva se reaktor uvede na minimální regulovatelnou úroveň výkonu (až 1 %) a budou se testovat všechny parametry štěpné reakce.

JE Leningrad II nahradí postupně odstavované staré bloky s reaktory RBMK. Po uvedení do provozu příští rok se nová jednotka stane čtvrtým provozovaným blokem s reaktorem VVER-1200. Andrei Petrov, generální ředitel provozovatele zařízení Rosenergoatom, uvedl: „Zahájení fyzikálního spouštění znamená, že všechny práce spojené s výstavbou jednotky jsou dokončeny. Dnes tak získává blok status „jaderné energetické zařízení“, a jaderní specialisté přebírají odpovědnost za bezpečné manipulace na zařízení.“ Stávající JE Leningrad v Sosnovém Boru má čtyři jednotky RBMK-1000 jako Leningrad I. Nové bloky stavěné jako Leningrad II budou mít čtyři reaktory VVER-1200. Leningradský blok I-1 byl odstaven z provozu 21. prosince loňského roku. Blok JE Leningrad II-1 byl připojen k rozvodné síti 9. března 2018 a stal se druhým reaktorem VVER-1200, který byl spuštěn, po zahájení provozu jednotky Novovoronezh 6 v roce 2016. Další bloky VVER 1200 MWe jsou stavěny v Bangladéši, Bělorusku, Číně, Finsku, Maďarsku a Turecku.

### Finsko

#### **Finský Fortum plánuje prodloužit provoz jaderné elektrárny Loviisa**

Finská energetická společnost Fortum oznámila zahájení posouzení vlivů na životní prostředí (EIA) pro pokračování provozu dvou reaktorů v lokalitě Loviisa nad rámec jejich stávajících provozních licencí. Proces, který se skládá ze dvou fází, má trvat 18 měsíců.

Blok 1 JE Loviisa vstoupil do komerčního provozu v roce 1977 a v současnosti má platnou provozní licenci do konce roku 2027. Komerční provoz druhého bloku začal v roce 1981 a má licenci pro provoz do konce roku 2030. Oba reaktory jsou typu VVER-440.

V rámci EIA mají být uvažovány dvě varianty. Pokračování provozu na dalších 20 let od konce platnosti stávajících licencí anebo vyřazení elektrárny na konci stávajících provozních licencí.

Samotného procesu se budou účastnit také dvě finská ministerstva. Ministerstvo pro ekonomické záležitosti a zaměstnanost bude koordinačním orgánem pro celý projekt. Ministerstvo životního prostředí naopak bude zodpovědné za mezinárodní konzultace.

„Z hlediska technologií je elektrárna Loviisa v dobrém stavu a splňuje stávající bezpečnostní požadavky. Posouzení vlivů na životní prostředí, které bude nyní provedeno, nám pomůže získat data pro případné podání žádosti o novou provozní licenci“, uvedl Thomas Buddas, zástupce ředitele v elektrárně Loviisa.

Podle Fortumu bylo za posledních 5 let do JE Loviisa investováno 450 milionů EUR. Koeficient využití pro JE Loviisa činil v minulém roce 92,4 %. Minulý rok tak elektrárna vyrobila 8,2 TWh elektrické energie (netto), což činí více jak 10 % finské spotřeby elektrické energie. Čtyři finské reaktory pokrývají přibližně 30 % finské výroby elektřiny.

Podle společnosti Fortum je díky dvěma reaktorům v JE Olkiluoto a dalším dvěma v JE Loviisa podíl jaderné energie v energetickém mixu přibližně 30 %. Ve výstavbě se stále nachází 3 blok JE Olkiluoto. Další blok je plánován v JE Hanhikivi, podle stávajících plánů by měl vstoupit do komerčního provozu v roce 2028.

Finská vláda plánuje vyřadit uhelné elektrárny do roku 2029, minulý rok tamní vláda oznámila svůj úmysl dosáhnout uhlíkové neutrality do roku 2035.

## **Výstavba finské jaderné elektrárny Olkiluoto 3 se kvůli koronaviru protáhne téměř o rok**

Nový třetí blok jaderné elektrárny Olkiluoto zná harmonogram uvádění do provozu, který musel být z důvodu koronavirové pandemie aktualizován. Oproti tomu posledního došlo k posunutí závazky paliva do reaktoru o devět měsíců na březen 2021. Další milníky, jako je připojení k síti a zahájení komerčního provozu, byly posunuty o měsíců jedenáct na přelom roku 2021 a 2022. Doba výstavby tohoto bloku typu EPR se tak protáhne nejméně na 17 let.

Finská společnost Teollisuuden Voima Oyj (TVO), provozovatel nového bloku jaderné elektrárny Olkiluoto, obdržela od konsorcia Areva-Siemens očekávaný aktualizovaný harmonogram projektu. Zpoždění, jež TVO očekávalo z důvodu koronavirové pandemie, dosáhne v konečném důsledku téměř jeden rok.

„Vzhledem k pandemii COVID-19 pokračovaly práce na staveništi Olkiluoto 3 za přijetí zvláštních opatření. Nyní se připravujeme na závazku paliva, což je pro nás velký a důležitý krok,“ uvedl Jouni Silvennoinen, ředitel projektu v TVO.

