

Jaderná energetika v roce 2018

Nuclear Power Engineering in 2018

V roce 2018 se potvrdilo, že nadcházejících pár let bude klíčových pro nástup pokročilých jaderných reaktorů III. generace. V Číně byly uvedeny do provozu první bloky typu AP1000 a EPR. Spuštěn byl i první reaktor III. generace čínské domácí produkce ACPR1000. Dokončují se reaktory APR1400 v elektrárně Barakah a u prvního reaktoru VVER1200 proběhla první výměna paliva. Dá se říci, že začala éra pokročilých jaderných reaktorů.

Éra pokročilých jaderných reaktorů začala

Před rokem 2018 byly v provozu tři typy reaktorů III. generace. Od roku 1996 se využívá varný reaktor ABWR, ovšem všechny jsou od havárie ve Fukušimě odstavené. Běží reaktor APR1400 korejské firmy KEPCO spuštěný v roce 2016. Ve stejném roce byl pak do provozu uveden ruský reaktor VVER1200. V roce 2018 byly spuštěny první reaktory AP1000 a EPR. Čínský reaktor ACPR1000 se již rozběhl a HPR1000 (Huanglong One) se k dokončení a zahájení provozu blíží.

Pokročilé reaktory III. generace

Jedním z hlavních cílů vývoje pokročilých reaktorů je významné zvýšení bezpečnosti. Zároveň by měly přispět ke zlepšení ekonomických parametrů výstavby i provozu jaderných elektráren.

Při zvyšování bezpečnosti jsou u různých modelů použity různé přístupy, které vedou k minimalizaci rizika havárie a v případě, že k ní dojde, k minimalizaci jejího dopadu na okolí. Mezi prvky, které se využívají, patří dvojitý velmi odolný kontejnment. Ten by měl vydržet i pád velkého dopravního letadla. Klíčové je maximální využití pasivních prvků při chlazení reaktoru a znásobení technologií kritických pro bezpečnost reaktoru. V případě havárie je nutností zařízení pro rekombinaci vodíku vznikajícího tepelným rozkladem páry a reakcí páry se zirkonem na povrchu palivových souborů a významným využívaným prvkem je lapač koria (roztavené aktivní zóny). Využívají se i systémy pro rychlé vstřikování kyseliny borité pro pohlcování neutronů a zaručení nemožnosti obnovení štěpné řetězové reakce a bazén s vodou pro ochlazování kontejnmentu. K zefektivnění a zrychlení budování reaktoru by měly přispět modulárnost konstrukce a sériovost produkce jednotlivých konstrukčních komponent. Provoz elektrárny by měl být snadnější, efektivnější a levnější. Ke zlepšení ekonomických parametrů by měla přispět i životnost reaktoru přes 60 let. Prodloužení doby kampaně, zkrácení doby odstávek pro údržbu a výměnu paliva by mělo umožnit koeficient ročního využití přesahující 90 %. Užitečnou hodnotu zvyšuje i možnost využívání paliva typu MOX a rozsáhlé možnosti regulace. Je jasné, že reálné zlepšení a naplnění očekávání závisí na počtu budovaných bloků. Dosavadní doba jejich provozování je zatím příliš krátká na posouzení, jak se naděje vyplnily.

Jednotlivé typy pokročilých reaktorů

Podívejme se podrobněji na typy reaktorů III. generace, které se v současnosti dostávají do provozu. Soustředíme se pouze na tlakovodní reaktory, které by mohly být nabízeny pro výstavbu v Česku. Situace okolo japonského varného reaktoru ABWR byla navíc popsána v článku z minulého roku a od té doby se příliš nezměnila.

První reaktor, na který se zaměříme, je AP1000 firmy Westinghouse a jeho čínské varianty CAP1000 a CAP1400. Jde o reaktor se dvěma parogenerátory, tepelným výkonem 3 415 MWt a elektrickým 1 200 MWe (gross). Rok 2018 byl pro reaktory AP1000 velmi úspěšný. V Číně byly do provozu uvedeny všechny čtyři. U bloku San-men 1 (Sanmen) začaly práce na staveništi v únoru 2008 a oficiálně bylo budování zahájeno betonáží reaktorového ostrova v dubnu 2009. Palivo bylo zavezeno v dubnu 2018, do sítě byl připojen v červnu 2018 a v komerčním provozu je od září 2018.

