

TEPLATOR – případová studie bezemisního dálkového vytápění Prahy

V současné době odklonu od spalování uhlí a celkově od fosilních paliv se nejen Česká republika snaží implementovat do svého portfolia takové zdroje energie, které budou šetrné k životnímu prostředí, bezpečné pro obyvatelstvo, budou finančně smysluplné, a hlavně budou dostatečně výkonné a stále co se týče jejich výkonu a dodávek energie. Možnou alternativou by mohl být nově vznikající koncept teplárenského jaderného reaktoru TEPLATOR.

Vzhledem k současné světové politice snižování emisí skleníkových plynů, převážně CO₂, se jednotlivé země světa zavázaly snížit tyto emise za určité časového období. Největším producentem CO₂ jsou fosilní zdroje energií, zejména pak spalování uhlí v elektrárnách či teplárnách a výtopenách. V ČR byl již odklon od uhlí schválen, a nejen díky rostoucím cenám emisních povolenek (současná cena překročila 50 EUR/t CO₂) by se v budoucnu získávání energie z uhlí stávalo méně konkurenceschopné. Celkově by snížení emisí do roku 2030 mělo činit 55 % úrovně emisí z roku 2019, kdy tato dohoda byla evropským parlamentem schválena. Často diskutovaná náhrada vyřazovaných uhelných kapacit plynem ovšem do budoucna neřeší problém s produkcí CO₂, jedná se rovněž o fosilní zdroj a cena emisních povolenek se ceny vyprodukované energie z plynu rovněž silně dotýká. Současné studie také ukazují, že i když množství uvolněného CO₂ ze spalování zemního plynu oproti hnědému uhlí je zhruba poloviční, dopad na životní prostředí je téměř srovnatelný, vezmeme-li v potaz, že při těžbě zemního plynu část unikne (zemní plyn je zhruba z 90 % tvořen methanem, který se řadí k neškodlivějším skleníkovým plynům). V krajních případech může být jeho vliv i horší než vliv současně využívaného uhlí.

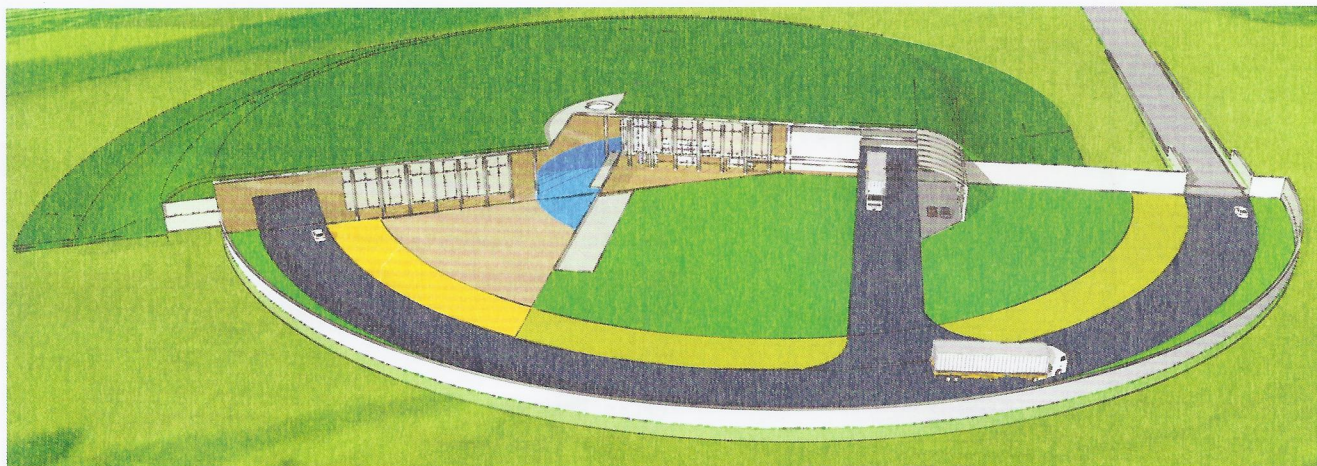
V současné době se naše hlavní metropole řadí mezi města s nejvyšší spotřebou tepelné energie distribuovanou centrálním zásobovacím systémem v celé ČR a v porovnání s evropskými metropolemi je rovněž její spotřeba jedna z nejvyšších. Finální spotřeba tepla v roce 2019 vykazovaná energetickým regulačním úřadem činila pro Prahu 11 300 TJ/rok. Tato

energie odpovídá pouze spotřebě z centrálních zásobovacích zdrojů, není započteno individuální vytápění. Vzhledem k faktu, že pražská teplovodní síť čítá na 700 km potrubí a větší část Prahy je zásobována právě z centrálních zdrojů, tvoří hodnota finální spotřeby tepla větší část celkové spotřeby Prahy. Největší podíl na dodaném teple má Teplárna Mělník, která je spojena s Teplárnou Třeboradice na severu