Zavázání jaderného paliva, které se mělo uskutečnit letos v červnu bylo posunuto o devět měsíců na březen 2021. O jedenáct měsíců pak bylo posunuto připojení Olkiluoto 3 k síti (z listopadu 2020 na říjen 2021) a také zahájení komerčního provozu (z března 2021 na únor 2022).

TVO uvedlo, že problémy, které způsobily zpoždění v harmonogramu projektu, jsou:

- pomalu postupující testování,
  - technické problémy, které byly zjištěny při testování,
  - zvýšení množství údržbových prací způsobených zpožděním projektu,
- nedostatek nezbytných náhradních dílů.

Výstavba třetího bloku jaderné elektrárny Olkiluoto byla zahájena v srpnu 2005 a hotova měla být po 4 letech v roce 2009. Podle posledního plánu se výstavba protáhne nejméně na 17 let.

## **Polsko**

### **Polsko chce zrychlit výstavbu jaderné elektrárny**

Polská vláda se v tomto čtvrtletí chystá schválit aktualizovanou strategii jaderné energetiky. Varšava vidí potřebu zrychlit své plány na výstavbu první jaderné elektrárny, mimo jiné proto, že potřebuje snížit emise oxidu uhličitého.

Polsko produkuje většinu elektřiny spalováním uhlí. Jadernou energii považuje za způsob, který má zemi pomoci snížit emise podle požadavků Evropské unie. Schválení vládní strategie pro jadernou energii bude znamením toho, že kabinet je v názoru na tuto otázku jednotný a že Varšava plánuje pokročit s plány, které mají už roky zpoždění.

Vláda uvedla, že základní předpoklad postavit jadernou elektrárnu o kapacitě šest a devět gigawattů se nemění. Aktualizovány však mohou být body, jako je načasování, financování a infrastruktura.

Polsko plánuje postavit svou první jadernou elektrárnu do roku 2033. Finanční plán ale zatím nebyl vypracován.

Největší energetická skupina v zemi, státní společnost PGE, na začátku tohoto roku uvedla, že si výstavbu elektrárny nemůže dovolit.

Varšava doufala, že jí z financováním pomohou Spojené státy, a poskytnou jí pro projekt i technologii. Zatím však nedostala žádný závazný příslib.

## **Kanada**

### **JE Darlington 1 dosáhla rekordu v provozování bez odstávek**

JE Darlington 1 vytvořila nový kanadský a severoamerický rekord s 895 po sobě jdoucími dny nepřetržitého provozu. Reaktor typu Candu společnosti Ontario Power Generation (OPG) je nyní online od 26. ledna 2018, aniž by bylo nutné jej kvůli údržbě nebo opravě odstavit. Candu jsou těžkovodní reaktory s tlakovými kanály (PHWR). Jsou moderované těžkou vodou a pracují s neobohaceným jaderným palivem. PHWR i pokročilé plynem chlazené reaktory (AGR) jsou navrženy pro doplňování paliva bez odstavení. Podobně jako kdysi A1 v Bohunicích. Světový rekord v nepřetržitém provozu jaderné elektrárny v současné době drží JE Kaiga 1 v Indii - také PHWR - která byla po 962 dnech provozu online odpojena 31. prosince 2019, čímž překonala předchozí rekord 940 dnů ustavený britským Heyshamem II (AGR) v září 2016.

## **Mexiko**

### **Mexická JE Laguna Verde se relicencovala na dalších 30 let**

Mexické ministerstvo energetiky (SENER) schválilo obnovení provozní licence pro blok 1 jaderné elektrárny Laguna Verde na dalších 30 let do roku 2050. Tím by měl tento blok dosáhnout doby provozu 60 let.

Provozovatel elektrárny Comisión Federal de Electricidad (CFE) předložil svou žádost Národní komisi pro jadernou bezpečnost a bezpečnostní opatření (CNSNS) o prodloužení licence pro varný reaktor o výkonu 777 MWe - jeden ze dvou v mexické jediné jaderné elektrárně - v březnu 2015. V roce 2016 zahájila implementaci programu inspekcí, zkoušek a monitorování zařízení, systémů a struktur v souladu s regulačními požadavky pro dlouhodobý provoz (LTO). Během procesu přezkumu, který trval pět let, bylo provedeno 47 programů inspekce, testování a/nebo dohledu, bylo splněno 386 dalších žádostí o informace a prostřednictvím 13 auditů a inspekcí bylo řešeno několik technických dotazů. Desetidenní mezinárodní mise SALTO (Bezpečnostní aspekty dlouhodobého provozu) prováděná Mezinárodní agenturou pro atomovou energii (IAEA) v roce 2019 zjistila, že CFE měla „dobrý základ“ pro správu LTO Laguna Verde. Přezkum mezinárodního týmu odborníků byl proveden na žádost CFE a zaměřil se na aspekty nezbytné pro bezpečné LTO obou reaktorů. Laguna Verde 1 zahájila komerční provoz v roce 1990 a Laguna Verde 2 v roce 1995. Společně tyto bloky poskytují kolem 4 % mexické spotřeby elektřiny. Životnost většiny reaktorových technologií není pevně stanovena a LTO jaderných elektráren byla úspěšně prokázána na celém světě a nyní je



standardní praxí, dosahování plánované provozní životnosti 60 až 80 let.