Do bloku San-men 2 bylo palivo zavezeno v červenci, do sítě byl zapojen v srpnu a v komerčním provozu je od listopadu 2018. Betonáž bloku Chaj-jang 1 (Haiyang) byla zahájena v září 2009, palivo bylo zavezeno v červnu, připojení k síti nastalo v srpnu a komerční provoz byl zahájen v říjnu 2018. U bloku Chaj-jang 2 bylo palivo zavezeno v srpnu a k síti byl připojen v říjnu 2018, v nejbližších měsících by měl být uveden do komerčního provozu. V USA pokračuje výstavba dvou bloků v elektrárně Vogtle. Zde se akcionáři i po zvýšení inzerovaných nákladů rozhodli ve stavbě pokračovat a nenásledovali rozhodnutí akcionářů projektu VC Summer, kteří svůj projekt zastavili. U projektu Vogtle se řízení projektu a postup prací významně zlepšily a pomohlo i to, že hned několik reaktorů typu AP1000 se reálně rozběhlo v Číně.

Další projekty v USA nebo v Evropě nejsou zatím ani ve výhledu. Úvahy o tom, že by se postavily reaktory AP1000 v Indii, se zatím odložily. Jediné reálné projekty se připravují v Číně. Zde se však jedná o čínskou variantu CAP1000 a výkonnější verzi CAP1400. Modely CAP1000 se plánují pro rozšíření elektrárny San-men o další čtyři bloky a elektrárny Chaj-jang o další dva bloky. Další se plánují v elektrárně Sü-ta-pao (Xudabao) a Lu-feng (Lufeng). Je však otázkou, jestli se tyto plány naplní. Výstavba dvou reaktorů CAP1400 se připravuje v elektrárně Š'-taowan (Shidaowan). Zde se už pracuje na staveništi. Problémem tohoto typu reaktoru je tak zatím stále malý počet budovaných reaktorů. Není například pořád jisté, jestli se v třetí plánované turecké jaderné elektrárně budou stavět bloky AP1000 a CAP1400. Pokud se situace v relativně blízké budoucnosti nezmění, bude to pro tento model znamenat značnou nevýhodu.

Korejský reaktor APR1400 firmy KEPCO má dva parogenerátory a celkový tepelný výkon 4 000 MWt. Jeho elektrický výkon je 1 400 MWe. Blok Sin Kori 3 (Shin Kori) se do komerčního provozu dostal v prosinci 2016, blok Sin Kori 4 byl dokončen koncem roku 2017. Stále však čeká na povolení regulačního úřadu ke spuštění, zahájení komerčního provozu se tak předpokládá v létě 2019. Rozestavěné jsou dva bloky Sin Hanul (Shin Hanul) 1 a 2, které by měly být spuštěny v roce 2019. Po referendu, které podpořilo výstavbu připravovaných bloků Sin Kori 5 a 6, se pokračovalo u prvního z nich ve výstavbě (začal se budovat v dubnu 2017) a realizace druhého začala v září 2018. Příprava dalších bloků, které se plánovaly, byla zrušena po zvolení prezidenta s protijaderným směřováním.

První blok ze čtyř v elektrárně Barakah ve Spojených arabských emirátech je již dokončený. Pro zahájení provozu je však potřeba dokončit výcvik a přípravu budoucího personálu a připravit prostředí v zemi, která s jadernou energetikou začíná od nuly. Do komerčního provozu by se měl dostat na přelomu roku 2019 a 2020. Postupně by se měly přidat zbývající tři.

Snahám o uplatnění v Evropě bránila skutečnost, že model neměl dvojitý kontejnment. To se řešilo certifikací EUR (European User Requirements), podobnou certifikaci má reaktor i pro Spojené státy. Zatím však není žádná stavba ve výhledu. Jednání s firmou Toshiba o možnosti převzetí stavby reaktorů v elektrárně Moorside ve Velké Británii byla ukončena a Toshiba nakonec svoje angažmá v této oblasti úplně zrušila. Za zmínku také stojí, že firma KEPCO připravila i menší variantu tohoto modelu APR1000.

