

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

DISERTAČNÍ PRÁCE

2020

Ing. Vít Pospíšil

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2031 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2302V013 Stavba energetických strojů a zařízení

DISERTAČNÍ PRÁCE

Alternativní zdroj tepla pro vytápění středních a velkých měst

Autor:

Ing. Vít Pospíšil

Školitel:

Prof. Ing. Josef Kott, DrSc.

Akademický rok 2019/2020

PROHLÁŠENÍ O AUTORSTVÍ

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě doktorskou disertační práci, zpracovanou na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni, Katedře energetických strojů a zařízení.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci na téma:

Alternativní zdroj tepla pro vytápění středních a velkých měst vypracoval samostatně, pod odborným dohledem školitele s využitím zahraniční odborné stáže a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu této práce.

V Plzni dne: 22. 4. 2020

.....
Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval zejména svému školiteli panu Prof. Ing. Josefu Kottovi, DrSc., dále také své rodině a rodičům Rudolfu a Haně Pospíšilovým, kolegům na katedře, přátelům a všem, kteří mě v průběhu doktorského studia a psaní disertační práce podporovali.

Zvláštní poděkování bych rád vyjádřil společnosti RUSATOM ENERGO INTERNATIONAL, zejména centrále v Praze, Petrohradu a Moskvě za možnost provedení tříměsíční doktorské stáže v Ruské federaci.

ANOTACE

AUTOR	Příjmení (včetně titulů) Pospíšil, Ing.	Jméno Vít
STUDIJNÍ OBOR	Stavba energetických strojů a zařízení	
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Kott, Prof., Ing., DrSc.	Jméno Josef
PRACOVIŠTĚ VEDOUcíHO	Fakulta zdravotnických studií, Katedra rehabilitačních oborů	
DRUH PRÁCE	disertační	
NÁZEV PRÁCE	Alternativní zdroj tepla pro vytápění středních a velkých měst	

Fakulta: Strojní
 Katedra: Stavba energetických strojů a zařízení
 Rok odevzdání: 2020

Počet stránek (A4 a ekvivalentů A4)

Celkem	271	Textová část	244	Grafická část	27
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>V disertační práci jsou posouzeny možnosti náhrady hnědého uhlí v teplárenském sektoru ČR vhodným alternativním zdrojem tepla z pohledu státu po výstupu ČR z vlastní fosilní energetiky. V úvodu je provedena analýza sektoru výroby tepla a elektrické energie z hlediska současného stavu i stavu předpokládaného Státní energetickou koncepcí ČR. V práci jsou posouzeny možnosti náhrady hnědého uhlí z hlediska zásob fosilních paliv ČR, importu fosilních paliv, obnovitelných zdrojů energie, úsporných opatření a využití malých jaderných zdrojů tepla. Cílem disertační práce bylo stanovení dosažení uhlíkové neutrality ve výrobě tepla a elektrické energie ČR do roku 2050 a zajištění náhrady hnědého uhlí v teplárenství ČR do roku 2030,</p>
---	--

	<p>nejpozději však do roku 2040 alternativním zdrojem. Bylo stanoveno složení uhlíkově neutrálního mixu výroby a spotřeby tepla a elektrické energie k roku 2040 a vypočten potenciál a provozní podmínky malých jaderných zařízení v teplárenství ČR. Byly vyhodnoceny vhodné lokality pro zásobování dálkovým teplem z velkých jaderných bloků a malých jaderných zařízení. Bylo zjištěno, že s vysokou mírou pravděpodobnosti je náhrada fosilních teplárenských bloků malým jaderným zařízením s využitím současné platné legislativy ČR možná v případě využití stávajících lokalit a infrastruktury. Byla vypracována schémata možných variant správního povoloovacího procesu malého jaderného zařízení a identifikována slabá místa. Bylo zjištěno, že v ČR existuje dostatek stávajících vhodných lokalit. Bylo zjištěno, že cíle je možné dosáhnout jen využitím malého jaderného zařízení v kogeneračním provedení v kombinaci s OZE a druhotnými zdroji energie. Byly stanoveny vlastnosti vhodného malého jaderného zařízení pro teplárenství ČR. Využití některého z historických projektů malého jaderného zařízení bylo vyloučeno. Bylo zjištěno, že oproti očekávání není vědecký úkol konstrukční, ale projekční a s vysokou mírou pravděpodobnosti již existuje vhodné malé jaderné zařízení ve vysokém stupni technického rozpracování, které však nebylo pro tento účel primárně navrženo.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA	SMR, CZT, alternativní zdroj tepla, teplárenství, OZE, jaderná teplárna, jaderná výtopna, Státní energetická koncepce, SEK ČR, uhlíková neutralita, hnědé uhlí, RITM-200M, AST-200, NHR-200.

SUMMARY

AUTHOR	Surname (including of Degrees) Pospíšil, Ing.	Name Vít
FIELD OF STUDY	Materials Engineering and Engineering Metallurgy	
SUPERVISOR	Surname (including of Degrees) Kott, Prof., Ing., DrSc.	Name Josef
INSTITUTION	Faculty of Health care Studies, Rehabilitation Department	
TYPE OF WORK	dissertation	
TITLE OF THE WORK	Alternative Thermal Energy Source for Middle and Large Cities	

Faculty: Mechanical Engineering
 Department: Design of Power Machines and Equipment
 Submitted in: 2020

Number of pages (A4 a eq. A4)

Totally	271	Text part	244	Graphical part	27
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	----

<i>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</i>	Replacement possibilities of brown coal usage in the heating sector of the Czech Republic with a suitable alternative heat source from the state perspective after the Czech Republic's exit from its own fossil energy policy are assessed in this dissertation. In the introduction, an analysis of the heat and electricity generation sector is performed in terms of the current state and the state expected by the State Energy Concept of the Czech Republic. The work assesses the substitution of brown coal in terms of fossil fuel reserves in the Czech Republic, the import of fossil fuels, renewable energy sources, energy savings and the use of SMRs. The aim of the
---	---

	<p>dissertation was to achieve carbon neutrality in the production of heat and electricity in the Czech Republic by 2050 and to ensure the replacement of the brown coal in the Czech heating industry by 2030, but no later than 2040 by an alternative source. The composition of the carbon-neutral mix of production and consumption of heat and electricity for 2040 was determined and the potential and operating conditions of SMRs in the Czech heating industry were calculated. Suitable sites for district heat supply from large nuclear power units and SMRs were evaluated. It was found that with a high degree of probability, the replacement of fossil units by a SMR using the current valid legislation of the Czech Republic is possible in the case of the use of existing sites and infrastructure. Schemes of possible variants of the administrative licensing process of a SMR were developed and weaknesses were identified. It was found that there are enough existing suitable localities in the Czech Republic. It was found that the goal can be achieved only by using a technology of SMRs, which are used in nuclear cogeneration heating plants, in combination with RES and secondary energy sources. The properties of a suitable SMR for the Czech heating industry were determined. The use of one of the historical projects of a small nuclear facility was excluded. It was found that, contrary to expectations, the scientific task is not a design task but a project management task because with a high degree of probability there is already a suitable SMR with a high degree of technical development, which was not primarily designed for this purpose.</p>
<p>KEY WORDS</p>	<p>SMR, district heating in the Czech Republic, cogeneration, nuclear heating plant, State Energy Concept of the Czech Republic, fossil-fuel subsidies, CHP, NHR-200, AST-200, RITM-200M.</p>

1. Obsah

SUMMARY	5
Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	14
Seznam zkratk	16
Glosář	21
Úvod	22
Zadání disertační práce	26
Cíle disertační práce	26
Pracovní hypotézy	27
1 Teplofikace ČR	28
1.1 DCZT.....	29
1.1.1 Současná struktura DCZT	29
1.1.2 Struktura DCZT do roku 2040 dle SEK.....	31
1.2 CZT.....	32
1.2.1 Současná struktura CZT.....	32
1.2.2 Struktura CZT do roku 2040 dle SEK	46
1.3 Dílčí závěr 1. kapitoly.....	47
2 Struktura výroby a spotřeby elektrické energie v ČR dle SEK	49
2.1 Dílčí závěr 2. kapitoly.....	52
3 Využitelnost domácích zdrojů fosilních paliv v ČR	53
3.1 Hnědé uhlí	53
3.2 Černé uhlí	61
3.3 Lignit	64
3.4 Uran.....	65
3.5 Ropa.....	68
3.6 Zemní plyn.....	70
3.7 Dílčí závěr 3. kapitoly.....	71
4 Ekologická situace a nezbytná technologická opatření.....	73
4.1 Dílčí závěr 4. kapitoly.....	78
5 Nucený výstup ČR z vlastní fosilní energetiky	79
5.1 Dílčí závěr 5. kapitoly.....	79
6 Prognostická opatření.....	81

6.1	Vstup zahraničních fosilních zdrojů (1.alternativa).....	81
6.1.1	Import hnědého uhlí	81
6.1.2	Import černého uhlí	81
6.1.3	Import zemního plynu a ropy	83
6.1.4	Import jaderného paliva	89
6.1.5	Dílčí závěr kapitoly 6.1	90
6.2	Úsporná opatření (2. alternativa).....	90
6.2.1	CZT.....	90
6.2.2	DCZT	90
6.2.3	Dílčí závěr kapitoly 6.2	92
6.3	Ekonomická prognóza	92
6.3.1	Současná cena tepla v ČR.....	92
6.3.2	Dílčí závěr kapitoly 6.3	97
6.4	Alternativní zdroje tepla (3. alternativa).....	97
6.4.1	Decentrální zásobování teplem (DCZT).....	97
6.4.2	CZT.....	102
6.5	Dílčí závěr 6. kapitoly.....	110
7	Schvalovací problematika malých jaderných zdrojů	113
7.1	Varianta 1 - výstavba malého jaderného zdroje „na zelené louce“	114
7.2	Varianta 2 – náhrada stávajícího fosilního zdroje malým jaderným zdrojem s využitím stávající lokality a infrastruktury	115
7.3	Varianta 3 – správní postup s využitím zákona č. 416/2009 Sb.	116
7.4	Legislativa ČR.....	116
7.5	Legislativa EU.....	118
7.6	Mezinárodní legislativa	119
7.7	Dílčí závěr 7. kapitoly.....	120
8	Technické řešení vhodného malého jaderného zdroje pro ČR	122
8.1	Vlastnosti vhodného malého jaderného zdroje pro české teplárenství stanovené s využitím závěrů kapitol 1 až 7	122
8.2	Historické projekty malých jaderných zařízení pro teplofikační účely ve světě	122
8.2.1	AGESTA.....	123
8.2.2	Jaderná teplárna Bilibino - БАЭС	125
8.2.3	NHR-5 a NHR-200.....	127
8.2.4	AST-500	133

8.2.5	Další ve světě vyvíjená jaderná zařízení pro teplofikační účely	145
8.2.6	Dílčí závěr kapitoly 8.2	148
8.3	Historie projekty malých jaderných zařízení pro teplofikační vývoj v ČR a Československu	149
8.3.1	Počátky úvah o využití malých jaderných reaktorů pro vytápění v 60. letech dvacátého století.....	149
8.3.2	Jaderná výtopna AST-200.....	156
8.3.3	Jaderná výtopna ŠKODA - SIEMENS NHR-200	160
8.3.4	Dílčí závěr kapitoly 8.3	174
8.4	Současné projekty malých jaderných zařízení ve světě a jejich využitelnost v teplárenství ČR.....	174
8.4.1	Definice SMR a účelné zaměření této technologické cesty	174
8.4.2	Přehled systémů SMR ve světě po roce 2000	175
8.4.3	RITM-200M (ROSATOM, Ruská federace)	178
8.4.4	Potenciál českých firem	192
8.4.5	Dílčí závěr kapitoly 8.4	193
8.5	Dílčí závěr 8. kapitoly.....	193
9	Disertabilní stanovisko, přínos práce pro obor a závěr	194
9.1	Posouzení pracovních hypotéz.....	194
9.2	Přínos práce pro obor.....	197
9.3	Závěr.....	198
9.4	Směřování dalších kroků	199
10	Citovaná literatura	200
11	Publikovaná literatura a odborné aktivity během studia	214
11.1	Práce publikované publikace v průběhu studia související s tématem disertační práce.....	214
11.2	Přednášková činnost	214
11.3	Absolvované konference:.....	214
11.4	Absolvované odborné přednášky související s tématem disertační práce:	215
11.5	Stáž	215
12	Přílohy	216

Příloha č.1: Využití primárního paliva ve zdrojích DCZT s užitím současných technologií

Příloha č.2: Sítě CZT v ČR, které jsou potenciálně vhodné pro zásobování teplem ze současných velkých jaderných bloků, Sítě CZT v ČR, potenciálně vhodné pro

zásobování teplem z malých jaderných zdrojů, Zdroje CZT v ČR, potenciálně
vhodné pro využití malých jaderných zdrojů

Příloha č.3: Výstavba malého jaderného zdroje pro teplárenské účely "na zelené louce" - standartní
postup, zjednodušené schéma správního procesu

Příloha č.4: Výstavba malého jaderného zdroje pro teplárenské účely jako náhrada stávajícího
fosilního zdroje s využitím stávající lokality a infrastruktury - standartní postup,
zjednodušené schéma správního procesu

Příloha č.5: Výstavba malého jaderného zdroje pro teplárenské účely nad 100MWe "na zelené
louce" nebo náhrada stávajícího fosilního zdroje - postup s využitím zákona č.
416/2009 Sb., zjednodušené schéma správního procesu

Příloha č.6: Společnosti v ČR působící jako dodavatelé v oboru jaderné energetiky

Seznam obrázků

Obrázek 1: Vývoj a struktura konečné spotřeby energie v domácnostech dle SEK ČR	31
Obrázek 2: Evropská města s CZT.....	34
Obrázek 3: Odběrový tepelný diagram CZT Plzeň s uvažováním jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200.....	37
Obrázek 4: Podíl tepláren na výrobě elektrické energie v ČR v roce 2009	39
Obrázek 5: Diagram energetických toků v teplárenství ČR.....	41
Obrázek 6: Počet bytů ve městech ČR zásobovaných teplem s CZT hnědým uhlím.....	42
Obrázek 7: Výrobní elektriny umožňující KVET	44
Obrázek 8: Mapa infrastruktury umožňující dálkové vytápění v ČR.....	45
Obrázek 9: Spalovny odpadu v ČR (významné)	45
Obrázek 10: Vývoj a struktura dodávek tepla ze soustav zásobování teplem.....	46
Obrázek 11: Prognóza dodávek tepla z CZT vyrobeného z uhlí dle optimalizovaného scénáře (SEK).....	47
Obrázek 12: Vývoj a struktura instalovaného výkonu ES ČR	49
Obrázek 13: Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny	50
Obrázek 14: Vývoj a struktura spotřeby elektřiny	51
Obrázek 15: Hnědouhelné pánve ČR	54
Obrázek 16: Limity těžby hnědého uhlí.....	55
Obrázek 17: Pokles těžby HU v různých variantách prolomení ÚEL do roku 2072.....	56
Obrázek 18: Severočeská uhelná pánev - mapa důlních prostorů	57
Obrázek 19: Černouhelné pánve v ČR.....	61
Obrázek 20: Vývoj těžby černého uhlí.....	63
Obrázek 21: Výhled těžeb černého uhlí	63
Obrázek 22: Pánve lignitu v ČR.....	64
Obrázek 23: Evidovaná ložiska a ostatní zdroje uranu v ČR.....	65
Obrázek 24: Vývoj produkce uranu v ČR t/rok.....	67
Obrázek 25: Evidovaná ložiska a ostatní zdroje ropy v ČR k 31.12.2016	68
Obrázek 26: Naleziště zemního plynu v ČR.....	70
Obrázek 27: Znečištění vzduchu pevnými částicemi v roce 2016	74
Obrázek 28: Vyznačení oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví (bez zahrnutí troposférického ozonu) v r. 2018.....	75
Obrázek 29: Vývoj celkových emisí ČR 1990-2015.....	75
Obrázek 30: Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM ₁₀ v ČR 2015.....	76
Obrázek 31: Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO _x v ČR 2015	77
Obrázek 32: Podíl sektorů NFR na celkových emisích SO _x v ČR 2015	78
Obrázek 33: Předpokládané ukončení těžby v hnědouhelných lomech ČR.....	79
Obrázek 34: Uhlí v Evropě 2016 – produkce hnědého a černého uhlí a import.....	82
Obrázek 35: Trasa zamýšleného plynovodu NABUCCO (nerealizováno).....	83
Obrázek 36: Plynovody a ropovody v ČR	84
Obrázek 37: Uvažované prioritní trasy plynovodů EU 2003	85
Obrázek 38: Uvažované prioritní trasy ropovodů do EU 2003	86
Obrázek 39: Hlavní ruské ropovody a plynovody.....	88
Obrázek 40: Alternativní dodavatelé ropy a plynu do EU	89

Obrázek 41: Technický potenciál úspor energie bytového sektoru v roce 2050.....	91
Obrázek 42: Porovnání ceny dálkového tepla v roce 2020 v některých regionech ČR	92
Obrázek 43: Vývoj ceny dálkového tepla ve městě Plzeň	94
Obrázek 44: Vývoj ceny emisních povolenek v letech 2014-2019	95
Obrázek 45: Vývoj ceny silové elektřiny	95
Obrázek 46: Výroba a spotřeba dřevních pelet v ČR v tisících tun	100
Obrázek 47: Využití primárního paliva v malých jaderných zdrojích pro CZT	104
Obrázek 48: Schéma jaderné teplárny AGESTA	124
Obrázek 49: Jaderná teplárna v Bilibino	125
Obrázek 50: Tepelné schéma jaderné teplárny Bilibino	126
Obrázek 51: Hydraulické uspořádání jaderné výtopny s reaktorem NHR-5	128
Obrázek 52: Řez reaktorem NHR-5	129
Obrázek 53: Spouštění reaktoru NHR-5 s účastí expertů ŠKODA v roce 1989.....	130
Obrázek 54: Spouštění reaktoru NHR-5 s účastí expertů ŠKODA v roce 1989.....	130
Obrázek 55: Spouštění reaktoru NHR-5 s účastí	131
Obrázek 56: Spouštění reaktoru NHR-5 s účastí	131
Obrázek 57: Jaderná teplárna s reaktorem NHR-200	132
Obrázek 58: Základní parametry jaderné výtopny AST	133
Obrázek 59: Ochrana do hloubky	135
Obrázek 60: Tepelné schéma AST-500	136
Obrázek 61: Řez jadernou výtopnou AST-500	137
Obrázek 62: Reaktor AST-500	139
Obrázek 63: Jaderná výtopna AST-500 - půdorys	140
Obrázek 64: Jaderná výtopna AST-500 – kontejnment (strachovočnej korpus)	141
Obrázek 65: Jaderná výtopna AST-500 - mechanismus SKŘ	142
Obrázek 66: Jaderná výtopna AST-500 v Gorkém (Ruská federace).....	143
Obrázek 67: Jaderná výtopna AST-500 ve Voroněži (Ruská federace)	144
Obrázek 68: Schéma jaderné teplárny s experimentálním reaktorem.....	151
Obrázek 69: Tepelné schéma bloku jaderné teplárny 200 MW	154
Obrázek 70: Tepelné schéma jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200	162
Obrázek 71: Primární okruh jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200	163
Obrázek 72: Jaderná výtopna ŠKODA-SIEMENS NHR-200 řez I	164
Obrázek 73: Jaderná výtopna ŠKODA-SIEMENS NHR-200 řez II	165
Obrázek 74: Jaderné výtopna ŠKODA-SIEMENS NHR-200 půdorys -4,50m.....	166
Obrázek 75: Jaderné výtopna ŠKODA-SIEMENS NHR-200 půdorys -8m.....	167
Obrázek 76: Palivová kazeta jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200.....	168
Obrázek 77: Aktivní zóna jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200.....	169
Obrázek 78: Uvažované lokality pro umístění jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200.....	170
Obrázek 79: Porovnání investičních nákladů rozdílných zdrojů tepla a NHR-200.....	171
Obrázek 80: Náklady na výrobu tepla při využití 5500 h/rok a jejich skladba	171
Obrázek 82: Česko-německé jednání mezi konsorciem zpracování návrhu jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200 pro město Plzeň v roce 1991 při předání Studie proveditelnosti na magistrátu města Plzně	172

Obrázek 83: Ředitel Odboru nových reaktorů firmy SIEMENS Dr. Schulz předává primátoru města Plzně Prof. Mračkovi Studii proveditelnosti jaderné výtopny ŠKODA SIEMENS NHR-200.....	172
Obrázek 84: Studie proveditelnosti jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200.....	173
Obrázek 85: Reaktor RITM-200	179
Obrázek 86: Schéma bezpečnostních systémů reaktoru RITM-200	184
Obrázek 87: Půdorys areálu teplárny s reaktorem RITM-200	185
Obrázek 88: Vizualizace areálu teplárny s reaktorem RITM-200.....	186
Obrázek 89: Řez stavbou SMR RITM-200.....	186
Obrázek 90: Tlaková nádoba reaktoru RITM-200	187
Obrázek 91: Tlaková nádoba reaktoru RITM-200	187
Obrázek 92: Ukládání reaktoru RITM-200 do ledoborce Arktika.....	188
Obrázek 93: Havarijní chlazení reaktoru NuScale - časový diagram.....	189
Obrázek 94: Ochrana do hloubky reaktorového systému NuScale	189
Obrázek 95: Systém havarijního chlazení reaktoru NuScale.....	190
Obrázek 96: Uspořádání reaktorové haly NuScale	191
Obrázek 97: Uspořádání reaktorové haly NuScale	191
Obrázek 98: Hydraulické schéma NuScale	192