## **Turecko**

### **Stavba budovy prvního bloku JE Akkuyu již nabývá obrysů**

Instalace druhé vrstvy vnitřního kontejnmentu reaktorové budovy byla dokončena na prvním bloku jaderné elektrárny Akkuyu ve výstavbě v provincii Mersin v jižním Turecku. Vnitřní kontejnment je jednou z kritických součástí bezpečnostních systémů jednotky, které zabraňují uvolňování radioaktivních materiálů do životního prostředí, uvedl JSC Akkuyu Nuklear.

Výška budovy reaktoru se nyní zvýšila o 12 metrů, z úrovně 4,95 metrů na 16,95 metrů. Celková hmotnost instalované konstrukce je 411 tun a její průměr přesahuje 20 metrů, uvedl JSC Akkuyu Nuklear. Vnitřní kontejnment bude sestávat ze tří úrovní a kupole. Jakmile je instalace interního kontejnmentu dokončena, podstoupí tlakovou zkoušku těsnosti. Jednotka bude také obsahovat vnější kontejnmentovou strukturu, která bude chránit reaktor, parní generátory a další zařízení před extrémními vnějšími riziky. „Instalace druhé úrovně kontejnmentu nás přivedla o krok blíže k dokončení výstavby elektrárny 1,“ řekl Sergei Butskikh, první zástupce generálního ředitele Akkuyu Nuklear a ředitel výstavby jaderné elektrárny. „Druhá úroveň kontejnmentu je jednou z největších konstrukčních součástí budovy reaktoru, a proto je pro nás úspěšné dokončení její zvedání a instalace velmi důležitým milníkem. V další fázi bude instalovaná konstrukce dodatečně posílena a následuje instalace bednění a pak budeme pokračovat s betonovým litím.“ JSC Akkuyu Nuklear poznamenal, že nyní probíhají práce na třech ze čtyř plánovaných jednotek v Akkuyu. Betonování základové desky bylo dokončeno a core catcher (lovuška) byl nainstalován na jednotce 1, zatímco betonování základových desek reaktorového prostoru a budovy turbíny jednotky 2 se očekává, že bude brzy dokončeno. Mezitím se provádějí vrtné a trhací práce, aby se vyhloubila jáma pro jaderný ostrov 3. bloku.

Elektrárna o výkonu 4800 MWe bude zahrnovat čtyři reaktory VVER-1200 a očekává se, že splní asi 10 % elektrické energie Turecka. První podnik společnosti Rosatom, který provozuje vlastní projekty, je projekt ve výši 20 miliard USD založený na mezivládní dohodě podepsané mezi Ruskem a Tureckem v květnu 2010. Stavba jednotky 1 začala v dubnu 2018 a její základní schéma bylo dokončeno v dubnu 2019. Turecko si klade za cíl uvést jednotku 1 do provozu v roce 2023, sté výročí svého založení jako republiky. Turecký regulátor TAEK udělil v září společnosti JSC Akkuyu Nuklear stavební povolení pro 2. blok.

## **Spojené Arabské Emiráty**

### **První reaktor SAE začíná dodávat energii**

První blok jaderné elektrárny Barakah v oblasti Al Dhafrah v Abú Dhabí byl připojen k rozvodné síti a začal dodávat elektřinu do SAE. Očekává se, že jihokorejský APR 1400 vstoupí do plného komerčního provozu koncem tohoto roku. JE Baraka 1 je první jaderný energetický

reaktor v arabském světě Po obdržení provozní licence v únoru a po dokončení závážky paliva v březnu. Blok dosáhl MKV koncem července. "Bezpečné a úspěšné připojení 1. bloku k distribuční síti SAE je klíčovým okamžikem, kdy začneme plnit svou misi, která bude pohánět růst národa nepřetržitou dodávkou čisté elektřiny," řekl generální ředitel ENEC Mohamed Al Hammadi. ENEC nedávno oznámila, že dokončila výstavbu 2. bloku, Výstavba bloků 3 a 4 je nyní dokončena z 93 %, respektive 86 %. První beton pro Barakah 1 byl nalit v červenci 2012, zatímco beton pro bloky 2-4 byl nalit v dubnu 2013, září 2014 a červenci 2015.

### **Výstavba jaderné elektrárny Barakah 2 byla dokončena**

Zprovoznění druhého bloku jaderné elektrárny Barakah ve Spojených arabských emirátech má za sebou další důležitý milník. V minulém týdnu byla dokončena výstavba druhého bloku elektrárny, který byl zároveň předán provozovateli k získání provozní licence. Celkem bude elektrárna Barakah v blízkosti Abú Dhabí disponovat čtyřmi bloky typu APR1400.

Společnost Emirates Nuclear Energy Corporation (ENEC) dokončila v minulém týdnu výstavbu druhého bloku jaderné elektrárny Barakah. Blok Barakah 2, který se nachází v oblasti Al Dhafra v Abú Dhabí, byl oficiálně předán dceřiné společnosti ENEC Nawah Energy Company, která nyní může zahájit přípravy na získání provozní licence od Federálního úřadu pro jadernou regulaci (FANR).