Klíčové pro tento model reaktoru tak bude nejen úspěšné dokončení rozdělaných projektů, ale získání dalších. Významný vliv bude mít vývoj pohledu na jadernou energetiku v domovské zemi. Ztráta podpory v mateřské zemi může tento model značně znevýhodnit.

Reaktor EPR, který nabízí firma EDF, má čtyři parogenerátory a tepelný výkon 4 500 MWt. Elektrický výkon je mezi 1 600 až 1 660 MWe. Jde tedy o největší výkon u nabízených reaktorů. První reaktor EPR se rozběhl v elektrárně Tchaj-šan (Taishan). Konečná smlouva o výstavbě dvou reaktorů EPR v této elektrárně byla podepsána v srpnu 2008. První beton pro blok Tchaj-šan 1 byl uložen v říjnu 2009, připojení k síti byl v červnu 2018 a na plný výkon poprvé běžel v listopadu 2018. Druhý blok této elektrárny by měl být zprovozněn v roce 2019. Příští rok by měly být dokončeny i dlouhodobé resty v podobě reaktorů Olkiluoto 3 ve Finsku a Flamanville 3 ve Francii.

Zatím poměrně úspěšně se rozjíždí výstavba elektrárny Hinkley Point C. Úspěch tohoto projektu je pro tento model kritický. Zásadní bude, zda se podaří efektivně využít zkušenosti ze staveb v Číně, Finsku a Francii. Zde se uvolňují odborníci a jejich zkušenosti by mohly přispět k hladkému průběhu stavby ve Velké Británii. Zatím tomu přípravné zemní práce na staveništi a rozjezd budování základů nasvědčují. Celkově už na stavbě pracuje okolo 3 200 zaměstnanců. Je zde velmi dobře vidět

zlepšování při přechodu od prvního bloku k druhému. Podařilo se například výrazně zkrátit dobu přípravy stavební jámy. Hlavním úkolem roku 2019 je dokončení základové desky pod budovami jaderného ostrova u prvního bloku o hmotnosti 4 500 tun. Zkušenosti geologové se už z Hinkley Point C přesunují na přípravu staveniště dvojice bloků v Sizewell C. Zde EDF předpokládá snížení nákladů, a tedy i ceny o více než 20 %.

Velice důležité je, že i ve Velké Británii spolupracuje firma EDF s čínskou firmou CGN. Je tak naděje, že se podaří využít všechny dobré zkušenosti z budování reaktorů EPR v Číně. Číňané naopak získávají zkušenosti, které využijí v projektu Bradwell B, kde chtějí uplatnit své reaktory HPR1000.

U reaktoru EPR je stále relativně nízký počet realizovaných a připravovaných staveb. Je otázka, jestli se budou realizovat další plánované projekty v Číně a v Indii (zde se plánovalo šest bloků v Jaitapuru). Ve Francii však dochází ke změně pohledu na budoucí roli jádra. Způsobují ji zkušenosti z Německa a dalších zemí právě s vystupováním z jaderné energetiky. Je tak velmi pravděpodobné, že se po roce 2020 začne připravovat náhrada stávajících bloků v této zemi právě bloky EPR. Číňané značně pokročili v zavádění svých domácích modelů reaktorů III. generace. Jde o reaktor ACPR1000 a reaktor HPR1000 (Hualong One), který jsme již zmínili. Ten se snaží dosáhnout co nejvyššího stupně standardizace. Jde o reaktor se třemi parogenerátory a výkonem tepelným 3 050 MWt. Elektrický pak je 1 170 MWe.

První reaktory ACPR1000 se staví od roku 2013 v elektrárně Jang-ťiang (Yangjiang) jako 5. a 6. blok. První z nich začal dodávat elektřinu 23. května 2018. Výstavba tedy trvala pět let, což je doba, která se od těchto reaktorů očekává. Druhý blok by měl být dokončen v roce 2019. Další dva se začaly budovat jako Chung-jen-che 5 a 6 (Hongyanhe) v roce 2015 a jejich dokončení se čeká v letech 2019 až 2020. Poslední dva pak jsou Tchien-wan 5 a 6, jejichž konstrukce začala v letech 2015 a 2016, dokončení se očekává v letech 2020 a 2021. U tohoto reaktoru Čína ukázala, že je schopna vybudovat reaktor III. generace za pět let.