Seznam tabulek

Tabulka 1: Spotřeba tepelné energie v roce 2013 podle sektoru a způsobu dodávky.....	28
Tabulka 2: Porovnání teplot v převažující topné sezóně v ČR s dlouhodobým normálem	28
Tabulka 3: Podíl paliv v decentrální výrobě tepla v roce 2013	29
Tabulka 4: Vývoj a struktura konečné spotřeby energie v domácnostech dle SEK	32
Tabulka 5: Parametry CZT a spotřeba tepla během roku 2019 (příklad konkrétní teplárny v konkrétním městě v ČR)	36
Tabulka 6: Četnost tepelné kapacity sítí CZT v České republice v roce 2018	38
Tabulka 7: Četnost výkonu zdrojů tepla v České republice v roce 2018.....	39
Tabulka 8: Vývoj instalovaného tepelného výkonu a délky rozvodů tepla.....	40
Tabulka 9: Palivový mix zdrojů CZT v roce 2009	40
Tabulka 10: Podíl paliv při centrální výrobě tepla v zařízení s KVET a ve výtopnách 2013	41
Tabulka 11: Základní projekce potřeb HU podle jednotlivých výroben energie.....	43
Tabulka 12: Struktura výroben KVET (prosinec 2014)	44
Tabulka 13: Vývoj a struktura dodávek tepla ze soustav zásobování teplem	47
Tabulka 14: Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny	50
Tabulka 15: Struktura spotřeby elektřiny	51
Tabulka 16: Počet ložisek, těžba a zásoby hnědého uhlí v ČR k 31.12.2018	54
Tabulka 17: Zjednodušené rozdělení užití paliva	55
Tabulka 18: Těžební organizace	56
Tabulka 19: Vytěžené a vytěžitelné zásoby sedmi současných lomů podkrušnohorských pánví v rámci územně ekologických limitů	58
Tabulka 20: Skutečná a plánová spotřeba hnědého uhlí u nejvýznamnějších zdrojů mimo ČEZ, a.s. v období 2010-2030 v tis. tun/r (bez Energetiky SUAS).....	59
Tabulka 21: Skutečná a plánová spotřeba hnědého uhlí u zdrojů ČEZ a.s. v období 2007 - 2025 v tis. tun/r.....	60
Tabulka 22: Těžba uhlí vs. skutečná a plánovaná spotřeba všech klíčových sektorů v mil. tun/rok – varianta zachování	60
Tabulka 23: Počet ložisek, zásoby, těžba černého uhlí v ČR k 31.12.2018	62
Tabulka 24: Stav rezerv černého uhlí v ČR	64
Tabulka 25: Počet ložisek, zásoby a těžba uranu v ČR	66
Tabulka 26: Počet ložisek, zásoby a těžba ropy v ČR k 31.12.2016	69
Tabulka 27: Dovoz ropy do České republiky podle zemí a dovozní ceny k 31.12.2016....	69
Tabulka 28: Počet ložisek, zásoby, těžba zemního plynu v ČR k 31.12.2016	71
Tabulka 29: Dovoz zemního plynu do ČR	71
Tabulka 30: Celkový potenciál úspor energie bytového sektoru v roce 2050	91
Tabulka 31: Průměrná cena tepla pro domácnosti (bez uvažování investičních nákladů) pro DCZT i CZT v roce 2019 na vstupu do topné soustavy	93
Tabulka 32: Uhlíkově neutrální energetický mix DCZT ČR po výstupu z fosilní energetiky.....	101
Tabulka 33: Vývoj a struktura dodávek tepla ze soustav zásobování teplem	103
Tabulka 34: Porovnání výhod a nevýhod malého jaderného zdroje tepla ve formě výtopny.....	104

Tabulka 35: Porovnání výhod a nevýhod malého jaderného zdroje tepla ve formě teplárny	106
Tabulka 36: Uhlíkově neutrální energetický mix CZT ČR po výstupu z fosilní energetiky, potenciál malých jaderných zdrojů	107
Tabulka 37: Uhlíkově neutrální energetický mix spotřeby a výroby elektrické energie ČR po výstupu z vlastní fosilní	109
Tabulka 38: Technické parametry jaderné teplárny Bilibino	126
Tabulka 39: Základní parametry reaktoru NHR-5	127
Tabulka 40: Základní technické parametry jaderné výtopny s reaktorem NHR-200	131
Tabulka 41: Malá jaderná zařízení pro teplofikační účely vyvíjená ve světě k roku 1990 a jejich parametry	145
Tabulka 42: Přehled návrhů a konceptů integrálních IPWR k roku 1995	146
Tabulka 43: Parametry jaderné teplárny ve formě experimentálního reaktoru	150
Tabulka 44: Parametry jaderné teplárny ve formě energetického reaktoru (pro 1 blok).....	152
Tabulka 45: Přehled některých režimů práce teplárny	153
Tabulka 46: Měrná cena tepla.....	155
Tabulka 47: Parametry jaderné výtopny AST-200.....	158
Tabulka 48: Technické parametry jaderné výtopny ŠKODA - SIEMENS NHR-200	161
Tabulka 49: Rozdělení reaktorů dle výkonu	174
Tabulka 50: Lehkovodní SMR s produkcí elektrické energie.....	175
Tabulka 51: Lehkovodní SMR bez produkce elektrické energie	176
Tabulka 52: Těžkou vodou moderované SMR.....	176
Tabulka 53: Plynem chlazené SMR.....	177
Tabulka 54: Tekutými kovy chlazené SMR	177
Tabulka 55: SMR na bázi reaktorů s roztavenými solemi	178
Tabulka 56: Parametry reaktoru RITM-200	179

Seznam zkratek

A-1	První čs. jaderná elektrárna vlastní konstrukce s reaktorem KS-150
ABV-6M	Název reaktoru
ACCOND	Český výrobce tepelných čerpadel
ACPS	Automated Process Control System - řídicí systém
AST-200	Atomnaja stancija teplovaja 200 MW _t
AST-500	Atomnaja stancija teplovaja 500 MW _t
ATMOS	Český výrobce kotlů na pevná paliva
AZ	Aktivní zóna reaktoru
BENEKOV	Český výrobce kotlů na pevná paliva
BLR	Bulharská lidová republika
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
BWR	Boling Water Reactor
CHP	Combined Heat and Power
CIAE	China Institute of Atomic Energy
CNNC	China National Nuclear Corporation
COLA	Combined License Application
COP	Topný faktor
CPIA	Czech Industry Power Alliance
CZT	Centrální zásobování teplem
ČEPS	Česká energetická přenosová soustava
ČEZ	České energetické závody
ČKAIT	Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků
ČLR	Čínská lidová republika
ČR	Česká republika
DAKON	Český výrobce tepelné techniky
DCZT	Decentrální zásobování teplem
DC	Design Certification
DCA	Design Certification Application
DHR-400	District heating reactor - 400

DHRS	Decay Heat Removal System
DM	Deutsche Mark
DSRS	Design Specific Review Standart
ECR	Emergency Control Room - záložní velín
EIA	Environmental Impact Assessment
ELTO	Extra lehký topný olej
Energoprojekt	Projekční kancelář
EPZ	Emergency Planning Zone
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	Elektrifikační soustava
EU	Evropská unie
EU ETS	European Union Emission Trading Scheme
EURACOAL	European Association for Coal and Lignite
HCHAZ	Havarijní chlazení AZ reaktoru
CHÚV	Chemická úprava vody
I	Integrální (provedení)
IAEA	International Atomic Energy Association
IKL	Ingolstadt - Kralupy nad Vltavou - Litvínov
INET	Institute of Nuclear and New Energy Technology
IPWR	Integral Pressurized Water Reactor
k	Koeficient (-) průměrného využití jmenovitého tepelného výkonu zdroje tepla v průběhu roku v síti CZT
k_1	Koeficient (-) průměrného využití jmenovitého tepelného výkonu zdroje tepla v průběhu roku v síti CZT s využitím dat z obrázku 3
k_2	Koeficient (-) průměrného využití jmenovitého tepelného výkonu zdroje tepla v průběhu roku v síti CZT s využitím dat z Tabulka 5
k_3	Koeficient (-) průměrného využití jmenovitého tepelného výkonu zdroje tepla v průběhu roku v síti CZT s využitím dat z Tabulka 1 a Tabulka 7
Kč	Korun českých
Kčs	Korun československých
KLT-40S	Název reaktoru

KORADO	Český výrobce tepelné techniky - radiátorů
KVET	Kogenerační výroba elektřiny a tepla
LTO	Lehký topný olej
LR-0	Název reaktoru
LVR-15	Název reaktoru
LWR	Light water reactor
M	Modulární (provedení)
MAAE	Mezinárodní agentura pro atomovou energii
MERO	Mitteleuropäische Rohölleitung
MMR	Ministerstvo pro místní rozvoj
MCR	Main Control Room - hlavní velín
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MSK-64	Medvěděvova-Sponheuerova-Kárníkova stupnice
MW _e	Megawatt elektrický
MW _t	Megawatt elektrický
MWh	Megawatthodina
MWd	Megawattden
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
N	Neintegrální (provedení)
n/cm ²	neutronů/cm ²
NFR	Nomenclature for Reporting
NHR-200	Název reaktoru
NHR-5	Nuclear heating reactor
NITI	A.P. Aleksandrov Scientific Research Technological Institute
NRC	The Nuclear Regulatory Commission
NSSS	Nuclear Steam Supply System
NuScale	Název reaktoru
OKBM AFRIKANTOV	Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И. И. Африкантова
Pf	Pfennig
PLR	Polská lidová republika

PWR	Pressurized water reactor
PZP	Český výrobce tepelných čerpadel
Q	Teplo (W)
\dot{Q}	Jmenovitý tepelný výkon (W) zdroje tepla
$Q_{skut.}$	Teplo (J) skutečně dodané zdrojem tepla o jmenovitém výkonu do konkrétní sítě CZT
$Q_{teor.}$	Teplo (J), které by bylo do sítě CZT dodáno při celoročním provozu zdroje tepla na jmenovitý výkon
RF	Ruská federace
RITM-200	Název reaktoru
ROSATOM	Federální agentura pro atomovou energii Ruské federace
SDGS	Standby Diesel Generators - záložní dieselgenerátory
SCOP	Sezónní průměrný topný faktor
SEC	Shanghai Electric Corporation
SEK	Státní energetická koncepce
shp	Shaft horsepower - výkon přenášený na hřídel lodního šroubu [69]
SKŘ	Systém kontroly a řízení reaktoru
SMR	Small Modular Reactors - malé modulární reaktory – US DOE
	Small and Medium sized Reactors - malé a střední reaktory – IAEA
SNERDI	Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Institute
SNS	Svaz nezávislých států (bývalý SSSR)
SPR-IAE	Název reaktoru
SRN	Spolková republika Německo
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik
SUAS	Sokolovská uhelná a.s.
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SVBR-100	Název reaktoru
SVJ	Sdružení vlastníků jednotek
SZT	Soustava zásobování teplem (CZT)
ŠR-0	Název reaktoru

t	Čas (s), po který je zdrojem tepla o jmenovitém výkonu dodáváno teplo do sítě CZT
TČ	Tepelné čerpadlo
TSČR	Teplárenské sdružení České republiky
TV	Teplá voda
THERMONA	Český výrobce tepelné techniky
ÚJV ŘEŽ	Ústav jaderného výzkumu Řež
US DOE	United States Department of Energy
ÚEL	Územně ekologické limity (těžby hnědého uhlí)
USA	United States of America
VERNER	Český výrobce kotlů na pevná paliva
VIADRUS	Český výrobce tepelné techniky především z litiny
VNIIAM (ВНИИАМ)	Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт атомного и энергетического машиностроения
ZPF	Zemědělský půdní fond
VR-1	Název reaktoru
БАЭС	Билибинская АТЭЦ
ВАСТ	Воронежская атомная станция тепловая
ГАСТ	Горковская атомная станция тепловая
ЭГП-6	Энергетический Гетерогенный Петлевой реактор с 6-ю петлями циркуляции теплоносителя

Glosář

Slovo	Význam
Dálkové teplo	Teplo dodávané spotřebiteli prostřednictvím sítí CZT
Elektrárna	Energetické zařízení vyrábějící jen elektrickou energii
Výtopna	Energetické zařízení vyrábějící jen teplo
Teplárna	Energetické kogenerační zařízení, ve kterém je společně vyráběna elektrická energie a teplo
Kogenerace (KVET)	Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla
Kontejnment	Pro označení "страховочной корпус (strachovočnej korpus)" v ruském jazyce a Reaktorsicherheitsbehälter v německém jazyce bylo použito označení "kontejnment", tak aby bylo názvosloví sjednoceno dle současných zvyklostí v oboru. Jedná se o tlakovou nádobu, ve které je umístěna tlaková nádoba reaktoru. Funkcí kontejnmentu je zabránit úniku radioaktivních produktů v případě vzniku netěsnosti tlakové nádoby reaktoru, či v případě vnějších vlivů. V případě AST-200 a NHR-200 je uvedena také funkce zachycení uvolněných částí tlakové nádoby reaktoru.

Úvod

Vývoj i aplikace malých jaderných reaktorů nejsou v celé historii jaderné energetiky ničím novým. Z důvodu investičních a provozních nákladů, byl vývoj a využití reaktorů o malých tepelných výkonech v minulosti zaměřen do dvou základních oblastí: využití ve vojenství a v kosmické technice, v menší míře zkušební míře to bylo, ale také v teplárenství a při odsolování mořské vody.

Česká republika patří mezi země s nejvíce rozvinutým centrálním zásobováním teplem v Evropě. Československá vláda si již v osmdesátých letech dvacátého století uvědomovala závislost sektoru výroby tepla na domácích omezených zásobách nízkovýhřevného hnědého uhlí, jehož zdroje se nacházejí především v hustě osídlené oblasti Severních Čech a nevyhnutelnost řešení tohoto problému. S těžbou a spalováním domácího hnědého uhlí byly spojeny vážné ekologické problémy v místě těžby i spotřeby, včetně problému s dopravou velkého množství málo výhřevného paliva a ohrožení významných, světově proslulých zdrojů minerálních vod. Československo proslulo smutným světovým prvenstvím, kdy bylo z důvodu zajištění potřeby hnědého uhlí pro energetiku a průmysl v šedesátých letech bezohledně zbořeno výjimečné a krásné historické město Most, město s druhým největším množstvím barokních památek v České republice a město se třemi historickými náměstími.

První úvahy o využití malých jaderných zdrojů pro účely teplofikace se objevily již v šedesátých letech dvacátého století. V osmdesátých letech dvacátého století již bylo ve státní energetické koncepci ČSSR uvažováno s využitím malých jaderných zdrojů pro účely výroby tepla. Ačkoli bylo uvažováno s částečnou náhradou hnědého uhlí v teplárenství s pomocí malých jaderných zdrojů, nebyl v té době vhodný jaderný zdroj v Československu k dispozici. V osmdesátých letech dvacátého století započal ambiciózní projekt jaderné teplofikace v SSSR, kde byl vyvinut v rámci tohoto programu tlakovodní výtopený reaktor AST-500 s nízkými parametry chladiva a prvky pasivní bezpečnosti. Česká odborná veřejnost nejprve vkládala do projektu AST-500 velké naděje, s ohledem na vysoký tepelný výkon se však ukázal pro potřeby ČSSR jako nevhodný. Návrhy malých jaderných zdrojů pro účely teplofikace vznikaly rovněž v západních zemích a ČLR. Z politických důvodů však nebyla v osmdesátých letech dvacátého století spolupráce se západními zeměmi možná. Československo pro účely jaderné teplofikace ve spolupráci firem ŠKODA a VNIAM a ŠKODA-SIMENS vyvinulo 2 koncepty tlakovodních jaderných výtopených reaktorů s nízkými parametry chladiva o výkonu 200 MW_t. Na přelomu osmdesátých a devadesátých let byly provedeny 2 studie proveditelnosti malého jaderného zdroje tepla s reaktory AST-200 NHR-200. Ačkoli bylo uvažováno více lokalit, výstavba prvního zařízení byla předpokládána v blízkém okolí města Plzeň, kde jsou dle neověřených informací vhodné lokality doposud rezervovány v územním plánu přilehlých obcí. Celý nadějný projekt jaderné teplofikace v SSSR byl ukončen ve vysokém stupni rozpracovanosti v devadesátých letech, kdy došlo ke změně režimu a odklonu od využívání jaderné energetiky po havárii v Černobylu.

Problém zajištění náhrady hnědého uhlí v českém teplárenství, ale i individuálním vytápění (DCZT) však trvá a nebyl doposud odpovědně a systematicky v České republice řešen, ale jen odložen na neurčito. Doposud docházelo jen k postupnému prolamování limitů těžby hnědého uhlí, které už není nadále možné bez zbourání některého z větších sídel v oblasti Severních Čech. V důsledku tohoto neodpovědného přístupu stojí opět Česká republika před

velmi vážným problémem, který bude muset nevyhnutelně řešit nejpozději mezi roky 2020 až 2040.

Nejpozději do roku 2040 bude rovněž nutné řešit nejen náhradu hnědého uhlí pro české teplárenství, ale také nahradit hnědé uhlí jako nejdůležitější palivo v sektoru výroby elektrické energie ČR. V roce 2035 je rovněž předpokládáno ukončení provozu JE Dukovany se čtyřmi bloky VVER 440. S ohledem na stále se zvyšující bezpečnostní požadavky na jaderné elektrárny v EU a délku povolovacího správního procesu v České republice reálně hrozí po roce 2030 až 2035 deficit výroby tepla a elektrické energie. Podobná a vážná situace je také ve většině zemí EU a spoléhat na import elektrické energie není možné.

Zatímco náhrada uhelných bloků pro výrobu elektrické energie je v SEK ČR spolehlivě řešena výstavbou velkých jaderných bloků („pro které jsou rezervovány v ČR 3 vhodné lokality) a v menší míře pomocí OZE, problém zajištění potřeby tepla pro CZT do roku 2040 není ve SEK ČR spolehlivě řešen a v plné míře se projeví po roce 2040. SEK ČR počítá s úsporami na straně spotřeby tepla, větším podílem obnovitelných, druhotných zdrojů energie, importem zemního plynu a využitím ostatních paliv. Již nyní je však zřejmé, že není možné veškeré hnědé uhlí pro výrobu tepla nahradit spalováním tuzemské biomasy a komunálního odpadu, dovoz zemního plynu je rizikový, není ani jisté zda bude k dispozici potřebná kapacita a úsporná opatření na straně spotřeby tepla (u budov napojených na soustavy CZT) na úrovni státu s ohledem na poměr spotřeby elektrické a tepelné energie nevedou k úspoře primárních paliv a vyvolávají další růst fixních nákladů a růst ceny již v současné době drahého dálkového tepla. Problém by bylo možné řešit těžbou domácích zásob černého uhlí, které patří mezi nejvýznamnější v Evropě. Nové doly však nejsou na Ostravsku otevírány a doly v Rakovnicko – Kladenské pánvi byly opuštěny před vyčerpáním zásob. ČR se však zavázala k dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050. SEK ČR předpokládá útlum těžby černého uhlí, jehož těžba má sice menší vliv na životní prostředí, ale spalování je stejně jako v případě hnědého uhlí zatíženo vysokou cenou emisních povolenek. V případě dalšího nárůstu ceny tepla reálně hrozí v ČR rozpad sítí CZT a tím vyvolané problémy se zajištěním tepla pro obyvatelstvo a to bez možnosti využití paliv, nevhodných pro individuální vytápění.

Jako jedno z možných řešení současné situace se jeví využití malých jaderných, sériově vyráběných zdrojů, v teplárenství s účastí soukromého sektoru. Existuje poptávka jak ze strany teplárenských firem, tak možných dodavatelů jaderných zařízení. Impulsem pro vznik této práce ostatně byla objednávka Plzeňské teplárenské a.s. . Tento problém však, jak se ukazuje, není možné řešit dvoustranným kontraktem mezi investorem a dodavatelem, role státu je nepostradatelnou zejména v oblasti dozoru nad bezpečností jaderných zařízení a problematiky nakládání s vyhořelým jaderným palivem a radioaktivními odpady vzniklými během provozu jaderného zařízení.

V případě, že by malé jaderné zdroje umožňovaly při splnění bezpečnostních standardů kogenerační výrobu, bylo by jimi možné sekundárně řešit nejen problém zajištění uhlíkově neutrálních dodávek dálkového tepla v sektoru CZT, ale rovněž hrozící deficit výroby elektrické energie a (s pomocí tepelných čerpadel a elektrokotlů) také zajištění dodávek uhlíkově neutrálního tepla pro sektor DCZT, v současné době závislý na dovozu zemního plynu a spalování hnědého a černého uhlí. S ohledem na v SEK ČR předpokládaný růst podílu OZE na výrobě elektrické energie by malé kogenerační jaderné zdroje pro teplárenské účely mohly

s využitím velké tepelné akumulační schopnosti sítí CZT plnit roli stabilizačního prvku elektrizační soustavy ČR.

Téma sice není úplně nové, úvahy o využití malých jaderných zdrojů v teplárenství probíhaly v Československu již v šedesátých letech a na přelomu let osmdesátých a devadesátých dvacátého století. V dnešních podmínkách jsou však již výsledky studií proveditelnosti z přelomu osmdesátých a devadesátých let nevyužitelné.

Z hlediska současné legislativy je správní povolovací proces malého jaderného zařízení pro účely teplárenství problematikou, která je zcela nová a doposud nebyla v ČR řešena.

SEK ČR, která je podkladem pro územní energetické koncepce krajů a obcí, politiku územního rozvoje, zásady územního rozvoje, územní plány a koncepci nakládání s vyhořelým jaderným palivem, s využitím malých jaderných zdrojů do roku 2040 pro účely teplárenství nepočítá ačkoli je striktně nevylučuje.

Odborná veřejnost není jednotná nejen v názoru na využití malých jaderných zdrojů v teplárenství ČR, ale ani v otázce vhodného technického řešení. Problematika malých jaderných zdrojů úzce souvisí s využitím ve vojenství a většina informací podléhá utajení, nebo není veřejně přístupná. Z dokumentace projektů jaderných výtopen rozpracovaných v Československu na přelomu osmdesátých a devadesátých let se dochoval již jen naprostý zlomek. Ve světě probíhal vývoj malých jaderných zařízení pro účely teplofikace zejména v SSSR, ČLR a v Ruské federaci.

Jak se tedy ukazuje, myšlenka využití malých jaderných zdrojů v českém teplárenství není sice zcela nová, pro řešení tohoto vědeckého úkolu je však charakteristická absence jakýchkoli podkladů a kritérií na základě, kterých by bylo možné určit vlastnosti vhodného malého jaderného zařízení pro české teplárenství.

S ohledem na absenci podkladů nebylo na samém počátku řešení tohoto vědeckého úkolu možné ani vyhodnotit, zda se jedná o úkol konstrukční či úkol projekční, respektive zda za účelem dosažení cíle disertační práce bude nutné navrhnout konstrukční řešení malého jaderného zařízení vhodného pro účely českého teplárenství, zda již vhodné malé jaderné zařízení ve vysokém stupni rozpracování existuje, nebo bude třeba malé jaderné zařízení ve vysokém stupni rozpracování konstrukčně upravit tak, aby pro účely teplárenství bylo vhodné.

Při řešení vědeckého úkolu bylo třeba začít na samém počátku, seznámit se se závazky ČR v oblasti energetiky, na základě strategických vládních dokumentů a statistických dat vyhodnotit možnou úlohu malých jaderných zařízení v energetice ČR, stanovit cíle, které je možné s využitím malých jaderných zařízení v energetice ČR na úrovni státu možné dosáhnout, vyhodnotit vliv na životní prostředí, proveditelnost, vyčíslit teoretický potenciál v energetice ČR a provozní podmínky malých jaderných zařízení při provozu v režimu odpovídajícím plnění vytyčeného cíle. Až na základě vyhodnocení výše uvedeného na úrovni státu při splnění závazků ČR na uhlíkovou neutralitu a předpokládaný datum vystoupení ČR z vlastní fosilní energetiky se stalo zřejmé, jakých cílů je možné s využitím malých jaderných zařízení v teplárenství ČR dosáhnout, vyhodnotit režim provozu malých jaderných zařízení a stanovit vlastnosti vhodného malého jaderného zařízení pro české teplárenství, včetně vyčíslení spotřeby jaderného paliva a tím také nejdůležitější údaje o předpokládaném vlivu využití malých jaderných zařízení na životní prostředí.