ENEC je v závěrečné fázi výstavby celé elektrárny Barakah, která bude disponovat čtyřmi korejskými reaktory APR-1400. Po dokončení by měla elektrárna vyrobit přibližně 25 % elektřiny v zemi. Tím by měla zároveň eliminovat až 21 milionů tun emisí CO<sub>2</sub>, které by jinak vznikly spalováním fosilních paliv pro výrobu elektřiny.

„Dokončení stavebních činností na druhém bloku proběhlo v souladu s nejvyššími mezinárodními standardy bezpečnosti, zabezpečení a kvality. Předání všech systémů k uvedení do provozu společností Nawah jsou důležitými milníky, které odrážejí odhodlání a dovednosti všech účastníků Programu mírové jaderné energie Spojených arabských emirátů. Tyto úspěchy také zdůrazňují výhody budování čtyř identických reaktorů současně, protože zkušenosti získané při výstavbě bloku 1 přispěly k úspěšnému rozvoji bloků 2, 3 a 4,“ uvedl Mohamed Al Hammadi, generální ředitel ENEC.

Výstavba prvního bloku elektrárny byla dokončena v roce 2018. V únoru letošního roku pak blok získal od FANR 60letou provozní licenci. Závážka jaderného paliva byla dokončena začátkem března.

Výstavba zbývajících bloků 3 a 4 je dokončena z 92 %, respektive 85 %. Celkově je výstavba jaderné elektrárny jako celku dokončena z 94 %.

## **Čína**

### **Závážka paliva byla dokončena na JE Tianwan 5**

První zavezení jaderného paliva do 5. bloku jaderné elektrárny Tianwan v čínské provincii Ťiang-su bylo dokončeno 9. července.

Bloky 5 a 6 v Tianwanu - Tianwan fáze III - jsou bloky s reaktory ACPR 1000 (PWR) čínské provenience, které budou při uvedení do provozu produkovat každý 1080 MWe. Betonáž reaktorové části bloku 5 začala dne 27. prosince 2015, pro blok 6 dne 7. září 2016. CNNC plánuje uvést obě jednotky 5 a 6 do komerčního provozu do konce roku 2021. První čtyři jednotky JE Tianwanu jsou bloky ruské provenience VVER 1000 dodávané Ruskem, stejně jako bloky 7 a 8. Tianwan fáze I - bloky 1 a 2 - byly postaveny na základě dohody o spolupráci mezi Čínou a Ruskem z roku 1992. První beton byl nalit v říjnu 1999 a jednotky byly uvedeny do provozu v červnu 2007, respektive v září 2007. Tianwan Fáze II - jednotky 3 a 4 - jsou podobné první etapě závodu Tianwan, která se skládá ze dvou PWR VVER-1000 PWR s 1060 MWe navržených v Rusku. První beton pro 3. blok byl nalit v prosinci 2012, zatímco výstavba čtvrtého bloku byla zahájena v září 2013. 3. blok vstoupil do komerčního provozu v únoru 2018, s dalším blokem 4 v prosinci. V březnu 2019 byla podepsána obecná smlouva na fázi IV - bloky 7 a 8 - závodu Tianwan mezi Atomstroyexport, inženýrskou divizí ruské státní jaderné společnosti Rosatom, a CNNC. Když bude v provozu všech osm bloků, Tianwan se stane největší jadernou elektrárnou na světě s osmi bloky a celkovou výrobní kapacitou asi 8100 MWe. Závod Tianwan vlastní a provozuje Jiangsu Nuclear Power Corporation, společný podnik mezi CNNC (50 %), China Power Investment Corporation (30 %) a Jiangsu Guoxin Group (20 %).

### **Tianwan se stane největší jadernou elektrárnou na světě s osmi bloky**

Po dokončení výstavby se čínská jaderná elektrárna Tianwan stane největší jadernou elektrárnou na světě s osmi bloky a celkovou výrobní kapacitou 8100 MWe. Aktuálně drží prvenství japonská jaderná elektrárna Kashiwazaki-Kariwa s celkovým instalovaným výkonem 7965 MWe.

### **Čínský rychlý reaktor CEFR dokončil zkušební provozní cyklus**

Čínský experimentální rychlý reaktor (CEFR - China Experimental Fast Reactor) dokončil manuální nouzový vypínací test z plného výkonu. China National Nuclear Corporation (CNNC) tuto informaci oznámila minulý týden. Společnost uvedla, že to současně znamená ukončení testů pro uvedení reaktoru do provozu. Ověřili se konstrukční požadavky na reaktor za stabilních podmínek a očekávaných přechodových provozních podmínek.

CNNC podle serveru WNN uvedla, že dokončení testu znamená úspěšné dokončení prvního provozního cyklu CEFR. To položilo solidní základ pro závěrečnou fázi uvedení nového rychlého reaktoru do plného provozu.