První reaktory typu HPR1000 se budují v elektrárně Fučching (Fuqing). Betonáž jaderného ostrova začala u bloku 5 v květnu 2015 a u bloku 6 pak v prosinci 2015. Dalšími pak jsou Fang-tian-šan 3 a 4 a Fang-čcheng-kang 3 a 4 (Fangchenggang). Další řada projektů těchto reaktorů v Číně je v přípravě. Tyto bloky se budují i v Pákistánu, první betonáž jaderného ostrova u bloku Karáčí 2 proběhla v srpnu 2015 a u bloku Karáčí 3 pak v květnu 2016. Dalším reaktorem HPR1000 v této zemi by měl být Chašma 5 (Chashma). V Číně se připravuje celá řada dalších projektů. Jak už bylo zmíněno, reaktor HPR1000 by se měl využít v elektrárně Bradwell B. U tohoto bloku tak není problém s počtem realizací, s dosažením potřebné sériovosti a vytvořením efektivních dodavatelských řetězců. Klíčové bude, zda se podaří realizovat tento blok v Evropě, například v už zmíněné elektrárně Bradwell B. Úspěšná evropská realizace by otevřela cestu k tomuto vyspělému a náročnému trhu. Ruský reaktor VVER1200 firmy Rosatom vznikl evolučním vývojem reaktorů VVER1000, které pracují i v elektrárně Temelín. Má čtyři parogenerátory, tepelný výkon je 3 212 MWt a elektrický pak 1 198 MWe. První takový se rozběhl jako šestý blok elektrárny Novovoronež v roce 2016. Budovat se začal v červnu 2008, první elektřinu dodal 5. srpna 2016 a do komerčního provozu byl uveden v únoru 2017. Mezi 17. březnem a 28. dubnem 2018 proběhla první odstávka pro rekonfiguraci aktivní zóny a údržbu. Výstavba druhého bloku byla zahájena v červenci 2009, v září a říjnu 2018 u něj probíhaly horké zkoušky a do komerčního provozu by měl být uveden na přelomu roku 2019 a 2020.

Jiná varianta tohoto reaktoru se dokončuje v druhé fázi výstavby Leningradské elektrárny. Budou v ní nahrazovat odstavované bloky RBMK. První blok se začal budovat v říjnu 2008, začátkem prosince 2017 se do něj začalo zavážet palivo, 6. února 2018 se dostal na minimální výkon a k síti byl přifázován 9. března 2018. Nyní už je v komerčním provozu. Výstavba druhého bloku byla zahájena v dubnu 2010 a uveden do komerčního provozu bude v roce 2022. Zde je zdržení dáno spíše dobou, kdy přestane pracovat reaktor RBMK, který má daný blok nahradit. Připravuje se zde výstavba ještě další dvojice reaktorů.

K brzkému spuštění se připravují i dva bloky VVER1200 v běloruské elektrárně Ostrovec. Místo pro elektrárnu bylo s konečnou platností vybráno v prosinci 2008, v červenci 2009 byl vybrán Atomstrojexport jako generální dodavatel a mezivládní dohoda byla podepsána v březnu 2011. V prosinci 2011 byla zaslána žádost o licenci na budování elektrárny Ostrovec. První přípravné práce

na staveništi probíhaly během roku 2013 a výkop stavební jámy začal v únoru 2013. Betonáž jaderného ostrova prvního bloku, a tedy oficiální výstavba byly zahájeny v listopadu 2013. Na prvním bloku se finišuje, zavážení paliva se očekává v prosinci tohoto roku a spuštění v polovině roku 2019. Pokud se uskuteční, bude to příklad velmi úspěšné rychlé realizace výstavby v blízkosti hranice Evropské unie. Stavba je tak pod velmi přísným dohledem sousedů a musí splňovat všechna pravidla, která na ni lze z hlediska mezinárodního dozoru uplatnit.