Při řešení vědeckého úkolu byl kladen důraz na využitelnost výsledků disertační práce v praxi. Za tím účelem jsou v práci vyhodnoceny v současné době dostupné projekty malých jaderných zařízení ve vysokém stupni rozpracování a posouzena proveditelnost s využitím stávající platné legislativy a veřejně dostupných zdrojů informací. Disertační práce byla předpokládána jako úvodní práce do problematiky malých jaderných zdrojů tepla pro teplárny v ČR a bude podkladem, po navazující práci.

Zadání disertační práce

- 1) Zdokumentovat historický vývoj a aplikaci malých jaderných reaktorů pro účely teplofikace v Československu, České republice a ve světě.
- 2) Zdokumentovat stávající SMR ve vysokém stupni technického rozpracování
- 3) Zhodnotit, zda v současné době existuje vhodný SMR pro zásobování velkých a středních aglomerací teplem
- 4) Zdokumentovat síť CZT a zdroje CZT v České republice
- 5) Posoudit možnosti zásobování velkých a středních aglomerací v České republice, s možným využitím SMR
- 6) Zanalyzovat možnosti náhrady uhelných teplárenských bloků v České republice SMR a posouzení podmínek soběstačnosti ČR ve výrobě tepla a elektřiny
- 7) Připravit technické podklady pro následné ekonomické posouzení možnosti uplatnění SMR v českém teplárenství

Cíle disertační práce

- 1) Dosažení uhlíkové neutrality ČR ve výrobě tepla a elektrické energie do roku 2050 a zajištění náhrady hnědého uhlí v teplárenství ČR do roku 2030, nejpozději však do roku 2040 s pomocí alternativního zdroje.

Pracovní hypotézy

- 1) Výsledkem vědeckého úkolu není malé jaderné zařízení, potřeby českého teplárenství je možné zajistit využitím OZE, druhotných zdrojů energie a úsporných opatření.
- 2) Výsledkem vědeckého úkolu není malé jaderné zařízení, potřeby českého teplárenství je možné zajistit využitím fosilních zdrojů, OZE, druhotných zdrojů energie a úsporných opatření.
- 3) Vědecký úkol je konstrukční, v současné době neexistuje vhodné malé jaderné zařízení pro české teplárenství ve vysokém stupni rozpracování
- 4) Vědecký úkol je projekční, vhodné malé jaderné zařízení ve vysokém stupni rozpracování pro české teplárenství již existuje, nebylo však primárně pro takový účel navrženo
- 5) Vhodným malým jaderným zařízením pro české teplárenství je jaderná výtopna s nízkými parametry chladiva
- 6) Pro české teplárenství je možné využít historické projekty jaderných výtopen AST-200 a NHR-200 z přelomu osmdesátých a devadesátých let dvacátého století
- 7) Vhodným malým jaderným zařízením pro české teplárenství je technické řešení vycházející z kompaktního integrálního tlakovodního reaktoru určeného pro vojenské využití, přizpůsobeného teplárenskému provozu
- 8) Vhodným malým jaderným zařízením pro české teplárenství je jen technické řešení vycházející z reaktoru IV. generace chlazeného tekutým kovem, například SVBR-100
- 9) S pomocí malých jaderných zařízení je možné v kombinaci s OZE nahradit fosilní paliva v českém teplárenství a zajistit vyrovnanou bilanci výroby a spotřeby elektrické energie ČR
- 10) Využití malých jaderných zařízení v teplárenství může být alternativou dostavby JETE a JEDU
- 11) Výstavba malého jaderného zařízení není na základě platné legislativy ČR v současné době možná
- 12) Problém alternativního zdroje pro české teplárenství by bylo možné řešit s využitím průmyslu ČR

1 Teplofikace ČR

V České republice je standardem teplovodní způsob vytápění dvoutrubkovou otopnou soustavou s ocelovými deskovými nebo litinovými článkovými otopnými tělesy. U novostaveb nízkoenergetických domů se uplatňuje v menší míře také podlahové vytápění. Teplotní spád topných soustav je nejvýše **75/65 °C**, s výjimkou pro samotížné topné soustavy s teplotním spádem 90/60 °C nebo 90/70 °C. Základní standardy pro projektování a montáž tepelných soustav v budovách jsou určeny např. v ČSN 06 0310. Okrajové podmínky pro výpočet tepelného výkonu dle ČSN EN 12831 udává ČSN 730540-1 až 4, podrobně je problematika zpracována např. v [81]. Struktura teplofikace ČR je uvedena v tabulce 1. Rok 2013 byl vybrán proto, že nejlépe z dostupných odpovídá dat dlouhodobému normálu dle tabulky 2.

Tabulka 1: Spotřeba tepelné energie v roce 2013 podle sektoru a způsobu dodávky

Sektor	Spotřeba tepla z CZT	Spotřeba z DCZT	Spotřeba celkem tepla
Průmysl zemědělství a lesnictví	69 PJ	107 PJ	176 PJ
Domácnosti	54 PJ	135 PJ	189 PJ
Služby, doprava a ostatní	27 PJ	53 PJ	80 PJ
Celkem	150 PJ	295 PJ	445 PJ
Podíl	33,7 %	66,3 %	100 %

Zdroj: [1] str.12

Tabulka 2: Porovnání teplot v převažující topné sezóně v ČR s dlouhodobým normálem

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
teplota vzduchu [°C]	3,7	5,7	5,2	4,7	6,9	6,1	5,7	5,3	6,4
dlouhodobý normál 1981–2010 [°C]	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
odchylka od normálu [°C]	-1,2	0,8	0,3	-0,2	2,1	1,3	0,8	0,5	1,6

Zdroj: [52]

Na základě zákona §3 zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií jsou cíle státu v oblasti hospodaření s energií uvedeny v SEK ČR, která je přijímána na období 25let. Na základě cílů obsažených v SEK jsou dle §3 zákona č. 406/2000 Sb., přijímány také územní

energetické koncepce na úrovni krajů a obcí. Podrobněji je obsah SEK a ÚEK upraven nařízením vlády č. 232/2015 Sb.

1.1 DCZT

1.1.1 Současná struktura DCZT

V oblasti DCZT v České republice, které se podílí dle tabulky 1 66,3 % na celkové bilanci vyrobeného tepla je patrný dle tabulky 3 dominantní podíl fosilních paliv – zemního plynu a uhlí. Elektřina je zastoupena jen okrajově, v malé míře se uplatňují tepelná čerpadla. Kapalná fosilní paliva jako lehký topný olej se uplatňují jen naprosto okrajově v důsledku vysokého zdanění.

Tabulka 3: Podíl paliv v decentrální výrobě tepla v roce 2013

Palivo	Podíl paliva v domácnostech [%]	Podíl paliva v průmyslu a službách [%]
Zemní plyn	60	63
Pevná fosilní paliva	15	9
Elektřina	12	2
Biomasa a ostatní	13	26

Zdroj: [1] str.15

Ve městech je k vytápění využíván zejména zemní plyn, dálkové teplo a okrajově tepelná čerpadla a elektrokotle. Na venkově a v malých městech mají dominantní podíl na vytápění zemní plyn a zdroje na pevná paliva. Podrobné statistické údaje jsou obsaženy v [9]. Na základě zákona 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, směrnice č. 2009/125/ES o ekodesignu a normy ČSN EN 303-5 jsou kotle na pevná paliva dělena do 5ti tříd. Od roku 2020 mohou být uváděny na trh jen kotle splňující kritéria ekodesign a od roku 2022 mohou být provozovány již jen kotle splňující parametry 3., 4., 5. třídy a ekodesign. Plnění požadavků dle zákona č. 201/2012 Sb., a jeho prováděcích právních předpisů ověřováno kontrolami kotlů na pevná paliva a jejich zapojení jedenkrát za tři roky. Podrobněji o problematice pojednává např. [3], [4], [5] a [6].

Pro kotle na pevná paliva s ručním přikládáním ukládá norma EN 303-5 v případě, kdy kotel nesplní emisní hodnoty pro rozsah výkonu 30-100 % výrobci povinnost v návodu předepsat zapojení kotle s akumulacími nádržemi a objemu (obvykle) 55 l/kW instalovaného výkonu. Povinnost instalace akumulací nádrže se netýká automatických kotlů na pevná paliva.

Povinnost instalovat akumulací nádrž prodražuje investiční náklady na kotelnu na pevná paliva přibližně více než 6krát a klade vysoké nároky na odbornost servisních a montážních firem. Při uvažování skutečné účinnosti zdrojů tepla v DCZT je třeba brát v úvahu,

že velká část topných soustav je prováděna bez projektu, často bez potřebné odbornosti v rozporu s normativními požadavky.

Po roce 2022 bude možné nadále provozovat také jednoduché a spolehlivé samotížné otopné soustavy, parametry ekodesign na 30-100 % výkonu se podařilo splnit kotli BLAZE HARMONY PRAKTIK na dřevo [7] a parametry 3. třídy kotli VIADRUS U24 na hnědé uhlí, černé uhlí a koks [8].

Kotle na pevná paliva splňující přísné parametry 3., 4., 5. třídy a ekodesign (automatické i s ručním přikládáním) s modulací výkonu jsou v důsledku proměnného hmotnostního průtoku a nízké výstupní teploty spalin provozovány v mokřém režimu provozu spalínové cesty. Tento problém se týká zejména cihlových nezateplených komínů starší zástavby. Mokřému způsobu provozu vyhoví jen moderní keramické komínové systémy, které jsou pro tento účel certifikovány. Keramické vložky a komínové systémy jsou však nevhodné pro starší spalínové cesty a lze je použít prakticky jen u nové výstavby. U staré zástavby lze v optimálním případě řešit problém a dosáhnout suchého režimu provozu spalínové cesty po zateplení původního komínu, použití vložky z nerezavějící oceli a kotle provozovaného jen na jmenovitý výkon s akumulací nádrží.

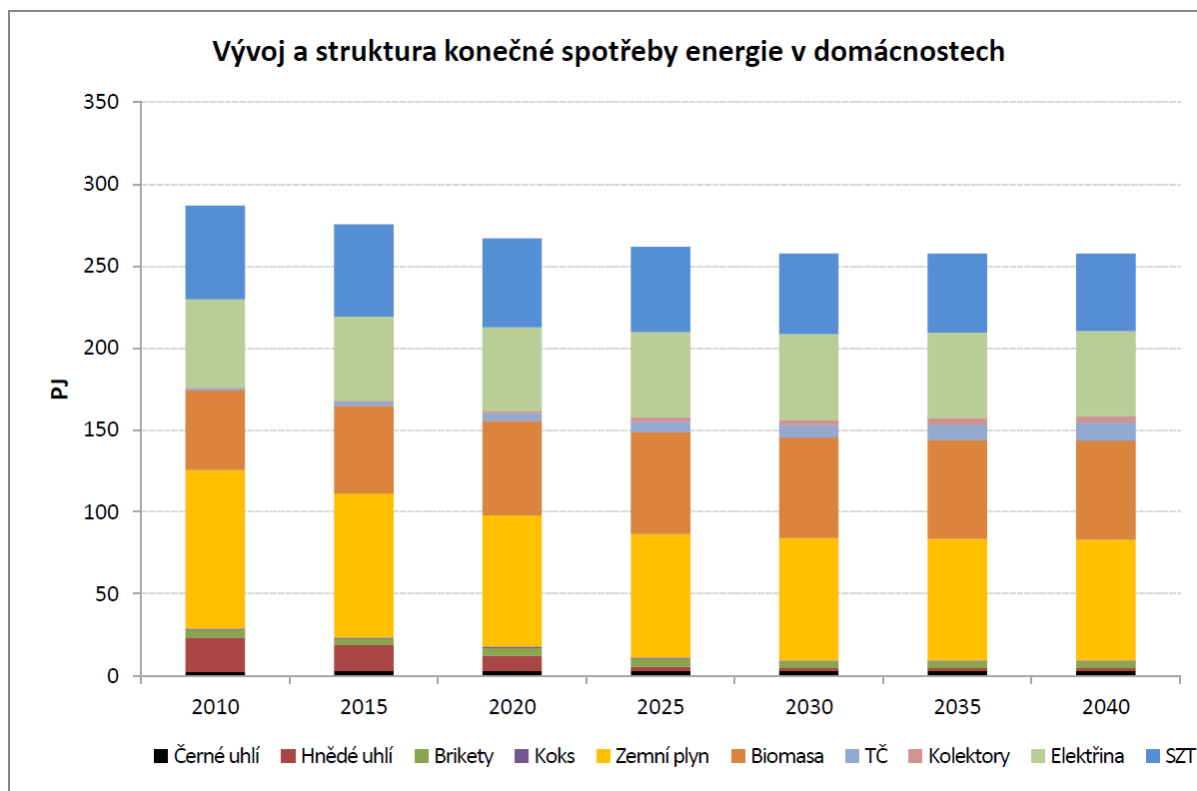
Do roku 2022 bude nutné vyměnit většinu stávajících kotlů na tuhá paliva a přizpůsobit hydraulické zapojení novým legislativním požadavkům.

Česká republika je v oblasti vývoje a výroby kotlů a topenářské techniky soběstačná a patří mezi významné exportéry. Nejvýznamnějšími výrobci jsou firmy ATMOS, VIADRUS, DAKON, BENEKOV, VERNER, Thermona, ACCOND, PZP, DZD Dražice, KORADO a další.

Využití primárního paliva ve zdrojích DCZT s užitím současných plošně dostupných správně instalovaných technologií je obsahem přílohy č.1.

1.1.2 Struktura DCZT do roku 2040 dle SEK

Obrázek 1: Vývoj a struktura konečné spotřeby energie v domácnostech dle SEK ČR



Zdroj: [2] str.102

Dle obrázku 1 a tabulky 4 předpokládá Státní energetická koncepce ČR v oblasti DCZT zachování stávající palivové základny s dominantním podílem fosilních paliv do roku 2040. Mírný pokles konečné spotřeby energie je důsledkem úsporných opatření na straně budov a využívání účinnějších technologií – zplynovacích kotlů na pevná paliva a kondenzačních plynových kotlů. V úvahu je třeba brát také odchylku od teplotního normálu v roce 2010 dle tabulky 2. Pozvolný nárůst instalovaného výkonu je předpokládán v oblasti tepelných čerpadel.

Tabulka 4: Vývoj a struktura konečné spotřeby energie v domácnostech dle SEK

Spotřeba energie v domácnostech		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Černé uhlí	PJ	2,2	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Hnědé uhlí	PJ	21,1	15,8	9,2	2,6	1,8	1,8	1,8
Brikety	PJ	4,8	3,9	4,9	4,9	3,9	3,9	3,9
Koks	PJ	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Zemní plyn	PJ	96,9	88,0	80,1	75,4	75,0	74,4	73,7
Biomasa	PJ	48,5	53,3	57,9	62,4	61,2	60,4	60,6
Tepelná čerpadla	PJ	1,2	2,6	4,6	6,2	7,8	9,4	11,0
Kolektory	PJ	0,3	0,6	1,1	2,4	2,8	4,0	4,0
Elektrina	PJ	54,1	51,5	51,4	52,4	52,8	52,1	51,9
SZT	PJ	50,1	49,2	47,3	44,7	42,0	41,1	40,1
Celkem	PJ	279,9	268,5	260,0	254,7	250,7	250,6	250,6

Zdroj: [2] str.102

1.2 CZT

1.2.1 Současná struktura CZT

Česká republika patří v rámci EU mezi země s rozvinutou infrastrukturou CZT, což více než názorně dokládá obrázek 2. Podíl tepla dodaného CZT byl v roce 2013 33,7 % dle [1] viz. tabulka 1., teplem z CZT je v ČR zásobováno 1598698 trvale obydlených bytů dle [46] a 38,1 % obyvatel dle [10] a 40,4 % bytových domů dle [9]. Dle [9] využívá dálkové teplo pro ohřev TV 38,7 % bytových domů. Dle [36], tabulky 2-14, však k ohřevu vody využívalo v roce 2015 dálkové teplo 118920 domácností v kombinaci s jiným zdrojem tepla. CZT v České republice, jak je znázorněno v obrázku 2 je charakterizováno na rozdíl od zemí "Západní Evropy" velkým množstvím zdrojů a sítí CZT o poměrně nízkém jednotkovém výkonu, což je z hlediska perspektivy využití technologie malých jaderných zdrojů spíše nevýhodou.

Rozúčtování nákladů na dálkové teplo je upraveno vyhláškou č. 269/2016 Sb., pravidla pro vytápění bytů dálkovým teplem a dodávku teplé vody upravuje vyhláška č. 194/2007 Sb. Topná sezona v ČR zpravidla trvá obvykle 232 až 297 dní, což je dáno lokalitou a tepelnými vlastnostmi objektu.

K největšímu rozvoji CZT došlo v ČR (ČSSR) v šedesátých až devadesátých letech v době budování velkých převážně panelových sídlišť. Od devadesátých let dvacátého století docházelo k privatizaci tepláren, sítí CZT a bytových domů. Většina tepláren a výtopen je v soukromém vlastnictví. Postupně vzniknula situace, kdy vlastnictví zdroje tepla a sítě CZT je většinou rozdílné.

Většina bytových domů je spravována SVJ. Správu domu v bytovém vlastnictví upravuje oddíl 5 zákona č. 89/2012 Sb., a nařízení vlády č. 366/2013 Sb. Dohoda na zdroji vytápění v rámci SVJ je obtížná, ne-li doslova nemožná. Dle §184a zákona č. 183/2006 Sb., musí být k žádosti o stavební povolení, či ohlášení stavby (ale i dalších správních procesů) u bytového domu ve správě SVJ doložen na výkresu situace písemný souhlas všech vlastníků bytů (SVJ není fyzickou, ale právní osobou), v případě správy domu bez vzniku SVJ pak souhlas

správce domu (správce domu je fyzickou osobou). V reálných podmínkách je u SVJ tedy doložení souhlasu vlastníka dle §184a zákona č. 183/2006 Sb., prakticky nemožné a v takovém případě musí dle §1209 zákona č. 89/2012 Sb., o věci rozhodnout soud, což je zdlouhavé.

Z hlediska vlastníků bytů je velký tlak na odpojování od soustav CZT, což v ČR podléhá povolení. Odpojit se od CZT je možné jen základě stavebního řízení dle zákona č. 183/2006 Sb., se souhlasem dotčeného orgánu, kterým je Odbor ochrany životního prostředí obce s rozšířenou působností. Trendem je vytápění jednotlivých bytů vlastními plynovými kotli umístěnými přímo v jednotlivých bytech.

Řešení spalinových cest plynových spotřebičů v mnoha bytových domech je neodborné. Jednotlivé byty jsou často vytápěny spotřebiči v provedení „B“, tedy spotřebiči závislími na vzduchu v místnosti aniž by byl zajištěn odpovídající přívod vzduchu. V letních měsících může u takto zapojených spotřebičů dojít k obrácení tahu spalinové cesty a otravě oxidem uhelnatým.

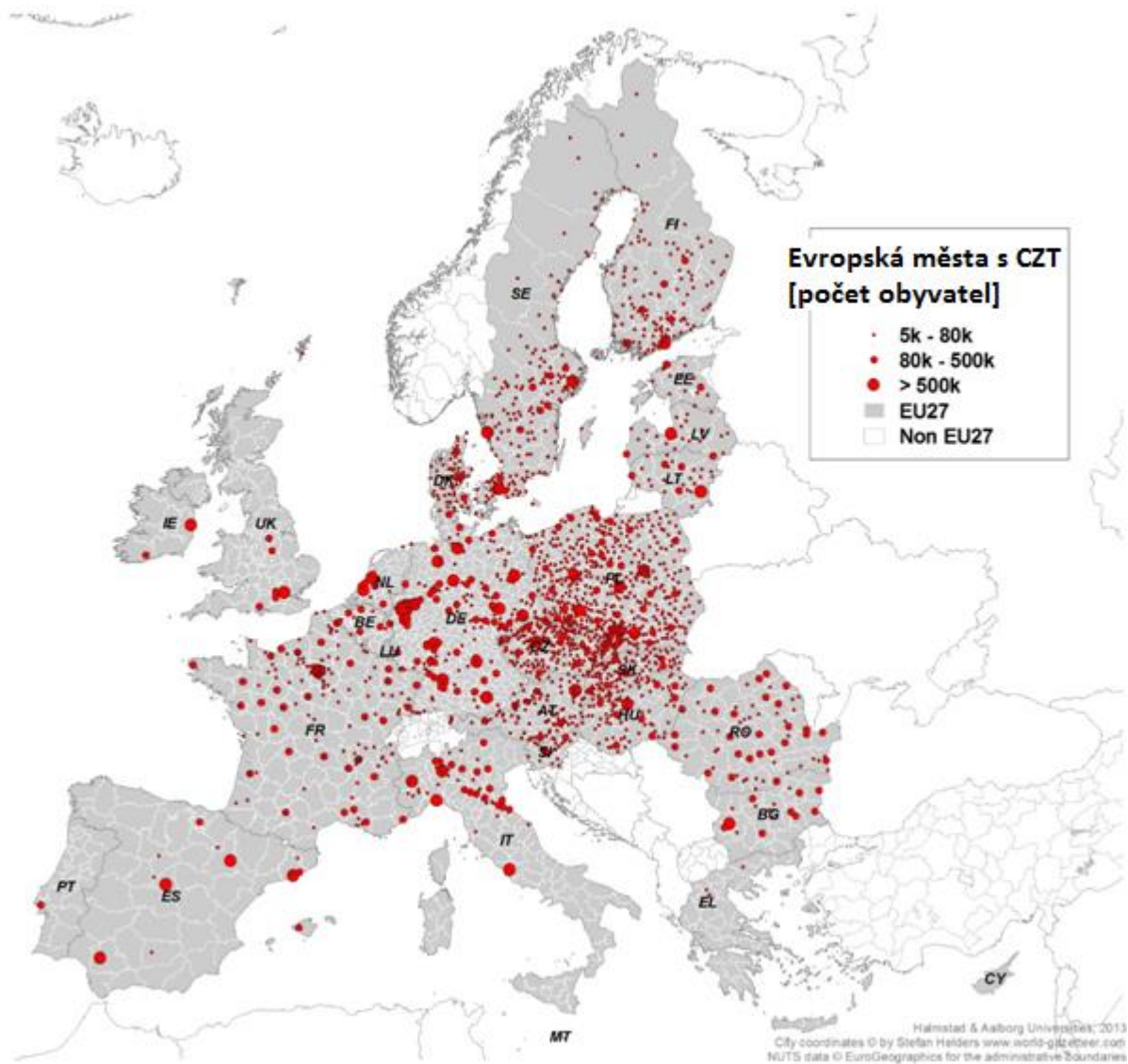
Domovní plynovody jsou často prováděny neodborně, stejně tak jako napojení plynových kotlů na domovní plynovod. Za bezpečný provoz plynového zařízení je dle odst. 2 §1175 zákona č. 89/2012 Sb., a §9 nařízení vlády č. 366/2013 Sb., vůči SVJ, či správci odpovědný vlastník bytu jehož je plynový kotel součástí. Dle odst. 2 písm. f) §62 zákona č. 458/2000 Sb., je odpovědným za bezpečný stav plynového zařízení provozovatel zařízení zákazník, kterým může být nejen vlastník, ale také nájemník bytu.