Prahy 40 km dlouhým napajčem horké vody. Topný výkon Teplárny Mělník dosahuje zhruba 650 MW a ročně do Prahy dodá přes 9 000 TJ tepla. Ostatní zdroje pražské sítě jsou již menších výkonů a jsou umístěny přímo v Praze. Mezi tyto zdroje patří Teplárna Malešice a spalovna odpadů, Teplárna Michle, Teplárna Hostivař, Teplárna Krč a Výtopna Invalidovna. Jak je vidět z předcházejícího výčtu, tepláren a výtopen je



Obrázek 1. Současné zdroje tepla pro vytápění Prahy [1]



Obrázek 2. Architektonická vizualizace umístění jednotky TEPLATORU, CCF CIIRC CTU Prague

v Praze celá řada. Často využívají pro získání tepla fosilní paliva, a proto je nasnadě zamyslet se nad přijatelným řešením náhrady těchto paliv do budoucna.

Jako vhodným řešením by mohl být nový koncept jaderného reaktoru TEPLATOR. Tento reaktor je projektován výhradně jako zdroj tepla, nikoliv elektřiny a pro jeho produkci využívá buď čerstvé či již použité jaderné palivo z elektrárenských bloků. Typ jaderného paliva není do určité míry zcela limitující, vhodnou úpravou aktivní zóny reaktoru lze využít různé typy paliv. Současný TEPLATOR, který je vyvíjen výzkumným týmem z CIIRC ČVUT v Praze a FEL ZČU v Plzni, jako vhodné palivo uvažuje i použité palivové články typu VVER-440 (stejně, které se používají v JE Dukovany a které jsou v současnosti skladovány ve skladu vyhořelého jaderného paliva na elektrárně). Pro provoz lze též použít lehce obohacené palivové články VVER-440, jejichž cena je výrazně nižší než cena „elektrárenského“ jaderného paliva. Výhodou TEPLATORu pak je možný provoz v duchu cirkulární ekonomiky, kdy TEPLATOR využívá použité palivo ze stávajících reaktorů. Jen v ČR je takového paliva přes 10 000 kusů a na roční provoz 150MW TEPLATORu je potřeba pouze 55 palivových článků. „Upcycling“ tohoto již zakoupeného paliva je ekologickým příspěvkem pro snížení emisí škodlivin a CO₂. Z použitých palivových článků by se dalo získat nemalé množství tepla s prakticky nulovými palivovými náklady, jeho cena by se odvíjela pouze od ceny transportu na danou lokalitu. Cena vyprodukovaného tepla je s čerstvým i použitým palivem stále dostatečně nízkou pod cenou tepla, které by bylo získané spalováním zemního plynu. TEPLATOR DEMO, který je vyvíjen jako demonstrační jednotka, která má ověřit některé funkce, je projektován s tepelným výkonem do 50 MW kvůli rychlejšímu licencování. Plnohodnotná verze TEPLATORU do budoucna uvažuje o instalovaných výkonech do 170 MW tepelných s výstupní teplotou kolem 180°C. TEPLATOR je tedy vhodným potenciálním kandidátem pro přechod k bezuhlíkatému centrálnímu vytápění.

Použití jaderné energie pro vytápění není ve světě ojedinělé a jeho použití lze najít i u nás v Čechách. Jako reprezentativní příklad lze uvést jadernou elektrárnu Temelín, která od dob svého uvedení do provozu v roce 2001 vytápí přilehlé město Týn nad Vltavou se zhruba 8 000 obyvateli (zhruba 470 rodinných domů, 2 100 bytů a několik průmyslových objektů). JE Temelín do Týna dodává průměrně jednotky až desítky MW tepelného výkonu a teplota dodávané vody se pohybuje kolem 125°C. V současné době je ve výstavbě i horkovod z JE Temelín do 26 km vzdálených Českých Budějovic, který měl podle plánů dodávat teplo už během topné sezóny 2020/2021. V současné době jsou stavební práce z důvodu insolvence stavební firmy přerušeny a projekt za necelé 1,5 miliardy Kč stojí, respektive leží v zemi. JE Temelín by do