Úspěšnou výstavbu v Bělorusku chce Rosatom zopakovat v Uzbekistánu, který potřebuje pro uspokojení rostoucích potřeb elektřiny velmi rychle realizovat svou první jadernou elektrárnu. V prosinci 2017 byla podepsána mezinárodní dohoda o spolupráci Ruska a Uzbekistánu. V březnu 2018 došlo k zúžení na deset možných umístění v oblasti na hranici Navojské a Bucharské oblasti u jezer Ajdarkul a Tudakul. Zajistí se voda pro chlazení a jezera leží blízko významných regionálních center Navoj a Buchara a železničních tahů i elektrických vedení. Další zúžení vedlo k pěti místům, kde probíhá intenzivní průzkum. Mezi nimi je jedno, které je považováno za nejperspektivnější. V září 2018 byla podepsána mezinárodní dohoda, že Rosatom vybuduje dva reaktory VVER-1200. Předpokládá se, že první blok bude uveden do provozu v roce 2028.

Nová optimalizovaná verze tohoto reaktoru VVER-TOI se buduje v Kurské jaderné elektrárně. Zde by tyto bloky měly také postupně nahradit reaktory RBMK. Betonáž jaderného ostrova prvního bloku byla zahájena v dubnu 2018. V současné době se instaluje lapač aktivní zóny. U druhého bloku proběhne oficiální zahájení jeho výstavby v nejbližší době. Jejich dokončení se čeká v letech 2022 až 2023. Další dva bloky se zde plánují.

Řada dalších bloků tohoto typu je v přípravě a plánech v několika elektrárnách v Rusku, jmenujme například Smolensk, Nižnij Novgorod, Tatar nebo Kostrom. Zároveň Rosatom buduje nebo připravuje další v zahraničí. Kromě už zmíněné elektrárny Ostrovec, se realizuje výstavba v Turecku v elektrárně Akkuy. Zde se připravují čtyři bloky, betonáž jaderného ostrova prvního bloku začala v dubnu 2018. Dva bloky se budují v bangladéšské elektrárně Ruppur (Rooppur), betonáž jaderného ostrova prvního z nich byla zahájena v listopadu 2017 a druhého v červenci 2018. Na prvním bloku se již nainstaloval lapač aktivní zóny. Připravují se projekty ve zmíněném Uzbekistánu, v Egyptě by jaderná elektrárna Al Dabaa měla mít čtyři bloky. V Indii se budují další ruské bloky v elektrárně Kudankullam a mělo by se stavět šest bloků VVER1200 v nové lokalitě. V Číně bylo rozhodnuto využít reaktory VVER1200 v elektrárně Tchien-wan (Tainwan) jako bloky 7 a 8. Zahájení výstavby se očekává v roce 2021. Připomeňme, že zde již běží čtyři bloky VVER1000. Rozpracovány jsou dohody o řadě dalších projektů v různých zemích po celém světě.

Z hlediska úspěchu v Evropské unii je však klíčový úspěšný průběh výstavby dvou těchto bloků v maďarské elektrárně Paks a jednoho ve finské Hanhikivi. Zatím zde probíhá příprava staveniště, betonáž jaderného ostrova a oficiální zahájení výstavby je možné až po obdržení licence. V případě elektrárny Paks by to mělo být do konce roku 2018, u elektrárny Hanhikivi se plánované obdržení licence nedávno posunulo na rok 2020. Hlavně z pohledu případných českých realizací bude velmi důležitý reálný průběh jejich budování. Pokud by byl úspěšný, může to být i příkladem pro nás. V případě ruského reaktoru VVER1200 je v realizaci i přípravě velký počet staveb, zároveň jde o pokračování kontinuální výstavby reaktorů VVER předchozích typů. Je tak zajištěno, že se využije sériovost realizací a dlouhodobě vytvářené dodavatelské řetězce, které by mohly umožnit i postupné zlevňování budoucích projektů. Pokud budou evropské projekty úspěšné, bude mít zmíněný reaktor otevřenou cestu do Evropské unie.

Na závěr ještě jedno doplnění. Pro výstavbu v Česku se nabízí ještě jeden reaktor. Jedná se o společný projekt EDF a Mitsubishi Heavy Industry. Reaktor ATMEA má tři parogenerátory, tepelný výkon 3 150 MWt a elektrický mezi 1 100 až 1 150 MWe. Zatím není ani ve výstavbě. Jeho využití se plánuje ve druhé turecké jaderné elektrárně Sinop se čtyřmi bloky. Zatím je však otázka realizace tohoto projektu otevřená. Na jeho úspěchu velmi silně závisí i budoucí osud reaktoru ATMEA.