Rychlý sodíkem chlazený reaktor bazénového typu CEFR byl postaven s ruskou pomocí v Čínském institutu pro atomovou energii (CIEA - China Institute of Atomic Energy). Institut sídlí nedaleko Pekingu a provádí základní výzkum v oblasti jaderné vědy a technologie. Blok s reaktorem CEFR má instalovaný tepelný výkon 65 MWt a instalovaný elektrický výkon 20 MWe. CEFR byl postaven ruským OKBM Afrikantov ve spolupráci s OKB Gidropress, NIKIET a Kurčatovovým institutem.

Základy pro CEFR byly položeny v květnu 2000. První řízené řetězové reakce dosáhl v červenci 2010 a o rok později byl připojen k síti při 40% výkonu. Od té doby byly prováděny různé zkoušky uvádění reaktoru do provozu, turbín a systému čerpání sodíku při zvyšování výkonu. V tomto období byly také provedeny zkoušky ozařování materiálů a paliv. V roce 2014 dosáhl CEFR dalšího milníku, a to splnění zátěžové zkoušky při plném výkonu po dobu 72 hodin.

Po dřívějším dokončení testů při nízkém výkonu a testů při jmenovitém výkonu zahájil CEFR v červnu 2011 zkoušky při zvýšeném výkonu. Během 40 dní provozu bylo dokončeno několik zkoušek, včetně dynamického testu řídicího systému parní turbíny a zkoušky skokového odlehčení turbíny o 75 %.

V reaktoru bude nyní probíhat výměna paliva a bude prováděna plánovaná údržba, po které budou znovu zahájeny plánované experimentální výzkumné práce.

Na základě CEFR vyvinula CIEA konstrukci reaktoru CFR-600. Výstavba tohoto reaktoru byla zahájena v roce 2017 v okrese Xiapu v provincii Fujian. Po zprovoznění má mít blok s reaktorem CFR-600 instalovaný tepelný výkon 1500 MWt a instalovaný elektrický výkon 600 MWe. Reaktor bude využívat palivovou směs oxidu uraničitého a oxidu plutoničitého (MOX).

V přípravné fázi je také návrh reaktoru CFR-1000, který má mít instalovaný elektrický výkon mezi 1000 až 1200 MWe. Pokud by došlo ke schválení konstrukce, mohla by výstavba tohoto typu reaktoru začít již v roce 2028.

## **Indie**

### **Kakrapar 3 dosahuje první kritičnosti**

3. blok jaderné elektrárny Kakrapar v okrese Surat indického státu Gujarat poprvé dosáhl trvalé řetězové reakce. Jedná se o první indický tlakovodní reaktor moderovaný těžkou vodou o výkonu 700 MWe (PHWR), který byl uveden do provozu. Zavážení paliva bylo dokončeno v polovině března.

Práce na staveništi v Kakraparu byly dokončeny do srpna 2010. První beton pro Kakrapar 3 a 4 byl v listopadu 2010, resp. v březnu 2011, po schválení AERB. V srpnu 2010 AERB schválil projekt, poté začaly práce na místě. Stavba měla trvat 66 měsíců. 5. března 2020 v písemné odpovědi na dotaz indické horní komory, sdělil státní ministr Jitendra Singh, „uvedení do provozu a prvního reaktoru 700 MWe PHWR v zemi Kakrapar 3, se očekává v říjnu a Kakrapar 4 v září 2021. Očekává se, že 700 MW PHWR ve výstavbě v Rádžasthánu bude uvedeno do provozu v březnu 2022 pro blok 7 a 2023 pro blok 8. Indie plánuje do roku 2031 uvést do provozu 21 nových jaderných energetických reaktorů - z toho 10 původně navržených PHWR - s kombinovanou výrobní kapacitou 15700 MWe, oznámilo ministerstvo pro atomovou energii v lednu 2019. Kakrapar 1 a 2 - oba PHWR s 220 MWe PHWR navrženými Indy - vstoupily do komerčního provozu v roce 1993 a 1995.

## Reaktorové bloky Kudankulam 3 a 5 dosáhly dalších stavebních milníků

Indický dodavatel Larsen & Toubro dokončil dle harmonogramu instalaci „suchého štítu“ pro reaktorovou nádobu na třetím bloku Jaderné elektrárny Kudankulam, která je budována v Tamilnádu. Kromě toho ruská společnost Atommas oznámila zahájení instalace parogenerátorů na pátém bloku této elektrárny.

Suchý štít je ocelový válec vyplněný betonem, který je umístěn kolem reaktorové nádoby. Tento štít zajišťuje snížení neutronového toku a také pomáhá chránit před přehřátím železobetonové konstrukce reaktorové šachty. Suchý štít, který váží 140 tun, byl vyroben firmou JSC Tyazhmash ve městě Syzraň, které se nachází v Samarské oblasti v Ruské federaci.

Společnost Atommas, dceřiná společnost ruského Rosatomu, již dříve vyrobila stejná zařízení i pro třetí a

čtvrtý blok elektrárny. Každý z parogenerátorů má průměr více než 4 metry, délku přibližně 15 metrů a váží 340 tun.

Nuclear Power Corporation of India staví čtyři nové reaktorové bloky (Kudankulam 3-6), každý s instalovaným elektrickým výkonem 1000 MW. V areálu jaderné elektrárny se již nachází reaktorové bloky 1 a 2, které zahájily komerční provoz v prosinci 2014, respektive v dubnu 2017.