Země	Elektrárna	Typ reaktoru	Hrubý elektrický výkon MWe	Tepelný výstup MWt	Status
Bulharsko	Kozloduj	2x VVER-1000	2040	20	v provozu
Čína	Haiyang	2x AP-1000	2500	340	ve výstavbě
Česká republika	Temelín	2x VVER-1000	2180	50	horkovod ve výstavbě
Maďarsko	Pakš	4x VVER-440	2000	40	v provozu
Rumunsko	Černá Voda	2x CANDU-6	1411	46	v provozu
Ruská federace	Akademik Lomonosov	2x KLT-40S	70	58	elektrárna v provozu, horkovod ve výstavbě
	Balakovo	4x VVER-1000	4000	920	v provozu
		2x VVER-1200	2218	580	výstavba přerušena
	Baltic	BN-600	600	280	v provozu
		BN-800	885	290	v provozu
	Bilibino	4x EGP-6	48/38	78/116	v provozu
	Kalininská	4x VVER-1000	4000	420	v provozu
	Kola	4x VVER-440	1660	116	v provozu
	Kursk	4x RBMK-1000	4000	700	v provozu
	Leningrad	4x RBMK-1000	3700	230	přesměrováno na Leningrad 2
	Leningrad 2	VVER-1200	1187	290	v provozu
	Novovoronež	VVER-440, VVER-	1417	65	v provozu
	Novovoronež 2	2x VVER-1200	2361	190	v provozu
	Rostov	4x VVER-1000	4030		v provozu
Smolensk	3x RBMK-1000	3000	230	v provozu	
Slovensko	Bohunice V2	2x VVER-440	1010	230	v provozu
Slovinsko	Krško	PWR	727	70	v provozu
Švédsko	Ågesta	R3 PHWR	12	80	odstaveno
Švýcarsko	Beznau	2x WH 2LP PWR	760	75	v provozu
Ukrajina	Jihoukrajinská	3x VVER-1000	3000	40	v provozu
	Zaporožská	6x VVER-1000	6000	1400	v provozu

Tabulka 1. Využití jaderných zdrojů pro dálkové vytápění

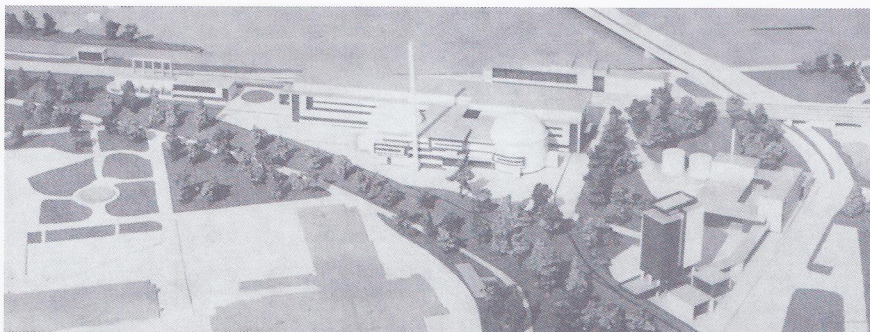
Českých Budějovic měl dodávat zhruba 750 TJ tepla ročně pomocí topné vody o teplotě okolo 140°C.

Vrátíme-li se k myšlence vytápění konkrétně Prahy pomocí jaderného zdroje zjistíme, že ani tato myšlenka není novým objevem. V roce 1970 byla na objednávku Československé komise pro atomovou energii (dnes je tento subjekt přetransformován na odbor Ministerstva průmyslu a obchodu a na Státní úřad pro jadernou bezpečnost) vypracována studie na umístění celkem dvou jaderných elektráren, které by zásobovaly Prahu jak elektřinou, tak hlavně teplem. Teplo v daném období bylo v rostoucí Praze vysoce žádané, ať už pro bydlení či pro průmysl. Jako dvě lokality vhodné pro umístění zařízení pro zásobování teplem a elektřinou byly vybrány lokality Holešovice v areálu dosluhující uhelné teplárny (u Trójského mostu) a lokalita Modřany-Braník. Holešovická elektrárna měla zásobovat teplem severní a centrální část Prahy, elektrárna v Modřanech