V praxi jsou povinnosti udržovat plynové zařízení v jednotlivých bytech v řádném a bezpečném stavu velmi obtížně a velmi pomalu vymahatelné, což představuje ohrožení bezpečnosti značné části obyvatelstva v bytových domech. Kompetentní k řešení jsou příslušný stavební úřad, HZS, ERÚ, distributor plynu, revizní technik, PČR a v případě nebytových prostor také Oblastní inspektorát práce. Domáhat se nápravy je možné rovněž občanskoprávní cestou prostřednictvím soudu na základě §1175 zákona č. 89/2012 Sb.

Ceny tepla v ČR jsou účtovány dle spotřeby. V důsledku neustálého zdražování ceny tepla jsou bytové domy napojené na CZT zateplovány, což vede k růstu fixních nákladů na výrobu a distribuci tepla a dalšímu zvyšování jednotkové ceny dálkového tepla. Vysoká cena dálkového tepla je v ČR oproti DCZT ovlivněna zejména vysokým zdaněním a vysokou cenou emisních povolenek.

Lokálně sice může dojít po zateplení objektů napojených na CZT k úspoře paliva v místní teplárně, na úrovni státu však dochází s ohledem na přebytek odpadního při výrobě elektrické energie tepla (viz. obrázek 4) jen k vyššímu množství odpadního tepla odvedeného v chladících věžích elektráren v jiném místě. Po zateplení bytového domu, jeho odpojení od CZT a přechodu na vytápění plynovým kotlem, dojde sice lokálně ke snížení spotřeby tepla, ale paradoxně také k navýšení spotřeby primárních paliv na úrovni státu.

Obrázek 2: Evropská města s CZT



Zdroj: [11]

Jako příklad struktury odběru tepla v CZT během roku jsou uvedeny odběrový diagram města Plzeň z roku 1990 se zahrnutím jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR200 viz. obrázek 3 a data uvedená v tabulce 5 z teplárny v ČR, která byla poskytnuta pod podmínkou zachování anonymity zdroje. Výpočtem koeficientu k (-) průměrného využití jmenovitého tepelného výkonu zdrojů tepla pro síť CZT bylo zjištěno průměrné roční využití jmenovitého výkonu 32,0 % pro CZT v Plzni (rok 1989), 16,9 % pro anonymní teplárnu v ČR a 11,9 % s využitím statistických dat všech sítí CZT a zdrojů tepla v ČR. Ačkoli s ohledem na totožné klimatické podmínky bylo očekáváno splnění předpokladu $k_1 \doteq k_2 \doteq k_3$, bylo zjištěno, že $k_1 \doteq 2k_2$, $K_1 \doteq 3K_3$ a $k_3 \doteq k_2$. Vysokou odchylku koeficientu k_1 si autor vysvětluje vysokým podílem průmyslu zásobovaného ve městě Plzeň v roce 1989 dálkovým teplem, zajištění celoročního ohřevu TV dálkovým teplem a vyloučit nejde ani „přizpůsobení“ statistických dat výsledku studie proveditelnosti. Pro účely výpočtu potenciálu malých jaderných zdrojů tepla v ČR bude využit

koeficient k_3 , který obsahuje nejvyšší míru bezpečnosti a je podložen nejvyšším počtem statistických dat.

Výpočet koeficientu k (-) průměrného využití jmenovitého tepelného výkonu v průběhu roku

$$k = \frac{Q_{skut.}}{Q_{teor.}} = \frac{Q_{skut.}}{\dot{Q} \cdot t} [-]$$

Kde:

k (%) Koeficient průměrného využití jmenovitého tepelného výkonu zdroje tepla v průběhu roku v síti CZT

$Q_{teor.}$ (J) teplo, které by bylo do sítě CZT dodáno při celoročním provozu zdroje tepla na jmenovitý výkon

$Q_{skut.}$ (J)..... teplo skutečně dodané zdrojem tepla o jmenovitém výkonu do sítě CZT

\dot{Q} (W) jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla

t (s) čas, po který je zdrojem tepla o jmenovitém výkonu dodáváno teplo do sítě CZT

Výpočet koeficientu k pro CZT v Plzni s využitím dat z obrázku 3

$$k_1 = \frac{4,245 \cdot 10^{15}}{420,6 \cdot 10^6 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365} = \frac{4,245 \cdot 10^{15}}{13,26 \cdot 10^{15}} = 0,320$$

Výpočet koeficientu k pro CZT s využitím dat z tabulky 5:

$$k_2 = \frac{7,30884 \cdot 10^{14}}{137 \cdot 10^6 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365} = \frac{7,31 \cdot 10^{14}}{4,32 \cdot 10^{15}} = 0,169$$

Výpočet koeficientu k pro CZT s využitím dat z tabulky 1 a tabulky 7 (sítě a zdroje CZT celá ČR)

$$k_3 = \frac{150 \cdot 10^{15}}{39923,2 \cdot 10^6 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365} = \frac{1,50 \cdot 10^{17}}{1,259 \cdot 10^{18}} = 0,119$$

Trendem je snižování tepelných ztrát rozvodů CZT. Probíhá postupné nahrazování neekonomických a obtížně regulovatelných parních soustav CZT horkovodními soustavami s výměňikovými stanicemi a možností regulace odběru tepla. Jmenovité parametry uvedené v tabulce 5 jsou maximální, během roku je dle požadavku odběratele tepla regulována teplota horké vody.

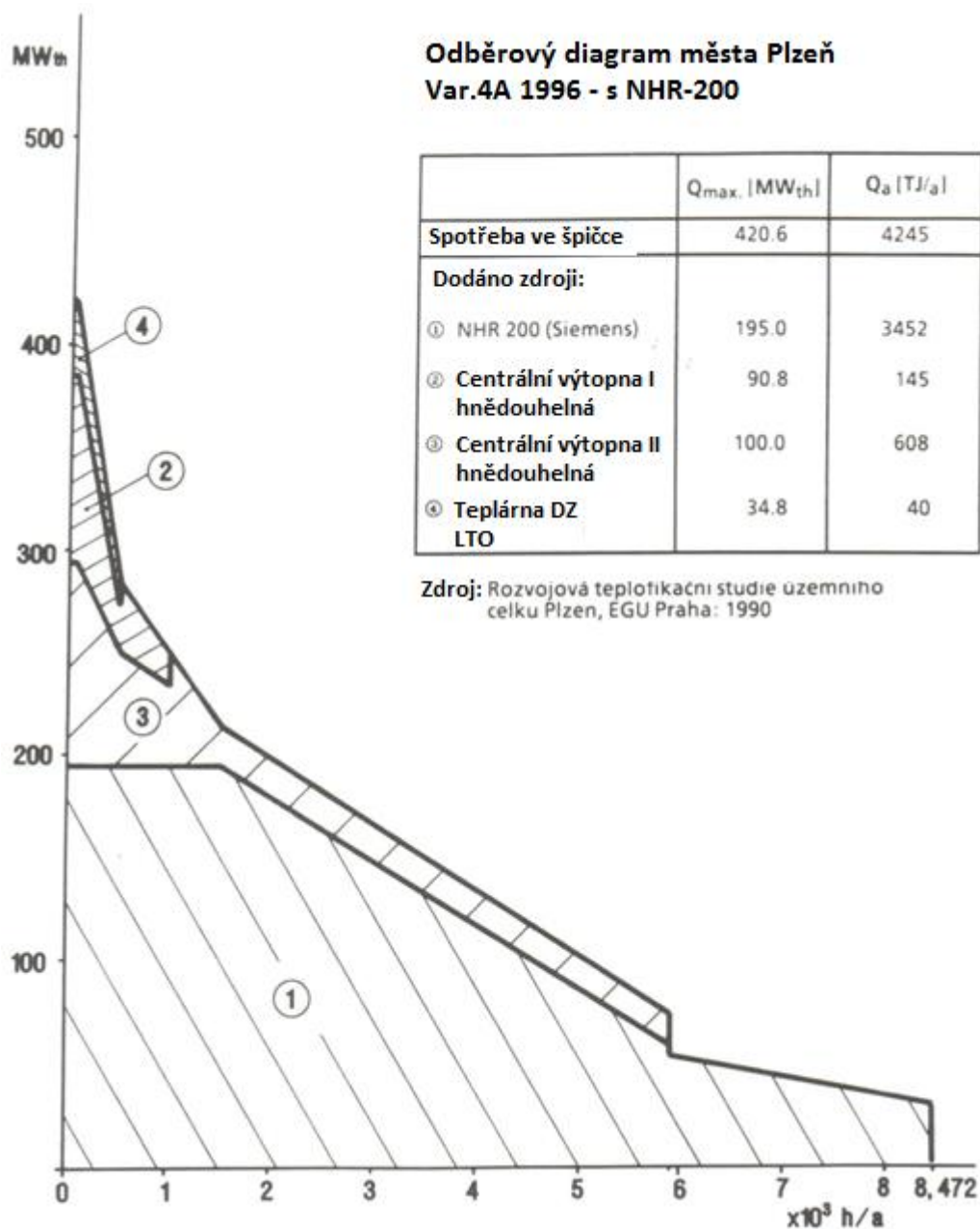
Tabulka 5: Parametry CZT a spotřeba tepla během roku 2019 (příklad konkrétní teplárny v konkrétním městě v ČR)

Jmenovitý tepelný výkon		137 MW	
Jmenovité parametry		165/70 °C (horkovodní soustava)	
Průměrný tepelný výkon v hodnoceném období		23 MW	
Podíl maximálního výkonu v hodnoceném období		16,9 %	
Období	Spotřeba (GJ)	Podíl na spotřebě (%)	Využití jmenovitého výkonu (%)
1	120708	16,52	32,90
2	90643	12,40	28,10
3	79581	10,89	21,69
4	55641	7,61	15,67
5	50076	6,85	13,65
6	20827	2,85	5,87
7	20471	2,80	5,58
8	20614	2,82	5,62
9	27808	3,80	7,83
10	59089	8,08	16,10
11	84551	11,57	23,81
12	100875	13,80	27,49
rok	730884	100	16,9

Zdroj: [78]

Podíl krytí potřeby tepla při monoenergetickém způsobu provozu v klimatických podmínkách ČR lze nalézt rovněž v [82]. Ačkoli je diagram určen primárně pro návrh teplených čerpadel, může být využit rovněž pro teplotenské účely. Porovnáním obrázku 4 s [82] vycházejí prakticky totožné hodnoty.

Obrázek 3: Odběrový tepelný diagram CZT Plzeň s uvažováním jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200



Zdroj:[80]

Pro účely stanovení potenciálu malých jaderných zdrojů tepla byla statistická data ze zdroje [12] shrnuta přehledně do tabulky 6 a tabulky 7. znázorňující strukturu sítí a zdrojů CZT v ČR. Tabulka 8 pak dává představu o časovém vývoji. Důležitou informací je zejména skutečnost, že 76 % kapacity sítí CZT je zajištěno 115ti sítěmi CZT o výkonu 50 MW a více a sítěmi s tepelnou kapacitou nad 200MW je zajištěno téměř 55 % tepelné kapacity sítí CZT. Dále bylo zjištěno, že poměr celkové tepelné kapacity sítí CZT ku instalovanému výkonu zdrojů tepla je 0,896 a 79,4 % tepelného výkonu zdrojů je vyráběno páře. Nepodařilo se však z dostupných dat zjistit kolik soustav CZT je parních, je však předpokládáno, že většina soustav

CZT je horkovodních s parametry do 165/70°C a teplo v páře je dodáváno jen ve špičkách odběrem páry před VT dílem turbíny ze zdrojů bez využití technologie KVET.

Statistická data bez znalosti hlubších souvislostí mohou být zavádějící, pro bližší přiblížení je třeba vzít v úvahu skutečnost, že v některých větších městech se může nacházet více sítí CZT, které nejsou vzájemně propojeny v jeden celek, případně veškerý tepelný výkon zdroje nemusí být využit pro účely CZT. Pro účely pohledu na sektor CZT na úrovni státu a prvotní vyhodnocení potenciálu SMR v širších souvislostech jsou však statistická data dostačující.

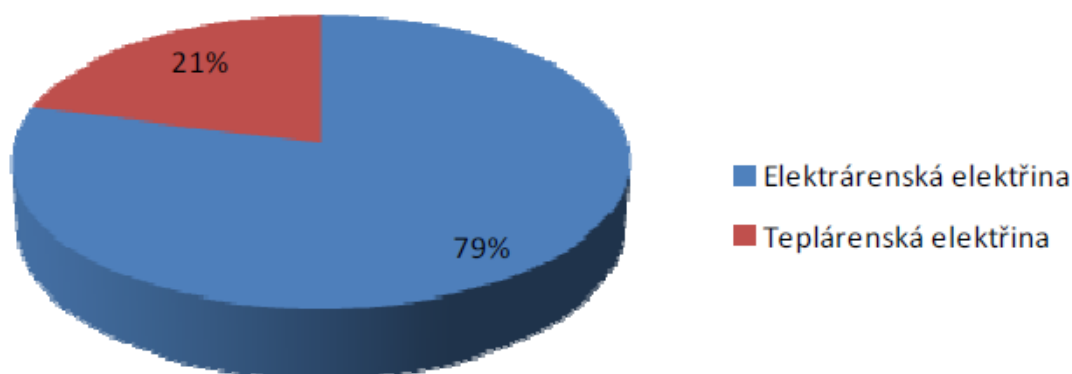
Tabulka 6: Četnost tepelné kapacity sítí CZT v České republice v roce 2018

Rozsah tepelného výkonu (GW)	Počet sítí (-)	Délka sítí (km)	Součet tepelné kapacity (MW _t)	Podíl na celkové tepelné kapacitě (%)	Podíl na celkové kapacitě (%)	
> 1GW	5	1021,29	5728,8	16,02	54,85	76,06
0,5-1	4	798,44	2873	8,04		
0,3-0,5	14	895,57	5625,6	15,74		
0,2-0,3	20	932,11	5381,1	15,05		
0,1-0,2	38	1015,20	5383,2	15,06	21,21	
0,05-0,1	34	402,21	2201	6,16		
0,02-0,05	103	886,24	3217,5	9,00	23,94	
0,01-0,02	122	413,69	1639,6	4,59		
0,005-0,01	182	345,89	1237,2	3,46		
< 0,005	1818	807,79	2464,4	6,89		
Celkem	2340	7518,43	35751,5	100	100	

Zdroj: [12]

Z obrázku 4 je patrné, že 21 % elektrické energie je v ČR je vyráběno v teplárnách s využitím technologie KVET. Jinými slovy přibližně 79 % odpadního tepla při výrobě elektrické energie zůstává z různých důvodů nevyužito a zde se nachází obrovský potenciál pro snížení primární spotřeby paliv na úrovni státu. Ačkoli s ohledem na klimatické podmínky ČR a sezonní potřebu tepla na vytápění a ohřev TV není možné pokrýt KVET veškerou výrobu elektrické energie, potenciál úspory primárních paliv (na úrovni státu) využíváním kogenerační výroby je v ČR stále významný.

Obrázek 4: Podíl tepláren na výrobě elektrické energie v ČR v roce 2009



Zdroj: [13]

Tabulka 7: Četnost výkonu zdrojů tepla v České republice v roce 2018

Rozsah tepelného výkonu (GW _t)	Počet zdrojů (-)	Součet tepelného výkonu (MW _t)	Součet elektrického výkonu (MW _e)	Podíl na celkovém tepelném výkonu (%)	Podíl na celkovém tepelném výkonu (%)	Podíl na celkovém elektrickém výkonu (%)	Podíl na celkovém elektrickém výkonu (%)
>1	8	13055,5	4541,0	32,70	80,1	28,03	92,8
0,5-1	6	4334,5	3272,0	10,86		20,20	
0,3-0,5	14	5479,0	1943,7	13,72		12,00	
0,2-0,3	14	3415,5	742,9	8,56		4,59	
0,1-0,2	27	3985,2	2429,7	9,98		15,00	
0,05-0,1	22	1689,4	2113,9	4,23		13,05	
0,02-0,05	83	2660,3	245,5	6,66	19,9	1,52	7,2
0,01-0,02	122	1760,3	558,1	4,41		3,44	
0,005-0,01	160	1143,6	65,26	2,86		0,40	
<0,005	1650	2399,9	289,8	6,01		1,79	
Celkem	2112	39923,2	16201,8	100,00	100,00	100,00	100
Celkem	Parní	31298,9					
Celkem	Horkovodní	4551,6					
Celkem	Teplovodní	4072,5					
<i>Celkem</i>	<i>KVET</i>	<i>17810,2</i>					

Zdroj: [12]

Tabulka 8: Vývoj instalovaného tepelného výkonu a délky rozvodů tepla

	2014	2015	2016	2017	2018
Délka rozvodů parní [km]	1 470,60	1 452,20	1 425,71	1 415,43	1 374,45
Délka rozvodů teplovodní [km]	3 509,10	3 439,80	3 449,09	3 454,98	3 441,96
Délka rozvodů horkovodní [km]	2 732,80	2 602,50	2 633,16	2 646,46	2 642,25
Délka rozvodů celkem	7 712,50	7 494,50	7 507,96	7 516,87	7 458,66
Tepelný výkon parní [MW _t]	26 043,40	27 978,40	29 319,14	31 318,47	30 515,66
Tepelný výkon teplovodní [MW _t]	4 645,10	4 718,40	4 732,42	4 551,54	4 436,23
Tepelný výkon horkovodní [MW _t]	6 758,20	4 680,20	4 429,28	4 072,54	4 545,68
Tepelný výkon celkem	37 446,70	37 377,00	38 480,84	39 942,56	39 497,58

Zdroj: [52]

Soustavy CZT s přenosovou kapacitou nad 200 MWt:

Hodonín, Trutnov, Tisová, Pruněrov, Ostrava Vítkovice, Plzeň, České Budějovice, napaječ z Mělníku a rozvody v Praze, Strakonice, Ústí nad Labem, Ostrava, Karviná, Havířov, Olomouc, Přerov, Frýdek Místek, Ústí nad Labem, Zlín, Liberec, Brno, Hradec Králové, Mladá Boleslav, Příbram, Ostrava, Tábor, Olomouc, Štětí, Chomutov, Hodonín, Vítkovice, Ústí nad Labem, Litvínov, Zlín, Plzeň, Opatovice, Kralupy nad Vltavou, Most - Komořany, Kopřivnice, Otrokovice. [52]

Obrázek 5 znázorňuje obvyklou účinnost přeměny energie primárního paliva na teplo a elektrickou energii. Významné jsou v porovnání s DCZT zejména ztráty v kotelnách. Ztráty v rozvodech tepla činili dle [47] v roce 2018 již jen 5 %, což je důsledkem rekonstrukce sítí CZT.

Tabulka 9: Palivový mix zdrojů CZT v roce 2009

Struktura spotřeb paliv pro zásobování teplem (PJ/r)	Dálkové vytápění	Celkové teplo	Podíl dálkového vytápění na celkovém teple
Hnědé uhlí, lignit, brikety	130	155	84%
Černé uhlí a ost. tuhá pal.	30	45	67%
Kapalná paliva celkem	5	10	50%
Zemní plyn a ost. plyny	50	180	28%
Obnovitelné a druhot.zdr.	20	50	40%
Paliva celkem	235	440	53%

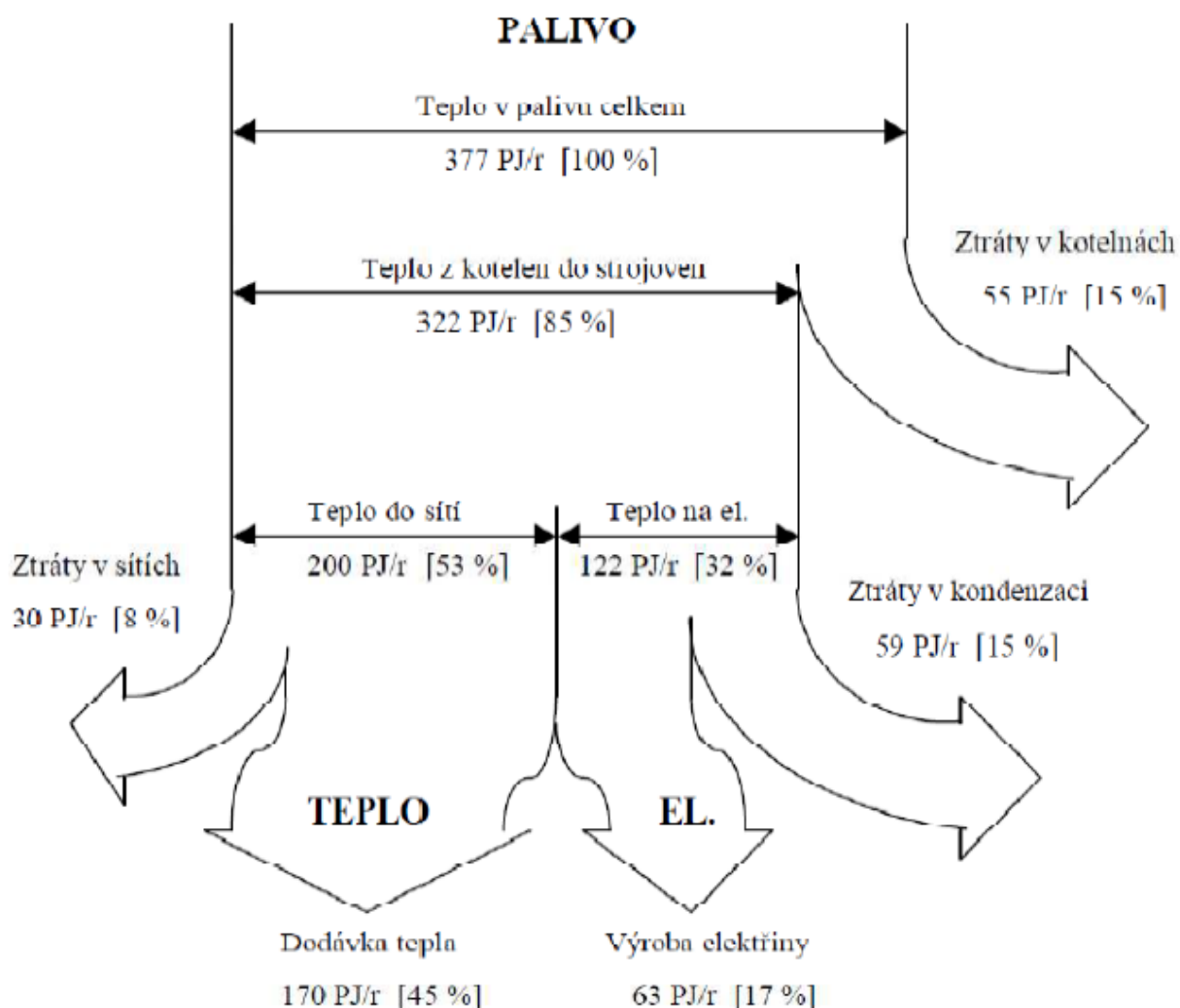
Zdroj: [13]

Tabulka 10: Podíl paliv při centrální výrobě tepla v zařízení s KVET a ve výtopnách 2013

Palivo	Podíl [%]	při KVET	Podíl ve výtopenské výrobě [%]
Hnědé uhlí	54		9
Černé uhlí	17		1
Zemní plyn a ostatní plyny	18		79
OZE a jiná paliva	11		11