## Pákistán

### Horké testy dokončeny v pákistánském Hualong One

Horké funkční testování reaktoru **Karáči 2** v Pákistánu bylo dokončeno 4. září, oznámila China National Nuclear Corporation (CNNC). Čínský reaktor Hualong One je naplánován na komerční provoz příští rok. Karáči 2 a 3 jsou prvním exportem čínského designu Hualong One, propagovaného na mezinárodním trhu jako HPR 1000.

## SMR a dekarbonizace průmyslu

*Jan Syblík, Ústav energetiky, FS ČVUT v Praze*

Malé modulární reaktory (SMR) jsou často skloňovaným tématem v oblasti modernizace jaderného průmyslu a energetiky. Jedná se o jaderné reaktory s elektrickým výkonem maximálně 300 MWe. Aktuální studie se zabývají nejen designem a bezpečností, ale také ekonomikou celého projektu. Diskuse ohledně SMR vedené na odborných seminářích a konferencích se vydávají dvěma směry. Prvním je otázka implementace technologií IV. generace do SMR a jaderné energetiky obecně, kdežto druhým je diskuse ohledně vytvoření sériové výroby a zavedení většího množství SMR. V tomto případě se hovoří o připravenosti trhu, ekonomice výroby, decentralizaci energetiky, veřejném mínění či osvědčených technologií. Nástup SMR IV. generace by otevřel obrovské množství možností použití malých jaderných reaktorů a nejmodernějších designů SMR.

Jak je však vidět z nynější situace na trhu s velkými jadernými zdroji, vyšších schopností využití dosahují SMR reaktory chlazené vodou při vysokém tlaku, tedy III. a III.+ generace. Reaktory IV. generace mají bezesporu velké množství výhod, mezi které patří například vysoká míra inherentní bezpečnosti. Na druhou stranu třeba s reaktory používajícími jako chladivo roztavenou sůl celosvětově chybí provozní zkušenosti, kdežto reaktorů chlazených vodou je na světě aktuálně 95 % z celkových 442 [zdroj IAEA].

SMR by měly na trhu bezesporu mimořádné výhody oproti velkým jaderným zdrojům v decentralizaci energetiky. Oproti ostatním zdrojům elektrické energie mají SMR, stejně jako velké jaderné zdroje, velké výhody. Je to například extrémní šetrnost k životnímu prostředí, bezpečnost celého systému nebo mnohem nižší závislost na dovážených surovinách jako je tomu v případě plynových elektráren, jelikož zásoba jaderného paliva je objemově mnohem menší a tím i strategičtější než silná závislost na plynu.

Mezi možnostmi využívání SMR patří vedle výroby elektrické energie například dálkové vytápění, výroba vodíku, odsolování, výroba procesního tepla pro chemické nebo výrobní procesy, pokročilé procesy přeměny energie

jako je zkapalňování uhlí, zpracování ropy a petrochemická výroba.

Návrhy na propojení jaderného průmyslu s dalšími odvětvími jsou hojně vymyšleny a skloňovány v literatuře, kde se bohužel často fantasmii meze nekladou. Jako příklad je zvolena petrochemická výroba.

Jaderný průmysl i petrochemický průmysl jsou již samy o sobě silně interdisciplinární odvětví. Propojení by přineslo určité výhody pro obě části, avšak z hlediska bezpečnosti je to zatím zcela vyloučené. Jednotky SMR by mohly při zpracovávání produktů z ropy výborně sloužit díky vysokým dosahovaným teplotám média vystupujícího z AZ. V případě PBMR je možné dosahovat teploty pracovního média cca. 900 °C, LFR slibují kolem 800 °C, GFR 850 °C a mimo další i projekt ALLEGRO předpokládá teplotu chladiva okolo 800 °C.

Pro petrochemický průmysl hraje zásadní roli právě vysoká teplota. Existuje nespočet petrochemických endotermních procesů, které by byly vhodné pro propojení či využití teploty pracovního média z jaderných reaktorů.

Příkladem takového procesu může být obecně pyrolýza uhlovodíkových surovin. Jedná se o energeticky náročný proces, kde se reakční teploty pohybují mezi 800-850 °C. Speciální aplikací procesu pyrolýzy pak může být pyrolýza v elektrickém oblouku nebo pyrolýza v reakčních pecích, které probíhají při teplotách kolem 1500 °C. Nevýhodou těchto procesů je právě vysoká energetická náročnost. Tímto procesem se vyrábí například ethylen, propylen nebo acetylen, který slouží mimo jiné jako surovina pro výrobu polyvinylchloridu (PVC).

Dalším příkladem petrochemického procesu, kde je zapotřebí reakčních teplot kolem 600 °C je hydrodealkylace nebo disproporcionace toluenu na benzen.

Posledním zde uvedeným procesem je výroba buta-1,3-dienu oxidativní dehydrogenací butanu anebo butenu vodní parou za přítomnosti vzduchu. Tento proces probíhá za reakčních teplot 480–600 °C. Při tomto procesu by bylo možné využít teploty pracovního média například na výrobu vodní páry.