Možnosti uplatnění popsaných modelů v Česku

Česko může reálně vybírat právě ze zmíněných reaktorů. Proto je zajímavé se podívat, jak vychází posouzení jednotlivých modelů z tohoto hlediska. Hned v úvodu lze říci, že nelze vybrat ideální variantu, každý z nabízených reaktorů má své výhody a nevýhody. A výběr libovolného s sebou nese i rizika. Podívejme se, jaké parametry by mohlo Česko pro výběr využít.

Jedním z nich je úspěšnost dosavadních realizací a zkušenosti z výstavby i začínajícího provozu. Ty byly podrobně popsány v předchozích částech přehledu. Důležitým kritériem bude, zda se podařilo projekt daného reaktoru realizovat v Evropské unii nebo USA. Je třeba připomenout, že pro velikost české energetiky se více hodí menší reaktory s výkonem blíže k 1 000 MWe. Z tohoto hlediska je hlavně reaktor EPR až příliš velký. To neznamená, že by se pro Temelín či Dukovany nedal využít, ale menší výkon by byl určitě vhodnější. Stejně tak by byla vhodnější varianta korejského reaktoru s menším výkonem, tedy APR1000.

Velmi důležitou podmínkou při rozhodování bude co nejvyšší míra lokalizace a účasti českých firem při budování reaktorů v Česku. A také jejich zapojení do následných projektů ve třetích zemích. V tomto ohledu se už celá řada našich firem aktivit jaderného průmyslu zúčastňuje. Jako příklad mohou sloužit dodávky pro reaktory EPR. Škoda JS dodala řadu vnitřních dílů reaktorové nádoby pro Olkiluoto 3 a bude je dodávat i pro projekt Hinkley Point C. Jsou to koš aktivní zóny z nerezové oceli o hmotnosti 80 tun, těžký reflektor z téhož materiálu vážící 100 tun a horní vnitřní víko tlakové nádoby reaktoru o hmotnosti 80 tun. Škoda JS dodává řadu komponent i pro stavby reaktorů VVER1200. Nejen pro bloky VVER1200 dodávají komponenty a vybavení MSA z Dolního Benešova, Kabelovna Kabex, ZPA Pečky, MPower Engineering, Arako, I&C Energo, I. B. C Praha, Sigma DIZ a řada dalších. Dodávky jdou nejen do blízkého okolí, ale i do realizací v Indii a dalších vzdálených zemích. A lze předpokládat, že s počtem staveb zvláště reaktorů VVER1200 a EPR budou zkušenosti dodavatelé chybět. Českým podnikům se tak budou možnosti uplatnění rozšiřovat. Je třeba zdůraznit, že velmi významnou lokalizaci při stavbě u nás lze zajistit pro libovolný reaktor z výše představených.

Dalším parametrem mohou být geopolitická hlediska. Zde ovšem často hrají roli subjektivní faktory případných posuzovatelů. Je to velice dobře vidět v případě úvah o využití ruského reaktoru. Jeho kritici, kteří se nejvíce ohánějí možností zvýšení závislosti na Rusku, jsou často největšími propagátory náhrady jádra plynem. Již nyní máme šest reaktorů ruského původu. Ovšem veškerou starost o ně i jejich modernizaci dokáží zajistit české firmy. Palivo máme na tři roky a v principu může být uskladněno i na dobu daleko delší. Zároveň jsou výrobci potřebného paliva i v západních zemích nezávislých na Rusku a lze k nim snadno a rychle přejít. Závislost tak v tomto případě neexistuje. Totéž nelze říci o plynu. V principu lze sice nakoupit plyn i z Norska či zkapalněný z USA. Ovšem při předpokládaném růstu spotřeby plynu v Evropě a poklesu těžby zde bude většinu potřeb evropských zemí pokrývat ten ruský. To si dobře uvědomují Němci, a proto tak trvali na stavbě plynovodu Nord Stream 2. Plyn tak sice budeme odebírat z Německa, ale dominantně bude ruský.