Zdroj: [1] str.14

Obrázek 5: Diagram energetických toků v teplárenství ČR

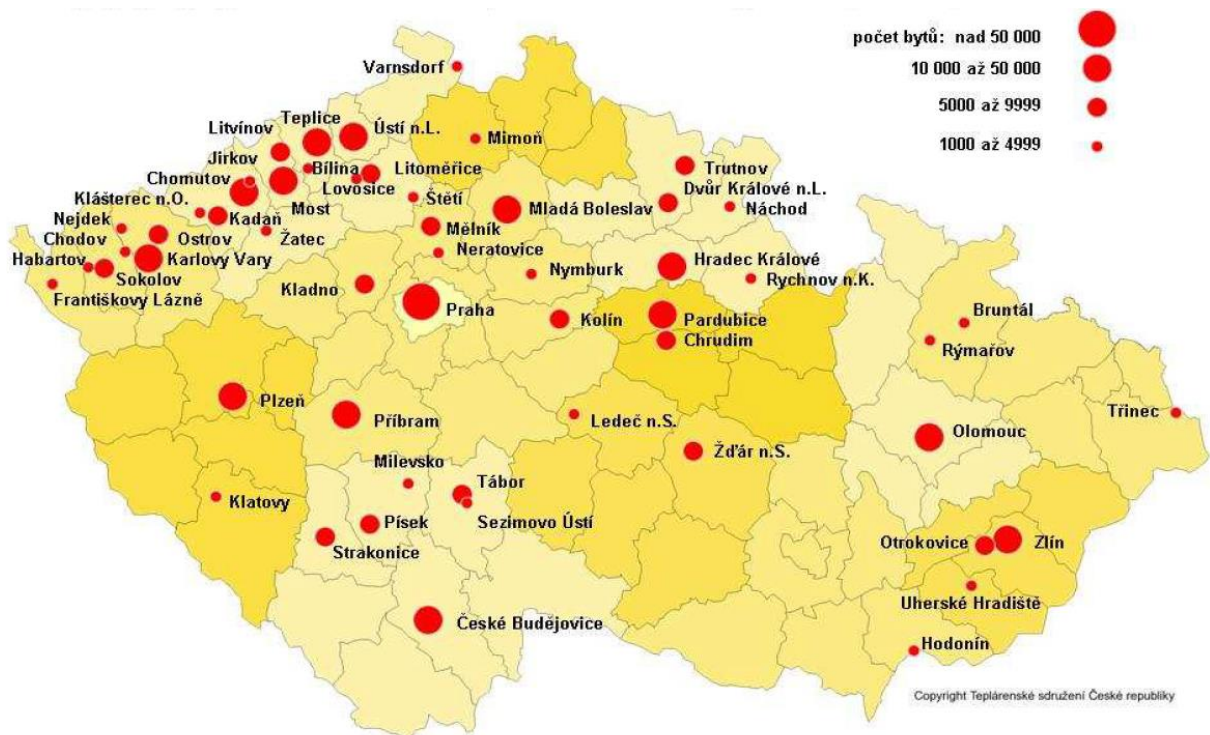


Zdroj: [13]

Z tabulky 12, obrázku 6 a obrázku 7 je zřejmý vysoký podíl KVET na výrobě tepla v soustavách CZT v ČR. Výtopny slouží spíše pro lokální vytápění malých soustav CZT, tam kde

kogenerační výroba není možná nebo ekonomická. Z obrázku 6 je patrná vysoká koncentrace sítí a zdrojů CZT využívajících jako palivo hnědé uhlí v Severních Čechách. Je evidentní, že není reálně možné zajistit náhradu hnědého uhlí v této lokalitě jen spalováním biomasy z rozumné svozové vzdálenosti.

Obrázek 6: Počet bytů ve městech ČR zásobovaných teplem s CZT hnědým uhlím



*Údaje červen 2010, v případě využití více paliv počet domácností poměrně krácen, celkem zachyceno cca 608 000 bytů.

Zdroj: [13]

V tabulce 11 jsou znázorněny předpokládané potřeby hnědého uhlí velkých tepláren v ČR. Z tabulce 11 je rovněž zřejmé, že mnohé teplárny neměly donedávna zajištěny dodávky hnědého uhlí po roce 2020, což bylo prozatím vyřešeno prolomením limitů těžby uhlí na dole Bílina. Souhlas s prolomením limitů byl ze strany MŽP podmíněn přednostním využitím hnědého uhlí pro teplárenské účely. Nedostatek paliva pro teplárny je tedy sice krátkodobě vyřešen, není však vyřešena vysoká cena dálkového tepla z uhlí v důsledku vysoké ceny emisních povolenek. Pro přehlednost a úplnost práce jsou ještě uvedeny tabulka 12, obrázek 7, obrázek 8 a obrázek 9 znázorňující rozmístění zdrojů tepla pro CZT a strukturu výroben KVET.

Tabulka 11: Základní projekce potřeb HU podle jednotlivých výroben energie

tis. tun	2013	2014	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ČEZ, a.s. Elektrárna Hodonín	138	126	151	130	130	130	130	130		
ČEZ, a.s. Elektrárna Poříčí II	290	426	390	350						
Skupina ČEZ, Energotrans, a.s. EMĚ I	1477	1347	1709	1300	1300	1300	1300			
Skupina ČEZ, Teplárna Trmice, a.s.	465	468	555	540	540					
Celkem teplárny ČEZ	2370	2367	2805	2320	1970	1430	1430	130	0	0
ČEZ, a.s. Elektrárna Ledvice	1494	976	2965	4000	4000	4000	4000	4000	3000	3000
ČEZ, a.s. Elektrárna Mělník II	667	941	1090	1000	1000					
ČEZ, a.s. Elektrárna Pruněřov I	2752	2793	2592							
ČEZ, a.s. Elektrárna Pruněřov II	2442	2027	4176	4100	3400	3400	3000			
ČEZ, a.s. Elektrárna Tušimice II	4577	4674	5150	4800	3549	3500	3000			
ČEZ, a.s. Teplárna Dvůr Králové	27	26	28	26	26	26	26	26		
Skupina ČEZ, Elektrárna Mělník III, a.s.	1421	1953	975							
Skupina ČEZ, Elektrárna Počeradky, a.s.	5417	4965	4260	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Skupina ČEZ, Elektrárna Tisová, a.s.	1361	1384	1400	760						
Celkem elektrárny ČEZ	20158	19739	22636	19686	16975	15926	15026	9026	8000	8000
Alpiq Generation, s.r.o., zdroj Kladno	937	1223	1223	1223	1223	1223	1223	1223	900	900
Alpiq Generation, s.r.o., zdroj Zlín	162	148	150	150	140	140	140	140	140	140
Elektrárna Chvaletice, a.s.	2446	2584	2500	2500	3400	3400	3400	3400		
Elektrárny Opatovice, a.s.	1783	1803	2340	2340	2136	2136	2136	2136	2136	2136
SU, a.s., paroplyn Vřesová	1256	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300		
Celkem ostatní veřejné elektrárny	6585	7058	7513	7513	8199	8199	8199	8199	3176	3176
Veolia Kolín, a.s. - Elektrárna Kolín	120	106	100	100	93	93	93	93	93	93
Ostrovská teplárenská, a.s.	46	45	45	45	45					
Plzeňská teplárenská, a.s.	526	492	521	521	412	312	312	312	312	312
RWE Energo, s.r.o., Teplárna Náchod	61	60	18							
Teplárna České Budějovice, a.s.	287	241	220	220	218	217	216	214	212	200
Teplárna Otrokovice, a.s.	235	187	150	150	280	280	280	280	280	280
Teplárna Písek, a.s.	45	44	53	53	48	38	38	38		
Teplárna Strakonice, a.s.	132	109	135	135	135	135	135	135	135	135
Teplárna Tábor, a.s.	102	110	105	105	105	105	105	105	105	105
United Energy, a.s. Tepl. Komořany	1072	700	700	700	700	700	700			
Výr. tepla Příbram, a.s., Tepl. Příbram	128	104	147	147						
Veolia Energie ČR, a.s. – Tepl. Krmov	14	6	8	8						
Teplárna Varnsdorf, a.s.	12	18	18							
Veolia Energie ČR, a.s. – Tepl. Olomouc	167	161	177	177	177	177	177	177		
Celkem veřejné teplárny	2947	2383	2397	2361	2213	2057	2056	1354	1137	1125
Atherm, s.r.o. Chomutov	110	110	145	145	145	145	145	145	145	145
C-Energy Bohemia, s.r.o. Planá n/Luž.	108	101	70	70	70	70	70	70	70	70
Energetika Trinec, a.s.	126	116	180	180	180	180	180	180	180	180
Energy Ústí nad Labem, a.s.	82	83	83	192	192	192				
Hexion, a.s. Sokolov	51	40	45	45	52	52	52	39	39	
Mondi Štětí, a.s.	165	176	180	180	180	180	180	180	180	180
Mor. Energ., a.s. Lovochemie Lovosice	104	100	100	100	150	150				
Plzeňská energetika, a.s.	322	326	320	350	350	350	350			
SU, a.s. Teplárna Vřesová	1994	2000	2200	2200	2800	2800	2800	2800		
Spolana, a.s. Neratovice	159	165	125	125	125					
Synthesia, a.s. - odbor Energetika	26	21	35	75	75	75	75	75		
ŠKO-Energo, s.r.o. Mladá Boleslav	220	223	230	230	230	230	230	230	230	
TTD, a.s. - Cukrovar České Meziříčí	35	35	35	35	35	35	35	35		
Unipetrol RPA, s.r.o. Litvínov, T-700	1185	1089	1200	1200	1100	1500	1500	1500	1500	1500
ŽDAS, a.s. Žďár nad Sázavou	62	40	40	40						
Celkem závodní teplárny	4749	4624	4988	5167	5684	5959	5617	5254	2344	2075
Celkem zvlášť velké výroby	36819	36171	40339	37047	35041	33571	32328	23963	14657	14376

Zdroj:[14]

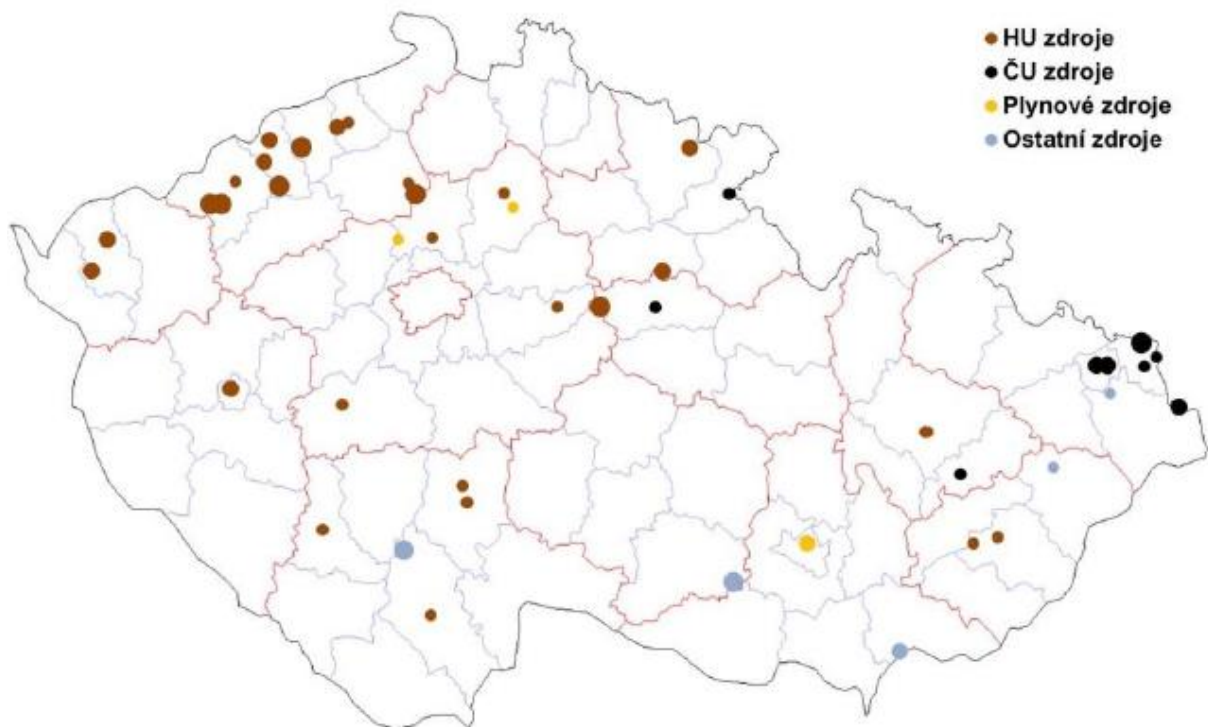
Tabulka 12: Struktura výroben KVET (prosinec 2014)

Výkon výroby	Technologie	Celkový instalovaný el. výkon [MW _e]	Celkový instalovaný tep. výkon [MW _t]
Do 1 MW _e (včetně)	Parní elektrárny	13	537,4
	Paroplynové elektrárny	0,0	0,0

Výkon výroby	Technologie	Celkový instalovaný el. výkon [MW _e]	Celkový instalovaný tep. výkon [MW _t]
	Plynové spalovací	296,6	341,9
	Celkem	309,6	879,4
Od 1 MW _e do 5 MW _e (včetně)	Parní elektrárny	82,8	1266,9
	Paroplynové elektrárny	0,0	0,0
	Plynové spalovací	239,0	283,4
	Celkem	321,8	1550,3
Nad 5 MW _e	Parní elektrárny	9 792,2	18 080,0
	Paroplynové elektrárny	118,0	119,9
	Plynové spalovací	5,4	7,9
	Celkem	9 915,6	18 207,8
Celkem	Parní elektrárny	9 888,0	19884,4
	Paroplynové elektrárny	118,0	119,9
	Plynové spalovací	541,0	633,1
	Celkem	10 547,0	20 637,4

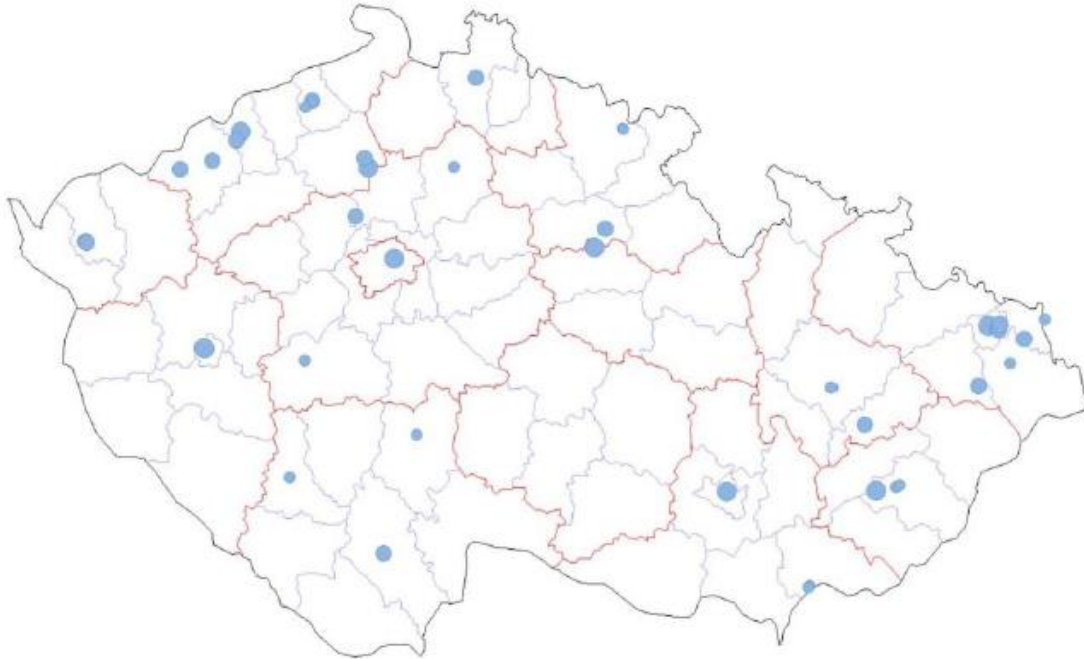
Zdroj: [1] str.14

Obrázek 7: Výrobní elektrárny umožňující KVET



Zdroj:[1] str.22

Obrázek 8: Mapa infrastruktury umožňující dálkové vytápění v ČR



Zdroj: [1] str.21

Obrázek 9: Spalovny odpadu v ČR (významné)

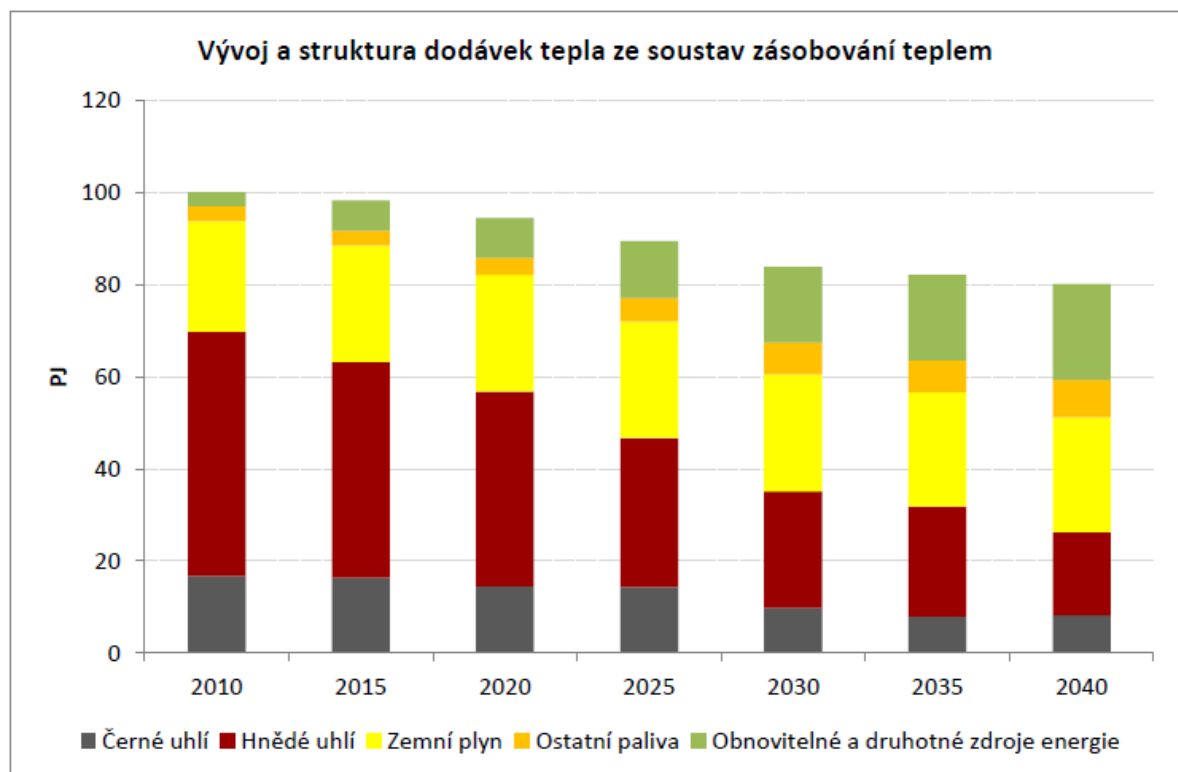


Zdroj: [1] str.23

1.2.2 Struktura CZT do roku 2040 dle SEK

Státní energetická koncepce České republiky předpokládá v letech 2010-2040 snižování dodávek tepla ze soustav CZT, jehož primární příčinou je snižování energetické náročnosti bytových domů. Z hlediska skladby palivového mixu předpokládá SEK ČR v oblasti CZT snižování spotřeby hnědého a černého uhlí, mírný růst ostatních paliv, OZE a druhotných zdrojů energie. Předpokládán je i nadále do roku 2040 dominantní podíl fosilních paliv. Ostatní paliva nejsou v SEK blíže specifikována, autor se však domnívá, že mezi ostatní paliva v SEK ČR lze počítat také jaderné zdroje, primárně je však pravděpodobně předpokládáno využití tepla z velkých jaderných bloků v elektrárnách Temelín a Dukovany. SEK dle názoru autora striktně nevyklučuje omezené využití malých jaderných zdrojů tepla v soustavách CZT. Blíže viz obrázek 10, obrázek 11 a tabulka 13.