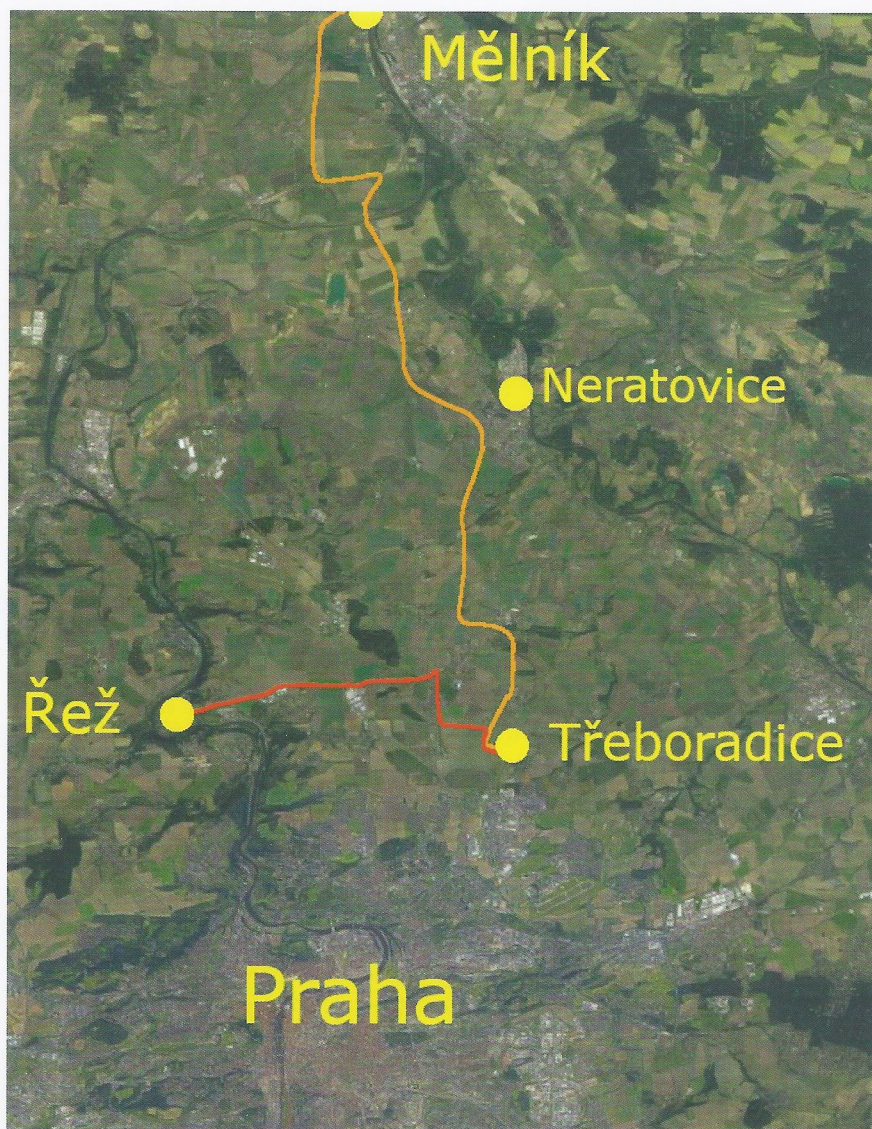
měla obsluhovat rozsáhlé bytové jednotky na jižním okraji Prahy. V obou lokalitách byly uvažovány tlakovodní reaktory s vyspělým kulovým kontejnmentem s instalovaným výkonem 1400-1500 MWt.

Důvodem návrhu dvou jaderných zdrojů v různých lokalitách byl fakt, že tehdejší Praha neměla dostatečně propojenou teplovodní síť a nebylo tedy možné z jednoho zdroje obsloužit poptávku po celém území. V dnešní době má Praha celou svou síť dokonale propojenou, v průběhu let došlo k výměně starších teplovodů a výstavbě přeložek a bypassových tras. Dnes by tedy postačovala pouze jedna lokalita, která by se k teplo-přenosové soustavě připojila.