V některých studiích se kvůli značnému množství havárií v petrochemickém průmyslu analyzují pouze ty s minimálně jedním zraněním zaměstnance a pro analýzy havárií v tomto odvětví fungují různé informační systémy (ARIA, CSB, RISCAD či MARS).

Představa o přiblížení jaderného reaktoru k chemickému závodu je však silně zarážející i pro nezasvěcenou část populace. Neodlučitelným tématem spojeným s jadernou energetikou je totiž extrémní důraz na bezpečnost systému, který nemá v ostatních odvětvích průmyslu obdoby. První překážkou tak je samotná legislativa. Podle vyhlášky o umístění jaderného zařízení č. 378/2016 Sb., je v § 3 psáno: „Vlastnostmi území k umístění jaderného zařízení, posuzovanými z hlediska jejich způsobilosti ovlivnit jadernou bezpečnost, radiační ochranu, technickou bezpečnost, monitorování radiační

situace, zvládnání radiační mimořádné události a zabezpečení během životního cyklu jaderného zařízení, jsou výskyty jevů, které mají původ v činnosti člověka, a to provozu zařízení, ve kterém se nacházejí nebo z něj se uvolňují látky snadno hořlavé, výbušné, toxické, dusivé, s korozivními účinky nebo radioaktivní ...“.

Na daných příkladech je patrné, že možností pro využití SMR je mnoho. Stejně jako dekarbonizace chemického průmyslu by mohly posloužit SMR při výrobě oceli, betonu či hliníku (poptávka po těchto komoditách stále roste a nejpravděpodobněji tomu bude i v budoucnu), tak i v ostatních odvětvích by měly být SMR vítanou příležitostí při snižování emisí skleníkových plynů. Pokud se však nepřiblížíme implementaci známých technologií SMR do energetiky, potom bude těžké tak učinit s reaktory gen IV právě vzhledem k minimálním provozním zkušenostem.

## Reaktor Brest OD-300

*Tomáš Nikl, Ústav energetiky, FS ČVUT v Praze*

Brest OD-300 je inovativní demonstrační projekt rychlého reaktoru (projekt Proryv) s vysokou úrovní pasivní bezpečnosti a možností provozu uzavřeného palivového cyklu. Jeho cílem je efektivnější využití přírodního uranu, než je tomu v tepelných reaktorech, eliminace havárií s nekontrolovatelným nárůstem výkonu a zároveň ekonomická konkurenceschopnost v porovnání s alternativními zdroji energie. Projekt Proryv je realizován v areálu SCC JSC Seversk (Sibiřský chemický komplex, závod zabývající se mimo jiné zpracováním uranového paliva pro jaderné elektrárny a člen skupiny Rosatom TVEL).

### Konstrukce reaktoru

Jedná se o dvouokruhový rychlý reaktor bazénového typu s použitím olova jako chladiva. Aktivní zóna reaktoru s olověnými reflektory se nachází uprostřed betonové šachty reaktoru spolu s řídicími a bezpečnostními prvky. Přenos tepla z aktivní zóny je uskutečněn pomocí čtyř smyček částečně nucenou cirkulací. Parogenerátory se nacházejí v betonové šachtě reaktoru a cirkulace chladiva (olova) zde probíhá díky jeho „rozvrstvení“ podle teploty, což vylučuje vstup chladiva s párou do aktivní zóny v případě poruchy parogenerátoru (prasklina na trubce). Tepelné namáhání betonové šachty reaktoru je snižováno pomocí přirozené cirkulace vzduchu.

Přebytek štěpných neutronů v AZ umožňuje převést  $^{238}\text{U}$  v palivo na  $^{239}\text{Pu}$  s reprodukčním koeficientem  $KV > 1$  díky obsahu izotopu  $^{238}\text{U}$  více než 99% v přírodním uranu. Palivo se zde vyrábí nitridací směsí uranu a plutonia.

### Přednosti projektu Brest OD-300

Hlavní předností projektu Brest OD-300 je jeho vysoká míra pasivní bezpečnosti. Ta je dána z části použitím olova jako chladiva a z části použitím hustého vysoce tepelně vodivého paliva. Pasivní bezpečnost reaktoru spočívá v eliminaci dvou případů nejzávažnějších havárií: nekontrolovatelného růstu výkonu a ztrátou chlazení aktivní zóny.

Použití vysokoteplotního olova (s maximální možnou teplotou okolo  $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) jako chladiva eliminuje nehody při požárech a výbuších, protože je při kontaktu se vzduchem nebo vodou chemicky inertní a reaktor je provozován na nízkém tlaku. Jeho vysoká teplota tání (okolo  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) přispívá k samovolnému zacelování trhlin nacházejících se v betonové šachtě reaktoru a tím minimalizuje úniky chladiva. Olovo je také odolné vůči záření. Vysoká tepelná vodivost olova umožňuje stálý odběr tepla z aktivní zóny a znemožňuje přehřátí olověného okruhu. Nevýhodou při použití olova jako chladiva je jeho vyšší potenciál k selektivní korozi ocelí.