Obrázek 10: Vývoj a struktura dodávek tepla ze soustav zásobování teplem



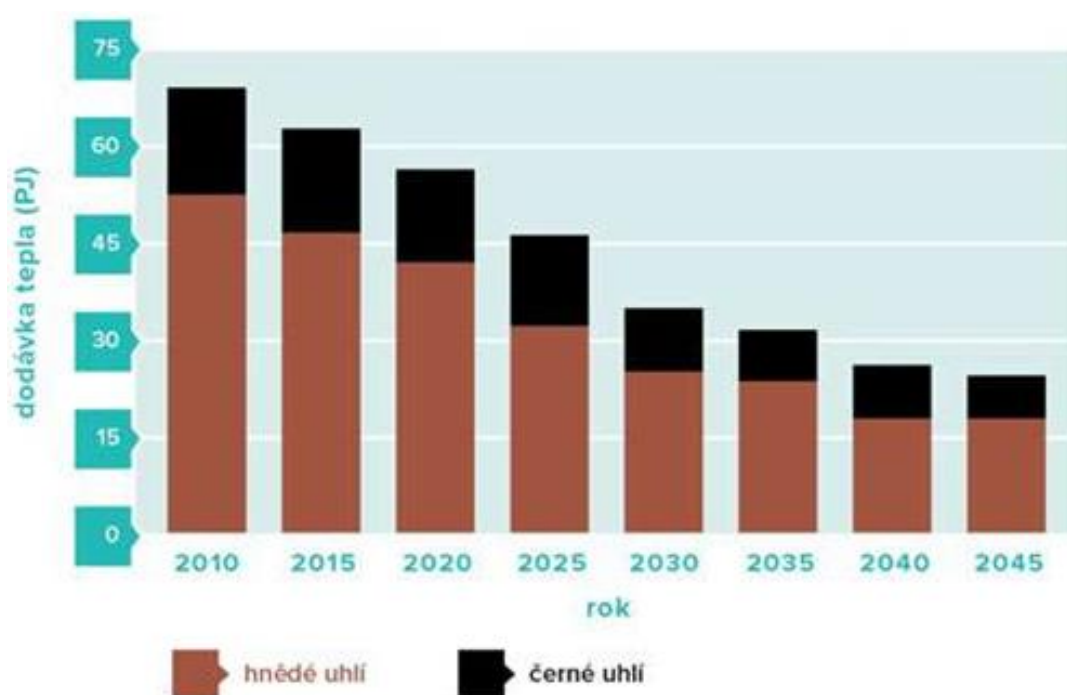
Zdroj: [2] str.116

Tabulka 13: Vývoj a struktura dodávek tepla ze soustav zásobování teplem

SZT		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Černé uhlí	PJ	16,8	16,3	14,5	14,3	9,8	7,9	8,2
Hnědé uhlí	PJ	53,0	47,0	42,4	32,4	25,4	23,9	18,1
Zemní plyn	PJ	24,0	25,3	25,3	25,4	25,4	24,8	25,0
Ostatní paliva	PJ	3,2	3,2	3,7	5,1	7,0	7,0	8,1
OZE	PJ	3,0	6,6	8,7	12,3	16,4	18,6	20,8
Celkem	PJ	100,1	98,3	94,5	89,5	83,9	82,2	80,2

Zdroj: [2] str.116

Obrázek 11: Prognóza dodávek tepla z CZT vyrobeného z uhlí dle optimalizovaného scénáře (SEK)



Zdroj:[15]

1.3 Dílčí závěr 1. kapitoly

Dominantní podíl v teplofikaci ČR (CZT i DCZT) zaujímají fosilní paliva, zejména zemní plyn a uhlí. Dálkové teplo využívá 38,1 % obyvatel a 40,4 % bytových domů pro vytápění, pro ohřev teplé vody dálkové teplo využívá 38,7 % domácností. Bylo zjištěno, že většina domácností však dálkové teplo k ohřevu TV využívá v kombinaci s jiným zdrojem, což je pravděpodobnou příčinou nízkého využití jmenovitého výkonu zdroje tepla pro CZT na úrovni 5 % - 8 % ve 4 letních měsících. Dodávky více než 55 % dálkového tepla jsou v ČR zajištěny zdroji spalujícími uhlí, jejichž největší koncentrace se nachází v severočeské aglomeraci, kde není reálně možné nahradit hnědé uhlí biomasou z rozumné svozové vzdálenosti. Nejvyšší návrhový teplotní spád topných soustav v ČR je 75/65 °C. Parní soustavy CZT jsou postupně nahrazovány horkovodními soustavami s předávacími výměňkovými stanicemi. Bylo zjištěno, že 79,4 %

instalovaného tepelného výkonu pro CZT je dodáváno v páře. Z dostupných statistických dat se však nepodařilo zjistit, kolik soustav CZT je parních a kolik horkovodních. Je však předpokládáno, že většina soustav CZT je horkovodních s parametry do 165/70 °C a teplo v páře je do těchto soustav CZT dodáváno ve špičkách v zimních měsících odběrem páry před VT dílem turbíny ze zdrojů primárně určených k výrobě elektrické energie v kondenzačním režimu provozu integrovaných do těchto sítí. V klimatických podmínkách ČR je v soustavě CZT zajištěno pokrytí spotřeby přibližně 80% tepla při využití poloviny jmenovitého výkonu zdroje tepla (odpovídajícímu jmenovitým tepelným výkonem jmenovité přenosové kapacity sítě CZT - přesné množství však závisí na struktuře odběru tepla). V 6., 7., 8. a 9. měsíci roku činí spotřeba tepla dohromady jen 12 % celkové spotřeby (přesné množství závisí na struktuře sítě). Bylo zjištěno, že průměrné využití instalovaného tepelného výkonu zdrojů CZT během roku činí 11,9 %, nejnižší úrovně dosahuje v 6. až 9. měsíci roku, kdy se pohybuje na úrovni 5 % až 12 %, nejvyšší úrovně v 1. a 12 měsíci roku, kdy dosahuje úrovně 27 % až 65 %. Hodnoty jsou však ovlivněny odchylkou teploty od normálu a strukturou odběru tepla (např. způsobem ohřevu TV), která se liší u jednotlivých sítí CZT, především v případě odběru dálkového tepla průmyslovými podniky.

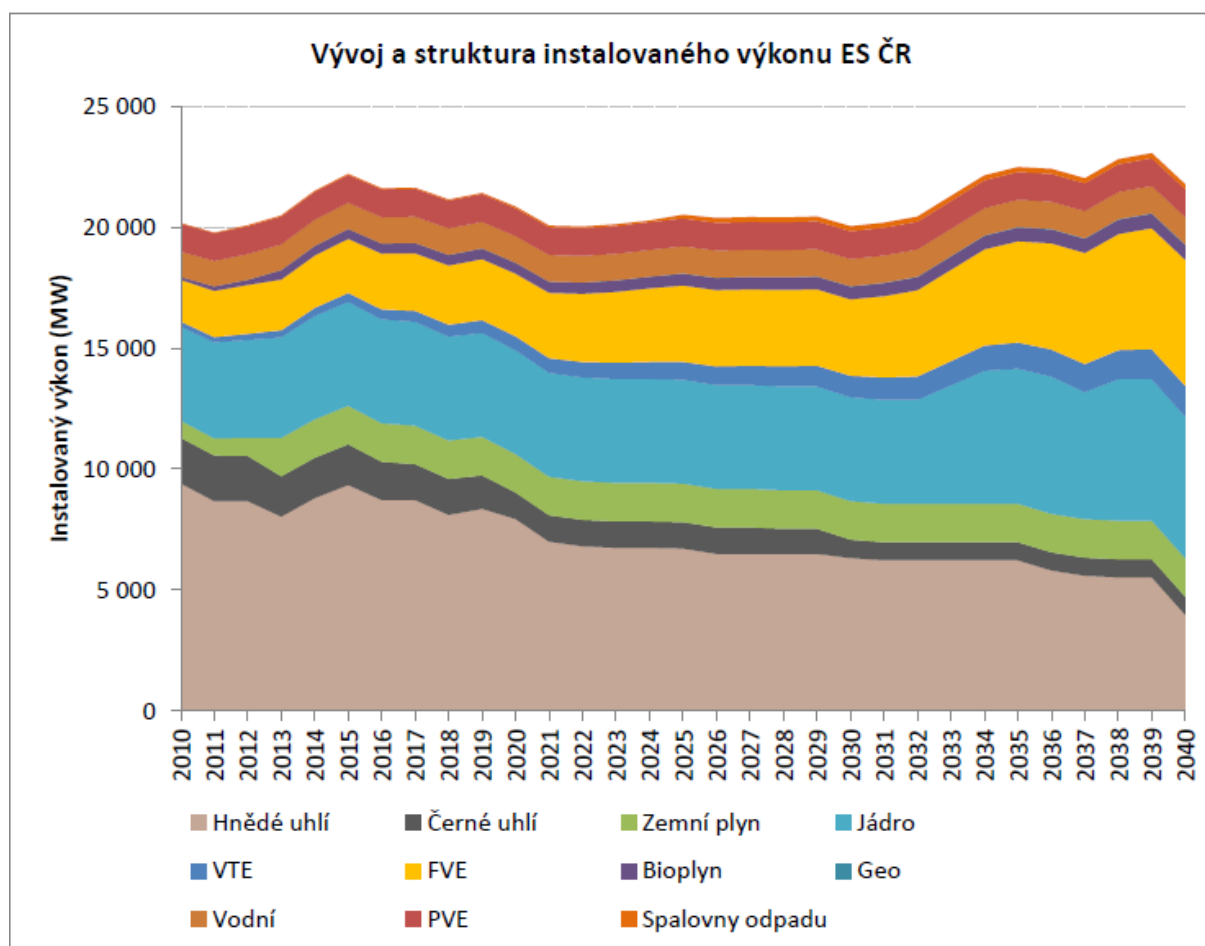
ČR patří v rámci EU mezi země s nejvíce rozvinutým CZT, které je však charakterizováno velkým množstvím zdrojů a sítí CZT o nízkém jednotkovém výkonu. Bylo zjištěno, že sítě CZT s přenosovou kapacitou nad 200MW_t pokrývají téměř 55 % celkové tepelné kapacity, sítě CZT s přenosovou kapacitou nad 50MW_t pokrývají více než 75 % celkové tepelné kapacity. KVET se v ČR podílí přibližně 19 % na výrobě elektrické energie. SEK ČR do roku 2040 v oblasti CZT předpokládá snižování potřeby tepla objektů zásobovaných dálkovým teplem, snižování podílu hnědého i černého uhlí a navyšování podílu biomasy a ostatních paliv. Dle názoru autora tedy SEK ČR striktně nevylučuje využití malých jaderných zdrojů v teplárenství, primárně je však v SEK ČR uvažováno omezené využití tepla ze stávajících velkých jaderných bloků v Dukovanech a Temelíně.

Ačkoli odpojení od CZT v ČR podléhá povolení, s ohledem na relativně vysokou cenu dálkového tepla je trendem odpojování spotřebitelů od sítí CZT a přechod na individuální vytápění jednotlivých bytů neoborně zapojenými zdroji tepla na zemní plyn, což představuje na úrovni státu problém spočívající v ohrožení velkého množství obyvatelstva ČR na zdraví a majetku. Odpojování od CZT a závislost na zemním plynu představuje riziko pro energetickou bezpečnost státu, v krajním případě hrozí rozpad soustav CZT. Většina tepláren a vytopen je v soukromém vlastnictví, obvykle je vlastník sítě CZT odlišný od vlastníka zdroje tepla. Většina bytových domů v ČR je v bytovém a družstevním vlastnictví.

2 Struktura výroby a spotřeby elektrické energie v ČR dle SEK

Kapitola 2 se sice primárně netýká tepla, je však zařazena pro úplnost, protože s ohledem na přesah výroby elektřiny do výroby tepla a naopak lze celou problematiku řešit jen komplexně. Jak vyplývá z obrázku 12, SEK ČR předpokládá do roku 2040 přibližně stejný instalovaný výkon ES ČR. Předpokládán je pokles instalovaného výkonu v uhlí (zejména po roce 2039), nárůst instalovaného výkonu je předpokládán u fotovoltaiky a větrných elektráren. Podíl jaderné energetiky na instalovaném výkonu je konstantní až mírně rostoucí.

Obrázek 12: Vývoj a struktura instalovaného výkonu ES ČR

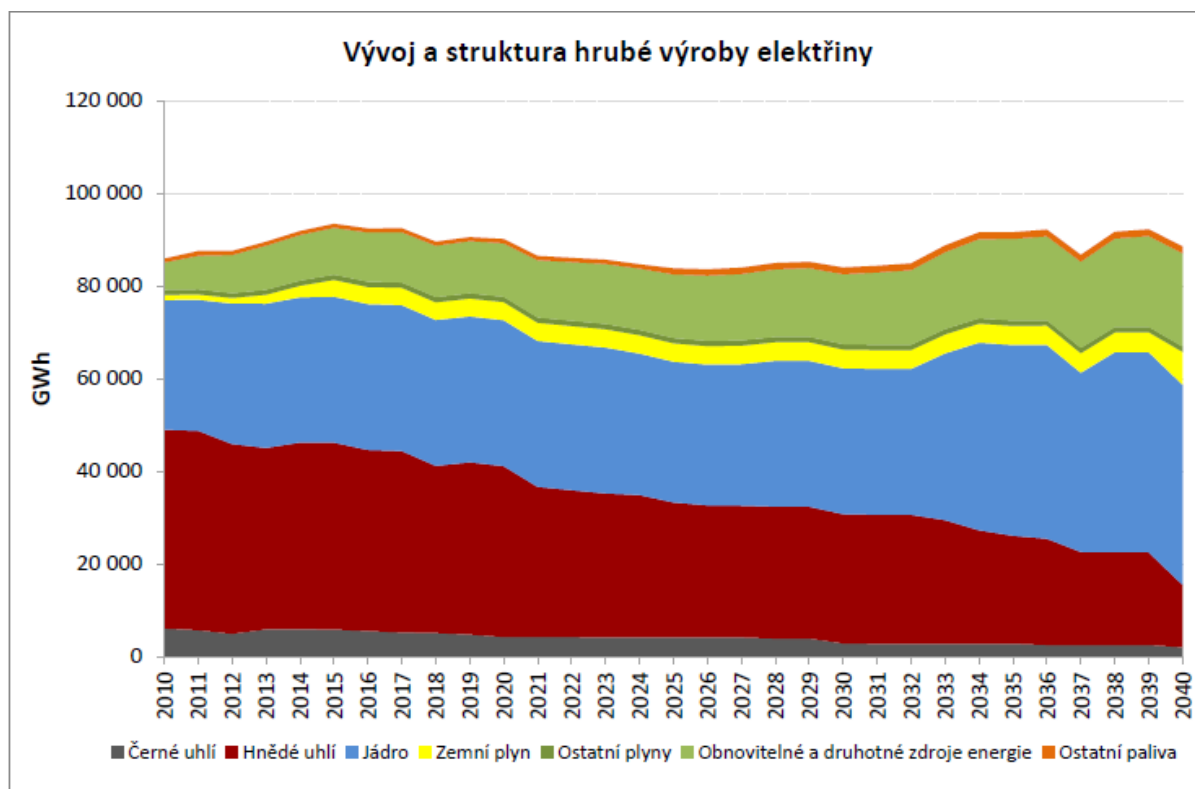


Zdroj: [2] str.113

Jak je znázorněno v obrázku 13 a tabulce 14, SEK ČR předpokládá do roku 2040 přibližně konstantní výrobu elektrické energie. Do roku 2040 je předpokládán významný pokles množství elektrické energie vyrobené z uhlí, rostoucí podíl výroby je předpokládán z jaderných zdrojů, OZE a druhotných zdrojů energie.

Dle obrázku 14 a tabulky 15 SEK ČR předpokládá mírný nárůst spotřeby elektrické energie do roku 2040. Výroba elektrické energie mírně převažuje nad spotřebou, předpokládáno je snížení exportu elektrické energie.

Obrázek 13: Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny



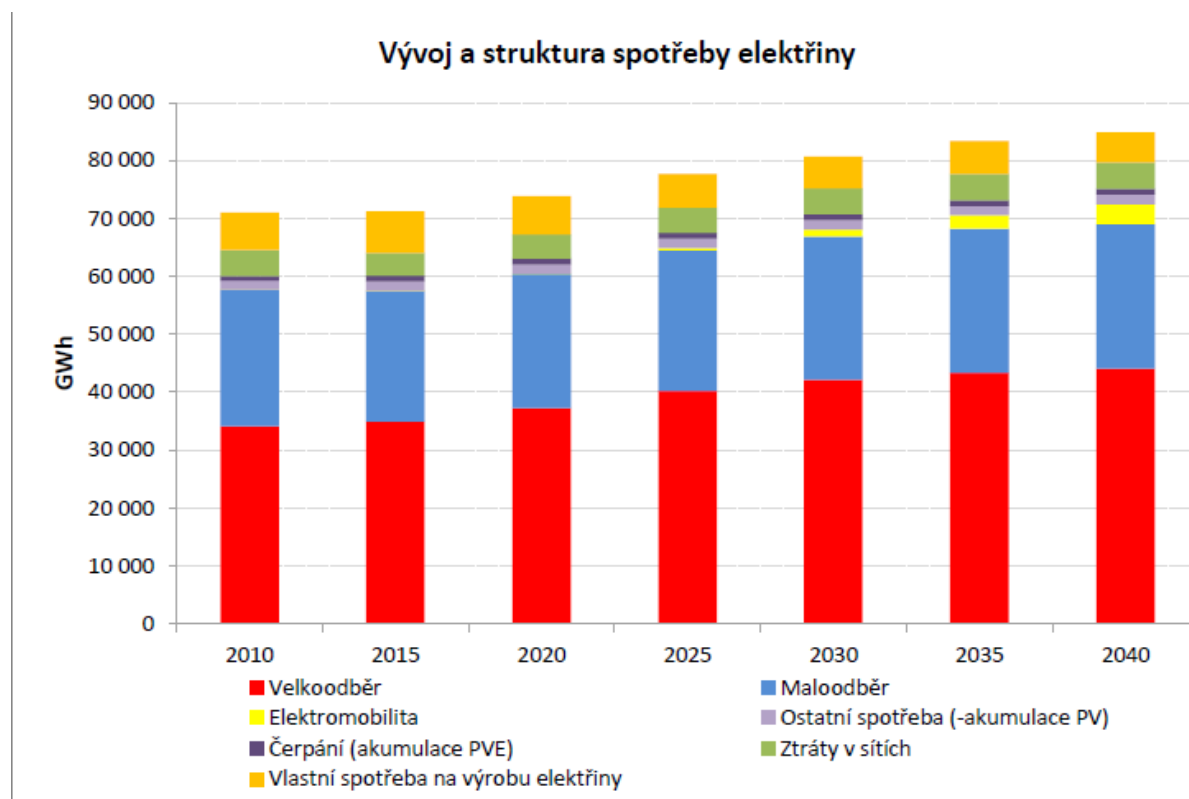
Zdroj: [2] str.111

Tabulka 14: Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny

Hrubá výroba elektrické energie		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Černé uhlí	GWh	6 052,0	5 832,4	4 198,4	4 134,3	2 824,0	2 745,0	1 989,1
Hnědé uhlí	GWh	42 936,1	40 389,6	36 951,3	29 167,5	27 947,7	23 366,2	13 497,2
Zemní plyn	GWh	1 125,7	3 624,6	3 914,4	3 973,4	4 043,5	4 126,6	7 101,1
Ostatní plyny	GWh	1 080,4	1 130,5	1 130,5	1 130,5	1 130,5	1 130,5	1 130,5
Jádro	GWh	27 998,2	31 495,1	31 495,1	30 384,2	31 495,1	41 177,9	43 204,5
Ostatní paliva	GWh	814,8	848,6	917,4	1 294,5	1 446,3	1 446,3	1 446,3
OZE	GWh	5 902,8	10 122,3	11 548,8	13 742,0	15 125,6	17 638,7	20 173,0
Celkem	GWh	85 910,0	93 443,2	90 156,0	83 826,4	84 012,7	91 631,2	88 541,7

Zdroj: [2] str.111

Obrázek 14: Vývoj a struktura spotřeby elektřiny



Zdroj: [2] str.115

Tabulka 15: Struktura spotřeby elektřiny

Spotřeba		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Velkoodběr	GWh	34 162,0	34 857,4	37 228,2	40 238,1	42 140,4	43 362,3	44 053,1
Maloodběr	GWh	23 505,9	22 644,1	23 177,7	24 195,9	24 744,5	24 844,4	24 956,6
Podnikatelé	GWh	8 478,4	8 342,2	8 909,6	9 629,9	10 085,2	10 377,6	10 543,0
Domácnosti	GWh	15 027,5	14 301,9	14 268,1	14 566,0	14 659,3	14 466,8	14 413,6
Ostatní spotřeba	GWh	1 586,7	1 600,0	1 620,0	1 620,0	1 620,0	1 620,0	1 620,0
Netto bez mobility	GWh	59 254,6	59 101,5	62 025,9	66 054,0	68 504,9	69 826,7	70 629,7
Elektromobilita	GWh	0,9	6,8	50,9	438,1	1 189,6	2 328,5	3 442,2
Spotřeba netto		59 255,5	59 108,3	62 076,7	66 492,1	69 694,5	72 155,2	74 071,9
Akumulace PVE	GWh	795,0	1 000,0	1 000,0	1 000,0	1 000,0	1 000,0	1 000,0
Ztráty v sítích	GWh	4 467,0	3 960,4	4 120,4	4 358,5	4 490,2	4 547,8	4 572,2
Vlastní spotřeba	GWh	6 446,0	7 126,7	6 604,3	5 773,0	5 523,3	5 612,8	5 191,9
Spotřeba brutto	GWh	70 963,5	71 195,4	73 801,5	77 623,6	80 708,0	83 315,8	84 836,0
Akumulace elektro*	GWh	0,0	20,0	307,6	734,4	1 033,2	1 334,3	1 635,1

Zdroj: [2] str.114

2.1 Dílčí závěr 2. kapitoly

SEK ČR předpokládá do roku 2040 přibližně konstantní výrobu elektrické energie, mírný růst spotřeby elektrické energie, který bude pokryt snížením exportu. Pokles výroby z uhelných zdrojů je předpokládáno nahradit růstem výroby elektrické energie z jaderných zdrojů a OZE. V případě nahrazení stávajících teplárenských (kogeneračních) zdrojů zdroji výtopenými by bylo třeba nahradit přibližně 20 % výroby elektrické energie na úrovni státu.

3 Využitelnost domácích zdrojů fosilních paliv v ČR

Z energetických surovin Česká republika disponuje zásobami hnědého uhlí, černého uhlí a uranu. Naleziště ropy a zemního plynu jsou zanedbatelná a ČR je v této oblasti prakticky zcela závislá na dovozu.

3.1 Hnědé uhlí

Hnědé uhlí je nejvýznamnější energetickou surovinou ČR pro výrobu tepla. Hlavním produktem hnědouhelného průmyslu je prachové hnědé uhlí pro elektrárny a teplárny, které se na celkové produkci dlouhodobě podílí přibližně 93 %. Produkce tříděného uhlí pro domácnosti představuje zbývajících 7 % produkce [16].

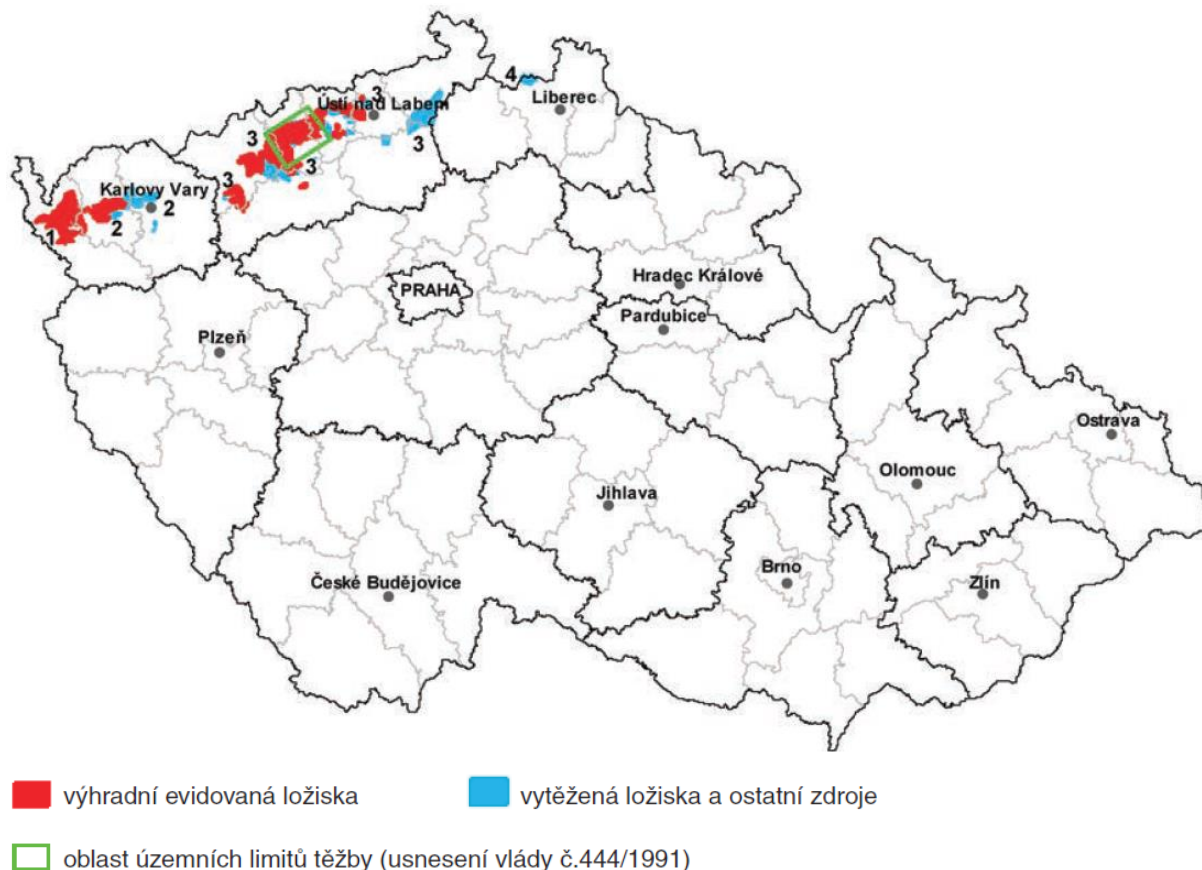
Využitelnost zásob hnědého uhlí upravují limity těžby hnědého uhlí přijaté 30. října 1991 vládou Petra Pitharta na návrh tehdejšího ministra životního prostředí Ivana Dejmala závaznými usneseními č. 166, 443 a 490 z roku 1991 pro Sokolovskou uhelnou pánev a usnesením č. 444 z téhož roku pro Severočeskou uhelnou pánev [92, 89]. Důvody pro přijetí byly především ekologické. Územní limity pro Sokolovskou uhelnou pánev byly poměrně brzy zrušeny vládním usnesením č. 511 z roku 1993 [92]. K dílčí úpravě územních ekologických limitů těžby v předpolí velkolomu Bílina (ložisko Bílina) došlo vládním usnesením č. 1176/2008 a následně na základě vládního usnesení č. 827/2015, které zrušilo vládní usnesení č. 1176/2008 a výrazně prolomilo předešlou hranici územních ekologických limitů těžby jejím posunem do vzdálenosti 500 m od zastavěného území obce Mariánské Radčice. Tím se předpokládaný konec těžby na tomto velkolomu posunul z roku 2038 do roku 2055. Těžební organizaci byla uložena povinnost přednostního využití vytěženého uhlí pro pokrytí potřeb teplárenství [17]. Dříve bylo předpokládáno po ukončení životnosti rafinerie Chemopetrol v Litvínově zásoby uhlí pod rafinérií vytěžit a provést v rámci těžby sanaci starých ekologických zátěží.