Pokud se zamyslíme nad případným umístěním TEPLATORU, zjistíme, že v okolí Prahy i vzhledem k existující infrastruktuře dálnic a letišť existují lokality, kde v současné době jaderná zařízení stojí a jsou provozovány. Jedním je již zmiňovaná Holešovická lokalita, kde se



Obrázek 3. Vizualizace JE v Holešovicích na levém břehu Vltavy - u Trojského mostu [2]



Obrázek 4. Znáornění existujícího teplovodu Mělník Třeboradice (oranžová barva), navrhovaný teplovod Řež Třeboradice (červená barva)

nachází experimentální reaktor VR-1 (Vrabec) a buduje se experimentální reaktor VR-2, které slouží studentům ČVUT. Jako druhou lokalitou se jeví lokalita Řež, která se nachází severně od Prahy a kde jsou v současné době provozovány dva výzkumné reaktory LR-0 a LVR-15. S ohledem na výkony teplotních zařízení, které zásobují celou Prahu by bylo pravděpodobně nutné, v případě požadavku na vyšší výkony, vystavět více jednotek TEPLATORŮ. Z tohoto důvodu se lokalita v Holešovicích jeví jako

nevyhovující, protože se v současné době jedná o celkem hustě urbanizovanou oblast. V případě řežské lokality by bylo možné umístit i více jednotek TEPLATORU. Připojení těchto jednotek by bylo možné realizovat pomocí dálkového teplovodu, podobně jako je tomu mezi JE Temelín a Českými Budějovicemi. V případné lokalitě Řež by bylo nejvhodnější vytvořit napojení podobně jako napojení Teplárny Mělník, která je přímým teplovodem propojena s Prahou přes Teplárnu Třeboradice.

V tomto případě by odhadovaná investice do teplovodu mezi TEPLATORy a Teplárnou Třeboradice (na základě odhadu z ceny teplovodu mezi JE Temelín a ČB) činila zhruba 600 mil Kč. Za předpokladu, že by se v lokalitě postavilo více jednotek, je tato investice pouze menší částí teplotního celku a nebránila by tedy v umístění TEPLATORŮ v dané lokalitě (např. pro tři jednotky 150 MW by cena přiváděče byla menší než čtvrtinová). Aby bylo možné nahradit například výrobu Teplárny Mělník, tedy výrobu zhruba 9 000 TJ ročně, bylo by potřeba vystavět 3 jednotky TEPLATORU, každá o instalovaném výkonu 150 MW. Možným snížením investičních nákladů by se mohlo dosáhnout tehdy, pokud by se dané jednotky vystavěly v bezprostřední blízkosti Teplárny Třeboradice. Otázkou je, jestli by tato lokalita byla akceptovatelná z řad obyvatelstva, a zdali splňuje veškeré potřebné charakteristiky území pro umístění jaderného zařízení.

Na základě těchto úvah je možné nový bezemisní zdroj TEPLATOR použít i v jiných městech s dostatečně vysokým odběrem tepla, které mají zároveň dobře rozvinutou teplovodní infrastrukturu. Jednalo by se tedy jen o doplnění tepelného zdroje do existující sítě, nikoliv o budování celé rozvodné soustavy. Dnešní velké sítě centrálního zásobování teplem (např. Brno, Praha) pracují standardně s několika zdroji tepla (např. ZEVO (zařízení pro energetické využití odpadů), uhlí, zemní plyn, štěpka, kogenerace, systémové služby-akumulace), a tak optimalizace těchto zdrojů z hlediska nejen ceny, ekologie, ale i pružnosti dodávek je šance pro levné a ekologické jaderné technologie.

Tomáš Peltan, Radek Škoda
ZČU Plzeň a ČVUT Praha

Tomáš Peltan je absolventem Strojní fakulty ČVUT v Praze v oboru Jaderná energetická zařízení a FJFI ČVUT v Praze v oboru Jaderné inženýrství. V současné době studuje doktorské studium a působí jako vědecký pracovník na FEL ZČU v Plzni. Zároveň působí v Centru výzkumu Řež na výzkumném reaktoru LR-0 jako vědecko-výzkumný pracovník a kontrolní fyzik reaktoru LR-0.

Radek Škoda je jaderný odborník zaměřující se na energetiku. Působí na FEL ZČU v Plzni a CIIRC ČVUT v Praze a je také externím přednášejícím na NWU Potchefstroom v jižní Africe, Polytech St. Peterburg a World Nuclear University Oxford. Byl ředitelem jaderného centra v Texas A&M University a získal licenci na provozování tří jaderných reaktorů.

Reference

1. <https://www.dumplnyuspor.cz/bd/prazska-teplarenska-soustava-jeji-vyznam-prahu/>
2. Archiv, časopis Architektura ČSR, XXX ročník, číslo 7 - 1971