Novinky u dalších typu reaktorů

Podívejme se ještě krátce na další novinky ve vývoji jaderné energetiky uplynulého roku. Pokračují práce na malých modulárních reaktorech. První plovoucí jaderná elektrárna Akademik Lomonosov byla dokončena v loděnicích Baltijského závodu v Petrohradě a poté přepravena do Murmansku, kde se do ní zavezlo palivo. Má dva reaktory KLT-40S, které dohromady dodávají 70 MWe a 300 MWt. Připravuje se na přepravu do svého stabilního místa ve městě Pevek. V podmínkách věčně zmrzlé půdy se velmi těžko staví elektrárna na zemi a plovoucí elektrárna zakotvená u břehu řeky je velmi dobrou variantou. Práce na elektrárně Akademik Lomonosov probíhají velice dobře, již 5. listopadu 2018 se na prvním z reaktorů rozběhla štěpná řetězová reakce. U druhého se to očekává v příštím roce. Příští rok se tak plovoucí elektrárna přemístí do města Pevek, ukotví na svém místě a na přelomu roku 2019 a 2020 začne dodávat elektřinu a teplo.

K dokončení se úspěšně blíží prototypový čínský malý modulární reaktor IV. generace v elektrárně Š'-tao-wan (Shidaowan). Jde o vysokoteplotní reaktor s kulovým ložem chlazený heliem. Podrobněji je popsán v loňském přehledu. V říjnu 2018 proběhly úspěšné tlakové testy jeho parogenerátoru. Je tak velmi pravděpodobné, že se v roce 2019 opravdu rozběhne. I v oblasti malých modulárních reaktorů tak bylo dosaženo v tomto roce značného pokroku.

Shrnutí průběhu loňského roku

Článek navazuje na přehledy z minulých let, podívejme se tak na shrnutí uplynulého roku v číslech. Na konci října 2018 bylo ve světě 451 reaktorů s celkovým výkonem 400 GWe, rok předtím bylo v provozu 447 reaktorů s výkonem 392 GWe (údaje ze stránek organizace World Nuclear Association). Produkce elektřiny z jádra zase vzrostla a dosáhla v roce 2017 hodnoty 2 519 TWh, což bylo o 29 TWh více než v roce předchozím. Dá se předpokládat, že i v roce 2018 výroba opět poroste a dále se přiblíží k prozatímnímu maximu 2 658 TWh, kterého se dosáhlo v roce 2006.

Za poslední rok se podařilo uvést do provozu 6 bloků v Číně a dva v Rusku. V Číně se podařilo spustit zmíněné reaktory III. generace (San-men 1 a 2, Chaj-jang 1, Tchaj-šan 1 a Jang-ťiang 5) a dále reaktor VVER1000 jako blok Tchien-wan 4. V Rusku to byl už zmíněný první reaktor v druhé fázi výstavby Leningradské jaderné elektrárny. Druhým pak byl blok Rostov 4, zde jde o dokončení reaktoru VVER1000.

V Japonsku se podařilo opět zprovoznit další čtyři bloky odstavené po havárii ve Fukušimě, Genkai 3 a 4 a Ói (Ohi) 3 a 4. Dohromady jich tak už běží devět. U dalších 18 podal provozovatel žádost o posouzení možnosti obnovení provozu.

Těsně před koncem roku 2017 byl 31. prosince odstaven v Německu první velký bavorský blok. Šlo o varný reaktor Gundremmingen B s výkonem 1 284 MWe. Zahájila se tím etapa vypínání reaktorů v Bavorsku, která z energetického mixu této spolkové země odstraní do roku 2022 zdroje vyrábějící téměř 50 % elektřiny. Dne 17. září 2018 ukončil provoz jeden z nejstarších reaktorů II. generace Oyster Creek ve Spojených státech. Celkově fungoval 49 let. Licenci měl na 60 let, ale k uzavření přispěla konkurence levného plynu a hlavně požadavek na postavení chladicích věží, které by nahradily chlazení přímo do moře. Na deset let provozu by se jejich postavení ekonomicky nevyplatilo. Podobný problém má více reaktorů v USA. Je tak otázkou, do jaké míry se bude dařit prodlužovat životnost stárnoucí flotily v této zemi. Dále se oficiálně vydaly na cestu likvidace dva reaktory v Japonsku, šlo o bloky Ikata 2 a Onagawa 1. Počet fungujících bloků se tak v Japonsku snížil na 40.