Dle [14] byl deficit hnědého uhlí v teplárenství předpokládán již v roce 2025, datum okolo roku 2020 je uváděn např. v tabulce 11 a někdy také v tisku. Dle tabulky 17 je většina hnědého uhlí určena pro sektor výroby elektrické energie, využití v sektoru teplárenství a individuálním vytápění je marginální. Situace bude s největší pravděpodobností řešena dočasným prodloužením těžby na dole Bílina, jak je uvedeno např. v [18].

Ukončení těžby hnědého uhlí je sice plánováno nejpozději v roce 2100, k významnému útlumu těžby však dojde již po roce 2030, jak je znázorněno v obrázku 33 a obrázku 17. Podrobněji je problematika těžby hnědého uhlí ve vztahu k limitům popsána zejména v [13] a [16]. Životnost vytěžitelných zásob je uvedena také přímo v tabulce 16.

Hnědouhelné pánve a zásoby hnědého uhlí ČR jsou uvedeny v obrázku 15 a v tabulce 16. Jak je patrné z obrázku 15, obrázku 16, obrázku 18, má hnědé uhlí ČR sice dostatečné zásoby, nejsou však dostupné bez zbourání některého z významných sídel v severočeské aglomeraci a bez ohrožení významných zdrojů minerálních vod. Podrobněji se vlivem na životní prostředí zabývá například [19].

Obrázek 15: Hnědouhelné pánve ČR



Zdroj: [16]

Tabulka 16: Počet ložisek, těžba a zásoby hnědého uhlí v ČR k 31.12.2018

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Počet ložisek celkem	54	53	53	53	52	52	51	52	52
z toho těžených	10	10	11	11	10	9	10	10	10
Zásoby celkem	8 998 999	8 948 767	8 936 157	8 859 890	8 826 333	8 775 056	8 729 236	8 673 268	8 633 149
bilanční prozkoumané	2 405 345	2 361 825	2 347 268	2 308 649	2 273 951	2 239 329	2 203 911	2 210 477	2 173 864
bilanční vyhledané	2 063 444	2 063 444	2 063 444	2 062 445	2 062 445	2 062 445	2 059 859	2 059 859	2 059 859
nebilanční	4 530 210	4 523 498	4 525 445	4 488 796	4 489 937	4 473 282	4 465 466	4 402 932	4 399 426
vytěžitelné	915 100	871 142	862 202	825 322	796 277	749 075	714 356	681 540	646 528
Vytěžitelné zásoby na využívaných ložiskách	915 100	870 530	849 808	813 539	771 748	736 702	701 983	669 166	634 154
Úbytek zásob těžbou	43 931	46 848	43 710	40 585	38 348	38 251	38 646	39 310	39 187
Životnost zásob	21	19	19	20	20	19	18	17	16

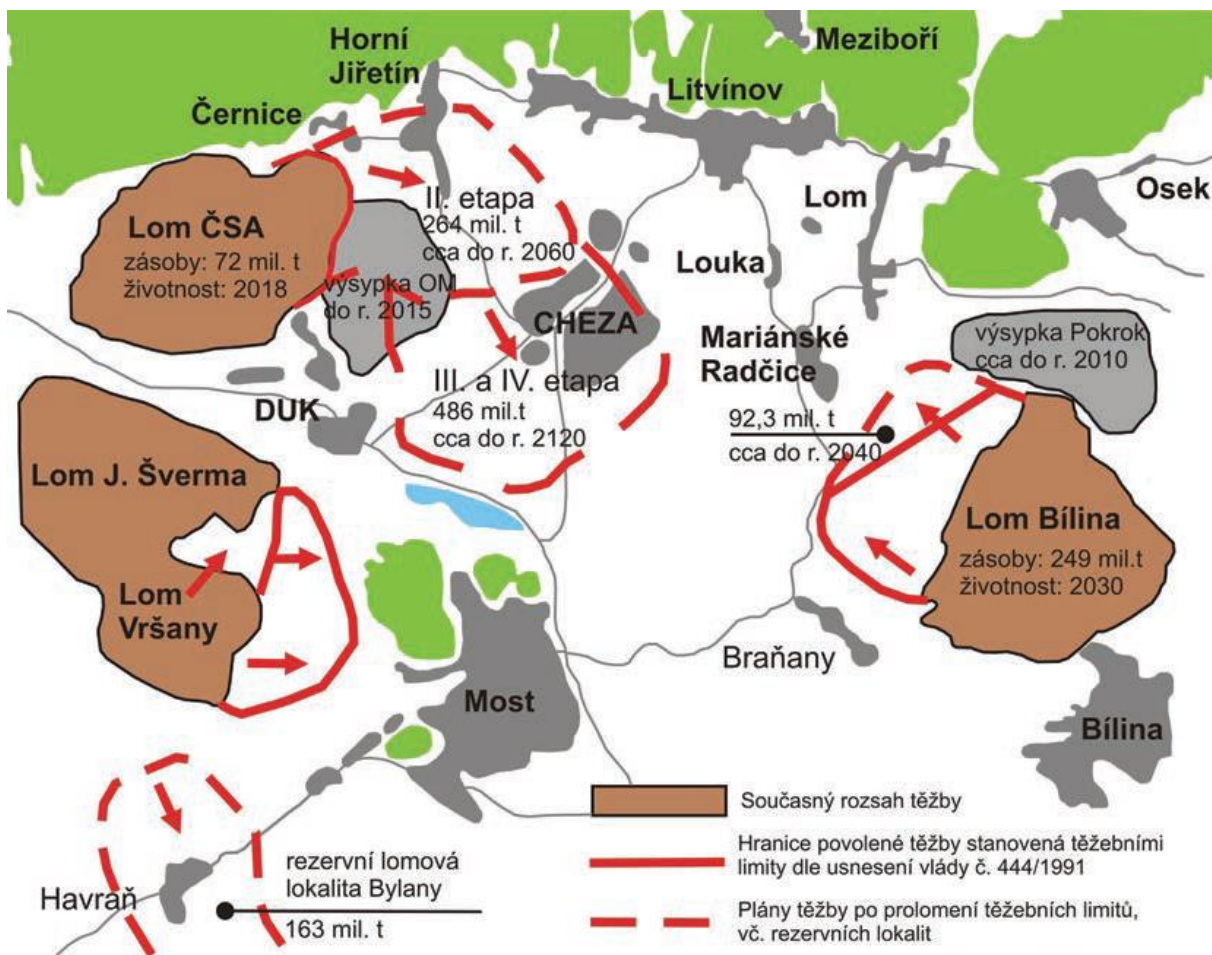
Zdroj: [50]

Tabulka 17: Zjednodušené rozdělení užití paliva

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Celkem	44 244	44 606	42 752	39 680	38 456	37 999	38 076	38 400	38 571
Spotřeba na výrobu elektřiny	32 945	34 091	32 442	29 602	29 238	29 001	29 008	29 295	29 789
Spotřeba na prodané teplo	4 589	4 111	4 125	4 187	3 791	3 751	3 900	3 669	3 436
Provozovací spotřeba energetika	1 854	1 782	1 728	1 627	1 522	1 459	1 399	1 388	1 380
Transformace (výroba jiných paliv)	1 938	1 689	1 648	1 457	1 567	1 503	1 484	1 408	1 466
Spotřeba na výrobu tepla ve firmách	1 208	1 122	1 135	1 007	850	858	883	1 127	1 172
Spotřeba na výrobu tepla v domácnostech	1 710	1 811	1 674	1 800	1 488	1 427	1 402	1 513	1 328

Zdroj:[50]

Obrázek 16: Limity těžby hnědého uhlí



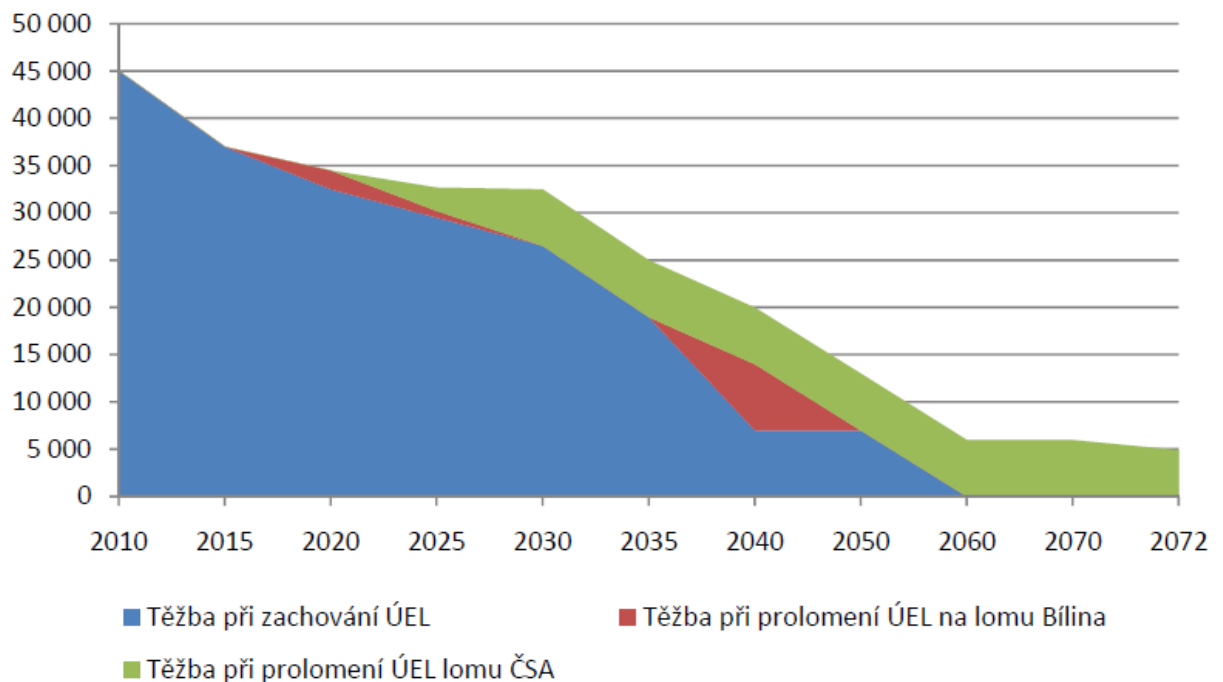
Zdroj:[16]

Tabulka 18: Těžební organizace

Skupina	Společnost	Lomy	Dobývací prostory
Sev.en Energy	Severní energetická a.s. – Sev.en	ČSA	Ervěnice Komořany
	Vršanská uhelná a.s. - VU	Vršany	Holešice Vršany
ČEZ	Severočeské doly a.s. - SD	Libouš	Tušimice
		Bílina	Bílina
Sokolovská uhelná	Sokolovská uhelná a.s. - SU	Jiří	Alberov

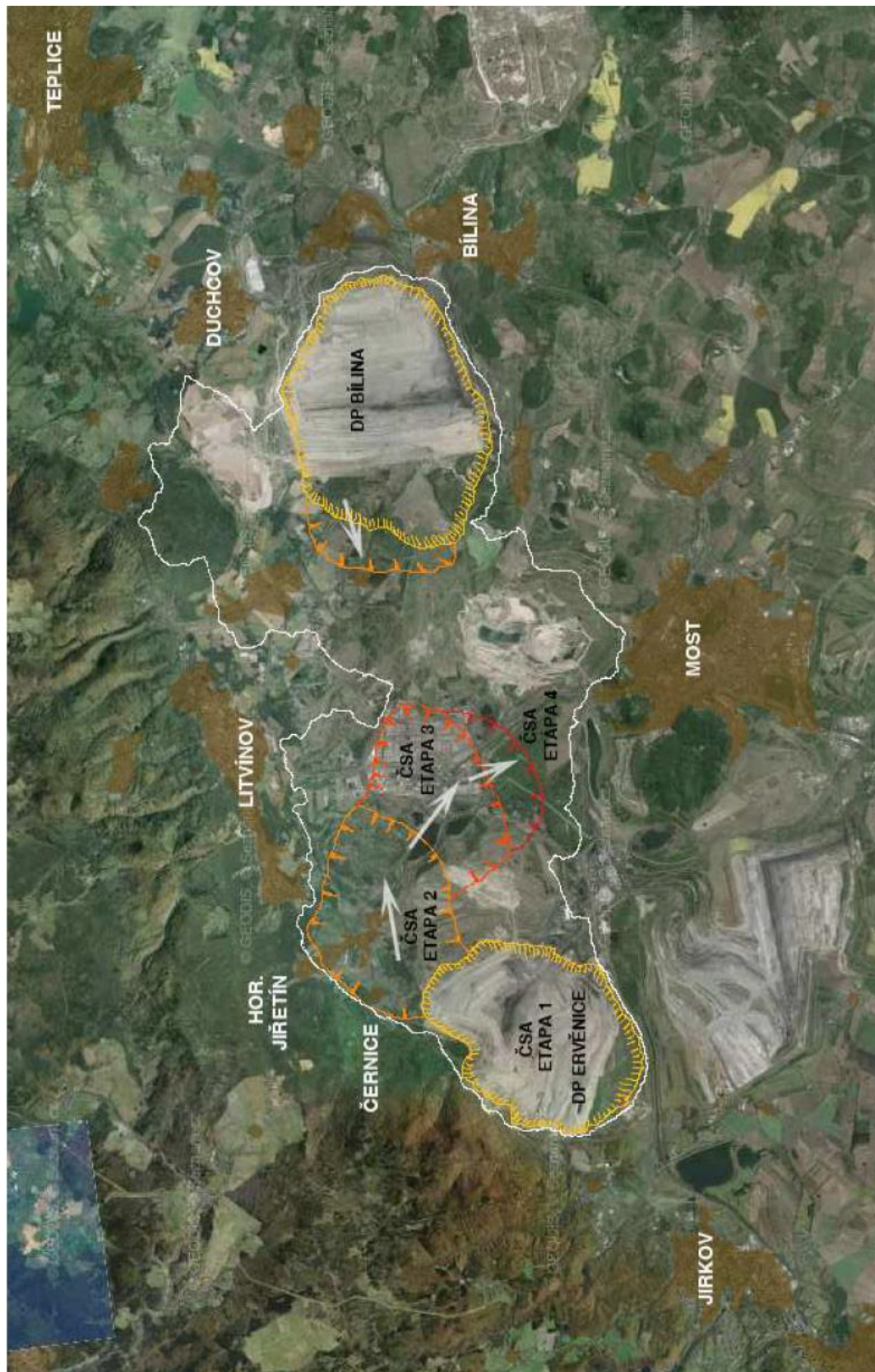
Zdroj:[50]

Obrázek 17: Pokles těžby HU v různých variantách prolomení ÚEL do roku 2072



Zdroj:[13]

Obrázek 18: Severočeská uhelná pánev - mapa důlních prostorů



Zdroj:[13]

Tabulka 19: Vytěžené a vytěžitelné zásoby sedmi současných lomů podkrušnohorských pánví v rámci územně ekologických limitů

pánev	společnost	lomové provozy	Celkové zásoby uhlí v dobývaných prostorech		dosud vytěženo do r. 2010 mil. t	zbývá k těžbě		max. těžba mil. t/rok	těžba 2009	předpoklad roku 2010	pravděpodobná životnost max./min. do roku
			od roku	mil. t		mil. t	%				
sokolovská (SP)	Sokolovská uhelná	Jiří a Družba	1955	482,6	355,7	126,9	27,3	10,7/2001	8,581	8,000	max. 2033
		Čs. armády	1901	368,9	338,2	30,7	9,1	9,7/1989	4,721	4,650	max. 2021
	Vršanská uhelná	Šverma	1919	411,1	410,3	0,8	0,2	10,4/1988	1,546	0,750	max. 2012
		Vršany	1982	483,9	184,7	299,2	61,6	8,3/2003	7,824	8,100	max. 2054
severočeská hnědouhelná (SHP)	Czech Coal CC	celkem	x	1263,9	933,2	330,7	26,3	x	14,091 ⁸	13,500	x
		Libouš	1971	643,7	396,3	247,4	39,0	14,3/2000	12,945	13,500	2038
	Severočeské doly (SD)	Bílina	1974	471,8	276,1	195,7	40,0	9,8/2003	9,419	9,500	max. 2035
		celkem	x	1115,5	672,4	443,1	39,8	x	22,364	23,000	x
	SHP celkem	5 současných lomů	x	2379,4	1605,6	773,8	32,4	x	36,455	36,500	
hnědé uhlí	7 současných lomů	celkem	x	2862,0	1961,3	900,7	31,4		45,369*	43,523*	

Zdroj:[13]

Tabulka 20: Skutečná a plánová spotřeba hnědého uhlí u nejvýznamnějších zdrojů mimo ČEZ, a.s. v období 2010-2030 v tis. tun/r (bez Energetiky SUAS)

Název společnosti	2009	2015	2020	2025	2030	2010-2030
	skutečnost	plán.spot	plán.spot	plán.spot	plán.spot	celkem
ALPIQ Generation Kladno	811	1 220	1 220	1 220	1 220	20740
United Energy Komořany	735	900	900	?	?	10635
Teplárna Tábor	76	103	103	103	103	2239
Alpiq Energetika Zlín	173,2	175	175	175	175	3848
Plzeňská energetika	447	465	465	465	465	8212
Elektrárny Opatovice	1 664	1 810	1 810	1 810	1 810	39677
Dalkia (Ol, Krn, Kol)	310	310	310	310	320	6870
Thermoservis Nymburk	17	20	20	20	20	437
Unipetrol RPA Litvínov	1933	2 000	2 000	2 000	2 000	43933
Synthesia Pardubice	39	35	35	35	35	564
KA Contracting -T.Náchod	72,5	0	0	0	0	300
Teplárna Strakonice	152	140	135	130	130	2967
Teplárna Otrokovice	279	289	284	280	275	6208
Actherm Chomutov	124	124	124	124	124	2728
Plzeňská teplárenská	550	461	330	243	216	7261
Energetika Třinec	161	135	135	135	135	2996
Energotrans Mělník	1469	1 458	1 458	1458	1458	32087
Helior, TEVEX Černožice n/L.	24	30	30	30	30	654
Teplárna Varnsdorf	25	37	37	37	37	802
AES Bohemia Planá n/ L	228	220	220	220	220	4848
Teplárna Č. Budějovice	321	306	300	300	300	6657
ŠKO-Energo Ml. Boleslav	215	254	254	254	254	5549
Energy Ústí nad Labem	93	387	387	387	387	8220
Energetika Mondí Štětí	196	200	200	200	200	4396
MVV Energie Holding	41	36	31	31	31	722
Komterm	8	4	0	0	0	32
CTZ Uherské Hradiště	17	24	24	24	24	521
Zásobování teplem Vsetín	8	8	8	8	8	176
Teplárna Písek	51	55	55	55	55	1206
Příbramská teplárenská	173	195	195	195	195	4268
Energetika Hexion Sokolov	45	50	50	50	50	1095
Energet. Spolana Neratovice	209	220	220	220	220	4829
Ostrovská teplárenská	55	55	55	55	55	1210
Energetika Lovochemie	102	130	130	130	130	2832
Energetika Žďas Žďár. N./Sázavou	52	50	50	50	50	1102
Celkem	10 875	63872	58744	53770	53560	240821

Zdroj:[13]

Tabulka 21: Skutečná a plánovaná spotřeba hnědého uhlí u zdrojů ČEZ a.s. v období 2007 - 2025 v tis. tun/r

	ČEZ, EHO	ČEZ, ECH	ČEZ, ELE	ČEZ,E MEII	ČEZ, EMEIII	ČEZ,EP C	ČEZ, EPO	ČEZ, EPR I	ČEZ, EPR II	ČEZ- ETI	ČEZ, ETU II	ČEZ- Tepl. DK	ČEZ Celke m
2007	0,47	3,3	1,62	1,03	2,26	6,24	0,47	2,15	6,9	1,62	3,6	0,04	29,7
2008	0,43	3,1	1,9	1,09	2,21	5,75	0,49	2,14	6,15	1,59	2,47	0,04	27,36
2010	0,19	2,58	1,87	1,2	1,77	6,19	0,39	2,82	5,73	1,45	1,59	0,03	25,81
2011	0,22	2,5	1,9	1	1,6	6	0,35	2,2	5,9	1,5	3	0,03	26,2
2012	0,22	2,5	1,9	1	1,6	6	0,35	2,2	5,9	1,5	3	0,02	26,19
2013	0,15	2,5	4	1	1,6	4,5	0,35	1,5	5,9	1,5	4	0,02	27,02
2014	0,15	2,5	4	1	1,6	4,5	0,35	1,5	5,9	1,5	4	0,02	27,02
2015	0,15	2,5	4	1	1,6	4,5	0,35	1,5	5,9	1,5	4	0,02	27,02
2016	0,15	2,5	4	1	0	4,5	0,35	1	5,9	1,5	4	0,02	24,92
2017	0,15	2,5	4	1	0	4,5	0,35	1	5,9	1,5	4	0,02	24,92
2018	0,15	2,5	4	1	0	4,5	0,35	1	5,9	1,5	4	0,02	24,92
2019	0,15	2,5	4	1	0	4,5	0,35	1	5,9	1,5	4	0,02	24,92
2020	0,15	2,5	4	1	0	4,5	0,35	1	5,9	1,5	4	0,02	24,92
2021	0,15	2,5	4	1	0	4,5	0,35	1	5,9	1,5	4	0,02	24,92
2022	0,15	2,5	4	1	0	4,5	0,35	0,5	5,9	1,5	4	0,02	24,42
2023	0,15	2,5	4	0	0	4,5	0,35	0	5,9	1,5	4	0,02	22,92
2024	0,15	2,5	4	0	0	4,5	0,35	0	5,9	1,5	4	0,02	22,92
2025	0,15	2,5	4	0	0	4,5	0,35	0	5,9	1,5	4	0,02	22,92
Život nost	2050	2019	2050	2026	2015	2050	2050	2019	2035	2055	2035	2040	