### Technické parametry:

Výkon:	300 MWe/700 MWt
Teplota na vstupu/výstupu z AZ:	420/540 $^{\circ}\text{C}$
Palivo:	nitridické, PuN, UN
Obohacení paliva:	13,5 %
Palivový cyklus:	5-6 let s částečnou výměnou paliva po 1 roce
Projektovaná životnost:	30 let

Použití nitridového hustého vysoce tepelně vodivého paliva společně s olověným chladivem vytváří podmínky pro dosažení plné reprodukce štěpných nuklidů a stabilizaci vlastností reaktoru, což umožňuje práci s malou a stabilní rezervou reaktivity. To vede k eliminaci havárií s nekontrolovatelným nárůstem výkonu a k eliminaci následné degradace paliva a únikem radioaktivních látek do okolí.

Pasivní bezpečnost reaktoru však nevylučuje možnost „běžných“ havárií způsobených poruchou systému nebo lidským zaviněním. Tyto havárie by však neměly představovat riziko v podobě úniku radioaktivních látek do okolí.

Další předností projektu je provoz uzavřeného palivového cyklu. Provoz je umožněn díky použitím technologií pro regeneraci a rafinaci vyhořelého paliva,

což zahrnuje hrubé vyčištění vyhořelého paliva od štěpných produktů, přidání ochuzeného uranu do vyčištěné směsi (U-Pu-MA), nitridování a výrobu nového paliva. Díky tomu se MA (minor actinides) vracejí zpět do aktivní zóny, kde dochází k jejich vyhoření. Separované štěpné produkty se uskladní a po jejich částečném vyzáření se uloží. Doba přepracování a výroby nového paliva je shodná s dobou kampaně a dle výpočtů by měl reaktor na počátku osmého cyklu pracovat jen s regenerovaným „vyrobeným“ palivem.

Díky úplné reprodukci paliva se izotopické složení vyhořelého a čerstvého paliva prakticky neliší, což znamená stabilitu reaktivity během kampaně.

### Olovem chlazené reaktory

Kromě tohoto projektu a reaktorů na ruských ponorkách, využívající jako chladivo směs olovo-bismut, se zatím žádný další reaktor chlazený olovem nedostal do stádia výstavby. Jeden z nejzajímavějších projektů reaktoru chlazeného olovem je tzv. Dual Fluid Reactor.

Jedná se o rychlý reaktor IV generace s použitím technologie uzavřeného palivového cyklu. Tento reaktor kombinuje roztavené soli jako palivo (směsi uranu a thoria) a olovo jako chladicí médium. Reaktory mohou

mít různý výkon od 130 do 1500 MWe. Za projektem stojí německý tým vědců z berlínského institutu IFK. Kvůli odstavení jaderných elektráren v Německu se zde s jeho výstavbou nepočítá, ale je možné, že bude v budoucnu postaven na území jiného státu.

Dalším rychlým reaktorem, využívajícím však směs olovo-bismut (bismut 55%, olovo 45%) je malý modulární reaktor SVBR-100 (100 MWe) od ruské firmy AKME. Technologie částečně vychází z reaktorů, které poháněly ruské ponorky. S projektem Proryv sdílí vysokou míru pasivní bezpečnosti. Projekt je zatím ve fázi vývoje.

### Postup projektu

Projekt Proryv se zatím nachází ve stádiu výstavby. Na místě areálu SCC již probíhají stavby a zčásti je postavena hala závodu na přepracování paliva. Na každý technologický celek bylo zahájeno výběrové řízení na dodavatele. V současné době (červen 2020) se již dokončují stavební práce a brzy by mělo začít osazování stavby technologickými celky. V roce 2023 by mělo začít zavážení paliva do reaktoru a reaktor samotný by měl být uveden do provozu nejdříve v roce 2026. Již nyní se počítá se stavbou velkého komerčního bloku, který by měl mít 1200 MWe.

## POZVÁNKA

### 20. Mikulášské setkání mladé generace České nukleární společnosti

Tradiční akce Mladé generace ČNS v letošním roce slaví 20. výročí. I přes složitou situaci, stále počítáme, že setkání bude možné i letos uskutečnit kontaktní formou. Předvánoční setkání studentů a mladých pracovníků v jádře proběhne 9. - 11. 12. 2020 na půdě FEKT VUT. Jako každoročně se těšíme na zajímavé referáty mladých jaderných odborníků. Součástí bude samozřejmě vyhlášení výsledků soutěže ČNS o nejlepší bakalářské a diplomové práce a prezentace hosta setkání. Podrobné informace naleznete na adrese <http://www.mikulas-cyg.cz/>.

**[www.csvts.cz/cns](http://www.csvts.cz/cns)**

Zpravodaj ČNS 02/2020, vydán 30. 9. 2020

Sídlo ČNS: V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, [cns@troja.fjfi.cvut.cz](mailto:cns@troja.fjfi.cvut.cz), [www.csvts.cz/cns](http://www.csvts.cz/cns)

Prezident: Daneš Burket, tel.: 561 104 665, [danes.burket@cvrez.cz](mailto:danes.burket@cvrez.cz)

Viceprezident: Václav Bláha, tel.: 607 928 497, [vacblaha@seznam.cz](mailto:vacblaha@seznam.cz)

Povolení MK ČR E 11041 ze dne 8.1.2001

ISSN 2464-4811