Budovat se začalo pět reaktorů. Čtyři jsou typu VVER1200. V listopadu 2017 to byl Ruppur 1, v dubnu 2018 Kursk II-1 a Akkuya 1 a v červenci 2018 Ruppur 2. Pátým je korejský reaktor APR1400 jako blok Sin Kori 6 v září 2018. Z celkového přehledu je vidět, že éra pokročilých reaktorů už opravdu odstartovala.

Stále více se začíná projevat, že bez jaderných zdrojů nebude možné splnit požadované cíle ve snižování emisí. Velmi dramaticky to ukazuje situace Německa, které neplní své emisní cíle a jeho závislost na fosilních palivech se nesnižuje i přes velmi intenzivní budování obnovitelných zdrojů. Jak to bude vypadat bez jaderné elektřiny, si vyzkouší koncem tohoto roku Belgie. Ta má 40 % elektřiny z jádra. Už v roce 1999 rozhodla tamní vláda, že se všechny jaderné bloky odstaví po 40 letech provozu a žádné nové se stavět nebudou. Ukázalo se, že představy o jejich náhradě obnovitelnými zdroji jsou nereálné a znamenalo by to návrat k uhlí. Rozhodlo se tak, že se budou provozovat déle. Za situace politické nestability a chaotických změn energetické koncepce nastal stav, kdy provozovatel vůbec nevěděl, jestli bude jaderné bloky odstavovat hned, za rok nebo za pět či za deset let. V takovém případě, zvláště když je důraz akcionářů pouze na zisk, je zájem o údržbu a přípravu dlouhodobějšího spolehlivého provozu minimální. Takže nyní musí na zimu Belgie vymýšlet krizové scénáře pro energetiku, průmysl i obyvatelstvo.

I to je připomínkou, že bychom u nás neměli dále odkládat kroky vedoucí k výstavbě nových jaderných bloků a naplnění Státní energetické koncepce v této oblasti. To, jak se bude dařit státům, které se rozhodly pro cestu k nízkoemisní energetice pomocí kombinace jádra a obnovitelných

zdrojů, uvidíme na příkladu Slovenska, Finska, Maďarska a Velké Británie. Na Slovensku se zdá, že se potřebným dohledem a tlakem i s pomocí zkušených českých odborníků podařilo nastavit směr k dokončení. Je tak vysoce pravděpodobné, že se v příštím roce rozběhnou Mochovce 3 a v roce 2020 pak Mochovce 4. Uvidíme také, jak úspěšně budou probíhat realizace již popsaných staveb v dalších zmíněných zemích. A jakým způsobem se dokážeme poučit a inspirovat.

V článku byly využity informace získané ze stránek World Nuclear Association, World Nuclear News, Atominfo.ru, stránek řady dodavatelů jaderných technologií i provozovatelů, časopisu Nuclear Engineering International, přehledu The World Nuclear Industry Status Report (WNISR) a řady dalších zdrojů.

Poznámka: Čínské, japonské a korejské názvy jsou uvedeny v české transkripci. V závorce je pak při prvním použití uvedena anglická transkripce, aby se pro čtenáře zjednodušilo případné internetové vyhledávání podrobnějších informací v anglických zdrojích.

O autorovi: Vladimír Wagner Ústav jaderné fyziky AVČR RNDr. Vladimír Wagner, CSc. – vystudoval jadernou fyziku na MFF UK v Praze. Pracuje v Ústavu jaderné fyziky AVČR. Zde se zabývá studiem velmi horké a husté jaderné hmoty vznikající ve srážkách těžkých jader urychlených na rychlosti blízké rychlosti světla. Tato hmota vzniká při výbuchu supernov a byla tady těsně po začátku velkého třesku. Druhou oblastí jeho vědeckého zájmu je studium možností využití urychlovačem řízených transmutorů pro likvidaci jaderného odpadu. Přednáší na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT budoucím jaderným inženýrům. Byl členem Nezávislé energetické komise II, která pod vedením Dany Drábové a Václava Pačese vypracovávala doporučení a ideový záměr pro poslední aktualizaci Státní energetické koncepce.