Tabulka 22: Těžba uhlí vs. skutečná a plánovaná spotřeba všech klíčových sektorů v mil. tun/rok –varianta zachování

ÚEL

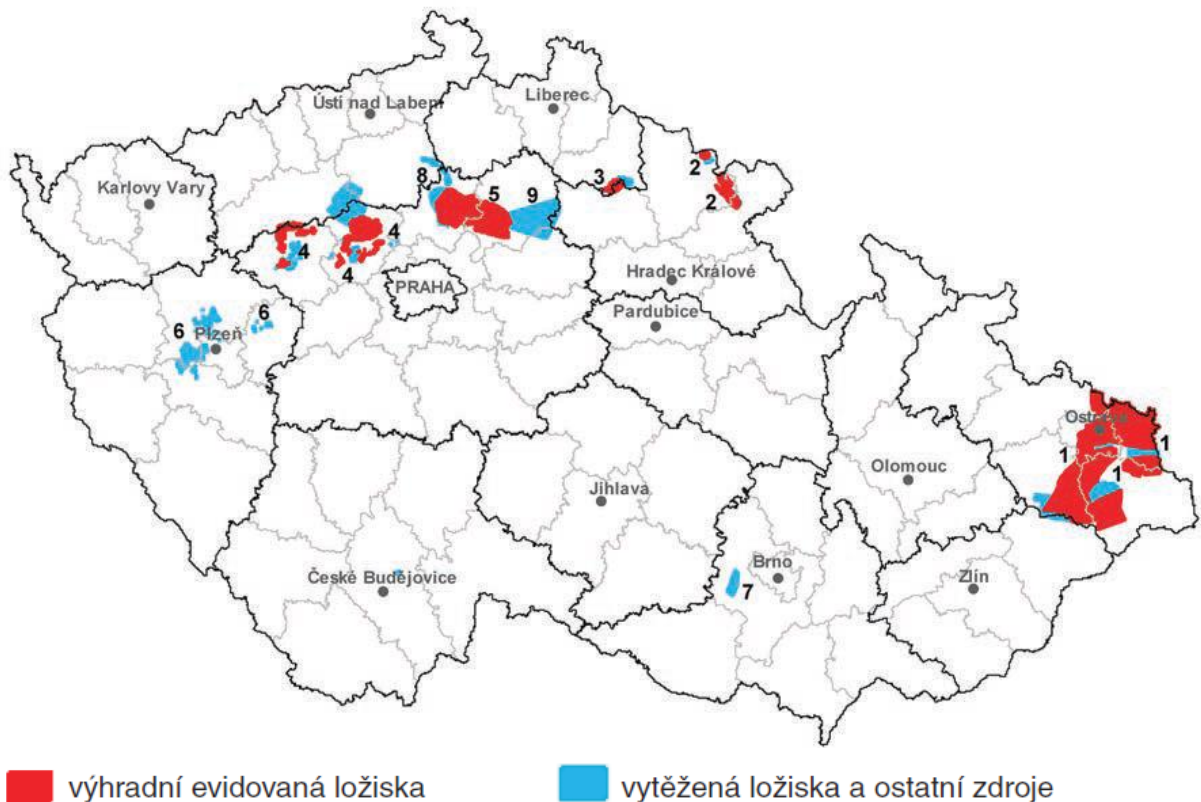
Rok	Těžba	ČEZ	SUAS	Teplárny	Malé zdroje + domácnosti	celkem spotřeba	Rozdíl
2010	45	25,81	3,7	10,87	3,3	43,68	1,32
2011	44,5	26,2	3,7	10,64	3,16	43,7	0,8
2012	44,1	26,19	3,7	10,64	3,15	43,68	0,42
2013	38	27,02	3,7	10,64	3,15	44,51	-6,51
2014	37	27,02	3,7	10,64	3,15	44,51	-7,51
2015	37	27,02	3,7	10,64	3,15	44,51	-7,51
2016	37	24,92	3,7	11,74	3,15	43,51	-6,51
2017	36,5	24,92	3,7	11,74	3,05	43,41	-6,91
2018	36	24,92	3,7	11,74	3,05	43,41	-7,41
2019	36	24,92	4	11,74	3,05	43,71	-7,71
2020	33,5	24,92	4	11,74	2,95	43,61	-10,11
2021	32,4	24,92	4	10,75	2,95	42,62	-10,22
2022	30,5	24,42	4	10,75	2,45	41,62	-11,12
2023	30,5	22,92	4	10,75	2,25	39,92	-9,42
2024	30,5	22,92	4	10,75	1,75	39,42	-8,92
2025	29,5	22,92	4	10,75	1,25	38,92	-9,42

Zdroj:[13]

3.2 Černé uhlí

Česká republika disponuje významnými zásobami černého uhlí. Na rozdíl od zásob hnědého uhlí jsou ložiska černého uhlí rozmístěna ve více lokalitách, jak je uvedeno v obrázku 19 a jeho těžba je z hlediska vlivu na životní prostředí přijatelnější. Situaci však stejně jako v případě hnědého uhlí komplikuje výskyt zásob černého uhlí v oblasti velkých aglomerací. Z tabulky 23 je patrné, že náhrada hnědého uhlí v českém teplárenství černým uhlím je s ohledem na jeho celkové zásoby možná. Tato varianta je však dle [13] shledána jako nerentabilní. Záměna hnědého uhlí černým uhlím v českém teplárenství by znamenala kompletní přestavbu stávajících teplárenských zdrojů. S ohledem na výhřevnost černého uhlí by došlo ke snížení přepravovaného paliva přibližně na méně než polovinu. V ČR dochází k útlumu těžby černého uhlí. Těžba černého uhlí ve středočeských pánvích byla ukončena před vyčerpáním zásob, mnohé doly na Rakovnicku a Kladensku byly zavezeny popílkem a hlušinou. Dle obrázku 20 a obrázku 21 je předpokládáno ukončení těžby černého uhlí v roce 2035. Životnost vytěžitelných zásob je uvedena také přímo v tabulce 23.

Obrázek 19: Černouhelné pánve v ČR



Zdroj: [16]

Uhelné pánve:

*(názvy pánví s těžnými ložisky jsou uvedeny **tučným písmem**)*

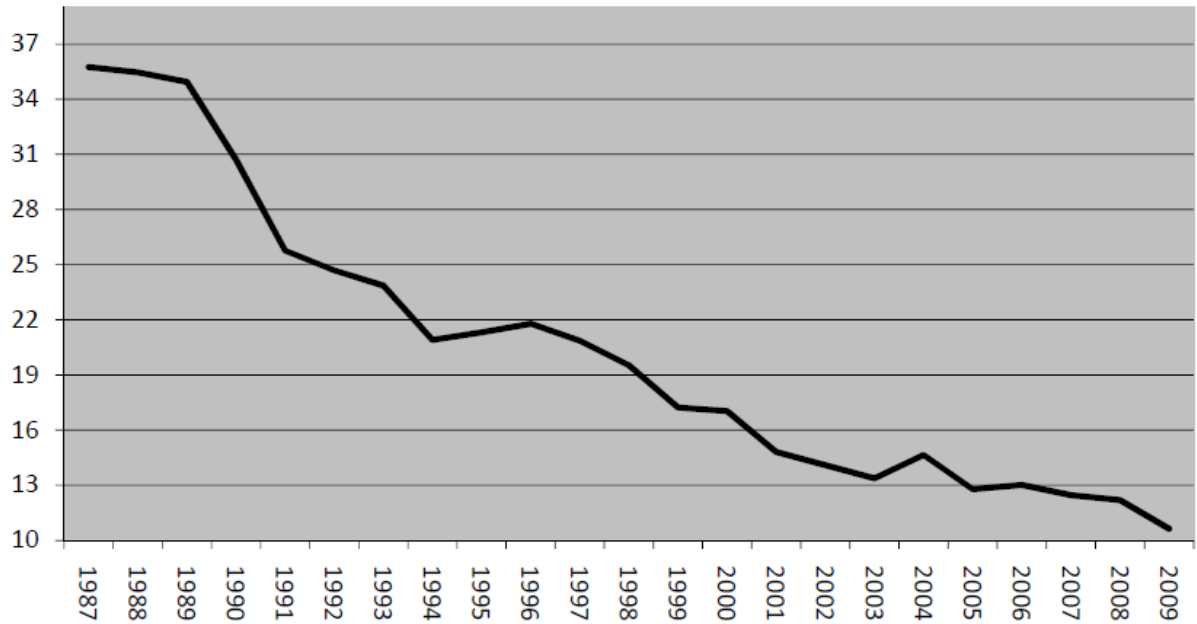
1 **Česká část hornoslezské pánve**, 2 Česká část vnitrosudetské pánve, 3 Podkrkonošská pánev, 4 Středočeské pánve (zejména Kladensko-Rakovnická pánev), 5 Mšenská část Mšensko-Roudnické pánve, 7 Boskovická brázda, 6 Plzeňská a Radnická pánev, 8 Roudnická část Mšensko-Roudnické pánve 9 Mnichovohradištská pánev

Tabulka 23: Počet ložisek, zásoby, těžba černého uhlí v ČR k 31.12.2018

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Počet ložisek celkem	62	62	62	62	62	62	62	62	62
z toho těžných	8	8	8	8	8	8	8	7	6
Zásoby celkem	16 421 504	16 339 004	16 324 263	16 315 667	16 304 609	16 304 846	16 285 605	16 283 583	15 217 550
bilanční prozkoumané	1 536 411	1 518 929	1 496 792	1 487 287	1 475 446	1 475 464	1 465 793	1 460 044	550 481
bilanční vyhledané	6 009 407	5 998 902	5 995 983	5 993 801	5 993 812	5 746 510	5 991 317	5 991 133	5 830 315
nebilanční	8 875 686	8 821 173	8 831 488	8 834 579	8 835 351	8 839 345	8 828 495	8 832 406	8 836 754
vytěžitelné	168 917	180 729	168 538	66 301	56 569	41 844	25 199	22 513	29 192
Vytěžitelné zásoby na využívaných ložiskách	168 917	180 729	168 478	66 241	56 509	41 784	25 139	22 453	29 192
Úbytek zásob těžbou	11 193	10 967	10 796	8 610	8 341	7 640	6 074	4 870	4 110
Životnost zásob	15	16	16	8	7	5	4	5	7

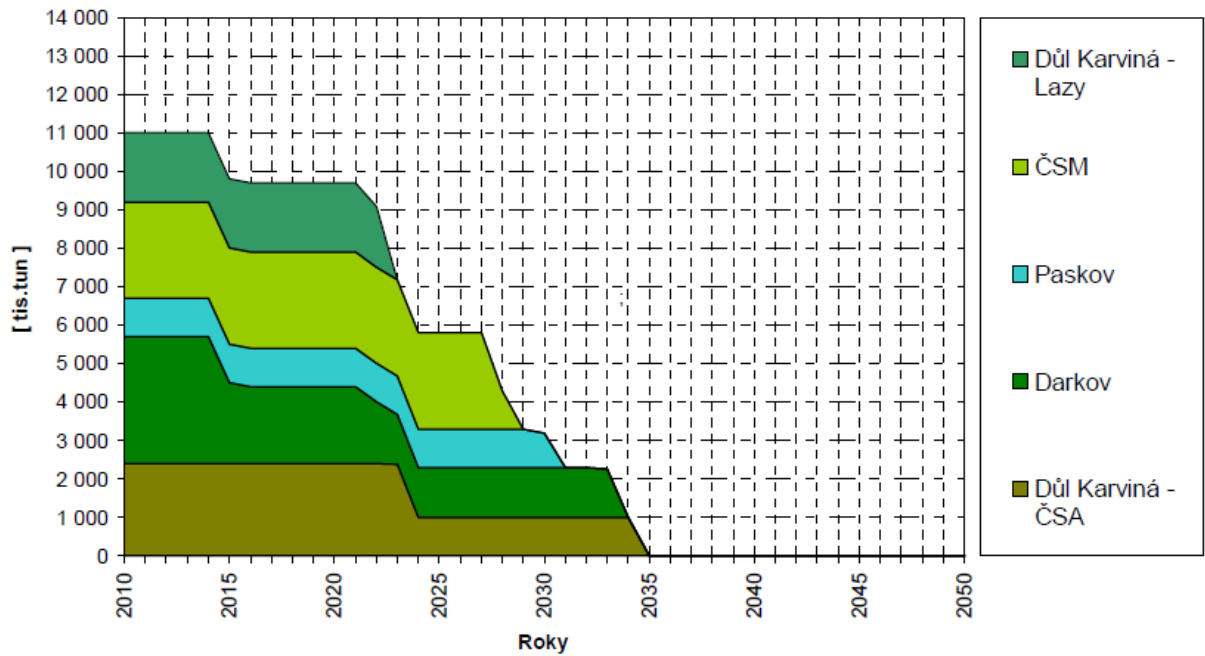
Zdroj: [50]

Obrázek 20: Vývoj těžby černého uhlí



Zdroj:[13]

Obrázek 21: Výhled těžeb černého uhlí



Zdroj:[13]

Tabulka 24: Stav rezerv černého uhlí v ČR

Společnost	Důlní podnik	Vytěžitelné zásoby k 1.1.2009 dle státní Bilance	Stav zásob dle JORC k 1.1.2009	Stav zásob s prog. POP k 1.1.2009
OKD	Darkov	49,700	47,467	85,000
OKD	ČSM	48,492	52,582	116,000
OKD	Paskov	21,889	26,828	29,000
OKD	Karviná – ČSA	46,991	77,242	129,000
OKD	Karviná – Lazy	24,980	24,000	29,000
Celkem		192,122	228,119	388,000

Zdroj:[13]

3.3 Lignit

K 31.12.2008 je v ČR evidováno 9 ložisek (viz. obrázek 22) s bilančními prozkoumanými zásobami 204,2 mil. t, bilančními vyhledanými zásobami 615,3 mil. t a nebilančními zásobami 156,2 mil. t. Těženo je jedno ložisko s celkovou roční těžbou 416 tis. t v roce 2008. [20]

Obrázek 22: Pánve lignitu v ČR



Zdroj:[20]

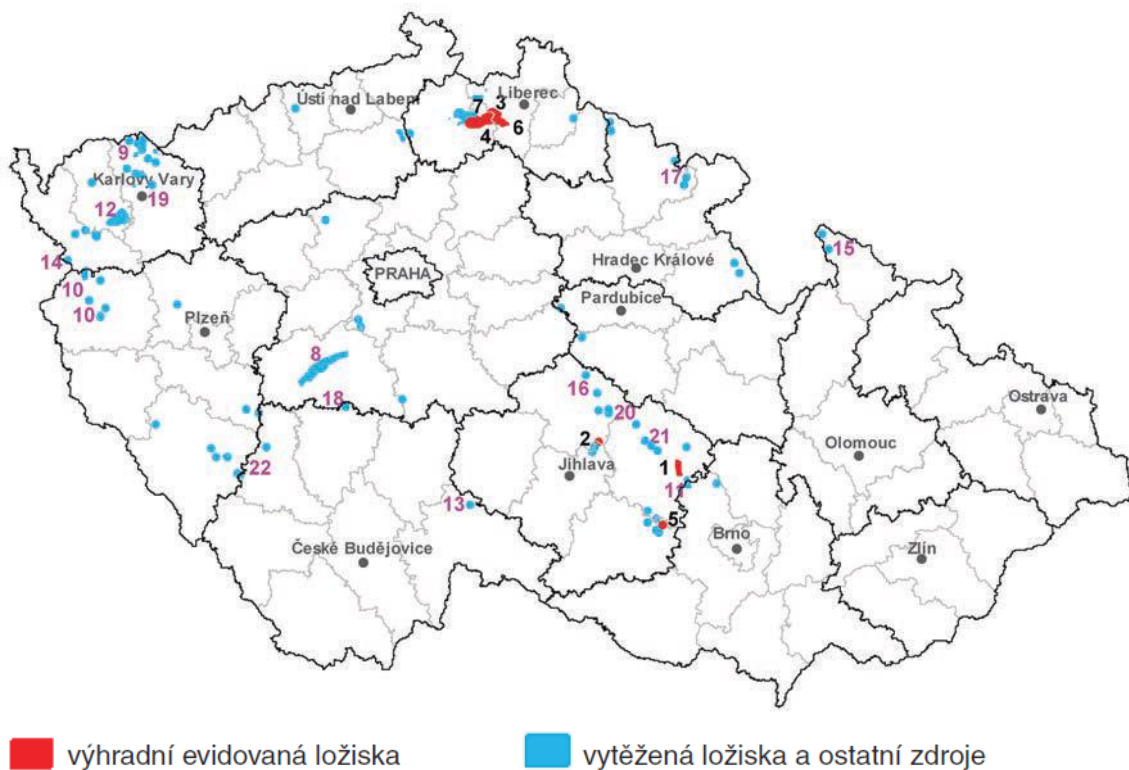
K 31.12.2008 je evidováno 9 ložisek s bilančními prozkoumanými zásobami 204,2 mil. t, bilančními vyhledanými zásobami 615,3 mil. t a nebilančními zásobami 156,2 mil. t. Těženo je jedno ložisko s celkovou roční těžbou 416 tis. t v roce 2008. [20]

3.4 Uran

ČR (Československo) v období 1945-2007 vytěžilo 5 % světového uranu a je historicky 9. největším producentem [21] viz. Obrázek 24. Ložiska uranu jsou zobrazena na obrázku 23 a zásoby vyčísleny v tabulce 25. Těžba v posledním uranovém dole Rožná byla ukončena dne 27.4.2018 [22]. V současné době je uran v ČR získáván jen druhotně při sanaci ekologických škod v lokalitě Stráž pod Ralskem.

Pozn.: V případě uzavření palivového cyklu se stane jaderná energetika obnovitelným zdrojem energie.

Obrázek 23: Evidovaná ložiska a ostatní zdroje uranu v ČR



Výhradní evidovaná ložiska

(tučným písmem jsou uvedeny názvy těžných ložisek)

1 Rožná	3 Břevniště pod Ralskem	5 Jasenice-Pucov	7 Stráž pod Ralskem*
2 Brzkov	4 Hamr pod Ralskem	6 Osečná-Kotel	

* uran je získáván jako vedlejší efekt čištění podzemních vod a technologických roztoků v rámci likvidačních prací a rekultivací po těžbě in situ loužením (in situ leaching – ISL nebo také in situ recovery - ISR) uranových rud

Vytěžená ložiska a ostatní zdroje

8 Příbram	13 Okrouhlá Radouň	18 Předbořice
9 Jáchymov	14 Dyleň	19 Hájek + Ruprechtov
10 Zadní Chodov + Vítkov 2	15 Javorník	20 Chotěboř
11 Olší	16 Licoměřice-Březinka	21 Slavkovice
12 Horní Slavkov	17 Radvanice + Rybníček + Svatoňovice	22 Mečichov-Nahošín

Zdroj:[16]

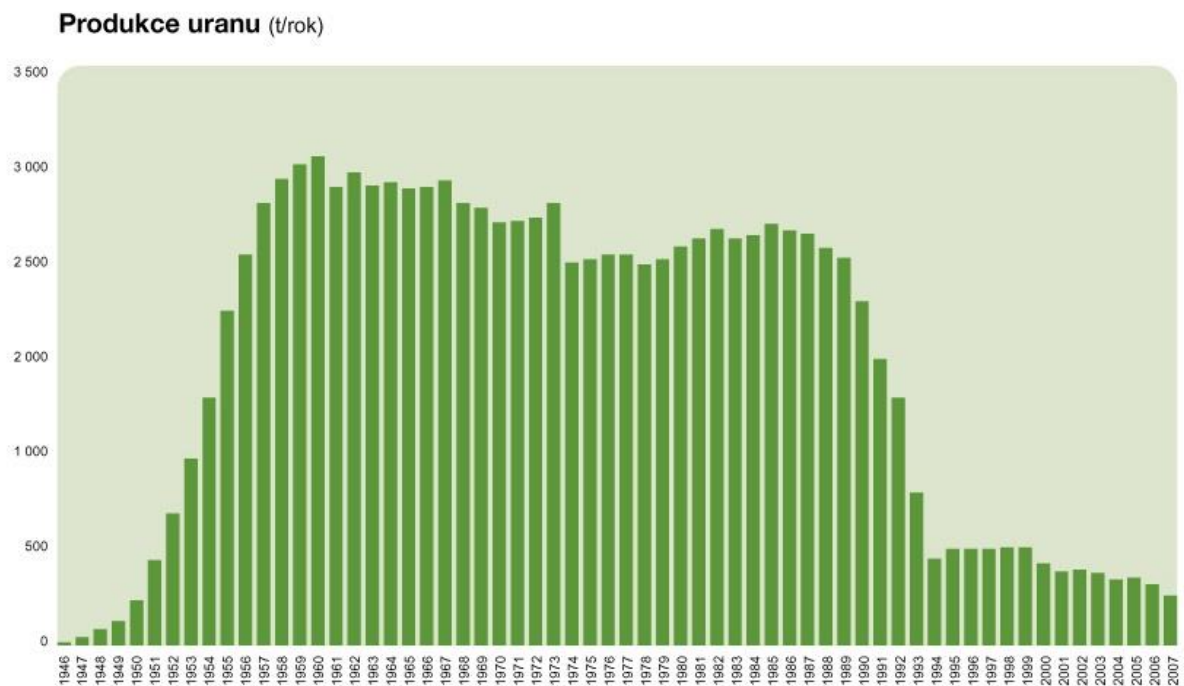
Tabulka 25: Počet ložisek, zásoby a těžba uranu v ČR

Rok	2012	2013	2014	2015	2016
Počet ložisek celkem	7	7	7	7	7
z toho těžných	1	1	1	1	1
Zásoby celkem, t U	135 214	135 144	135 071	135 037	135 015
bilanční prozkoumané	1 323	1 327	1 321	1 330	1 337
bilanční vyhledané	19 458	19 427	19 463	19 448	19 448
nebilanční	114 433	114 391	114 287	114 259	114 230
vytěžitelné	312	284	314	308	313
Těžba, t U	222	232	165	134	128
Produkce koncentráту, t U*	219	206	146	122	137

* odpovídá odbytové produkci (bez ztrát úpravou)

Zdroj: [16]

Obrázek 24: Vývoj produkce uranu v ČR t/rok

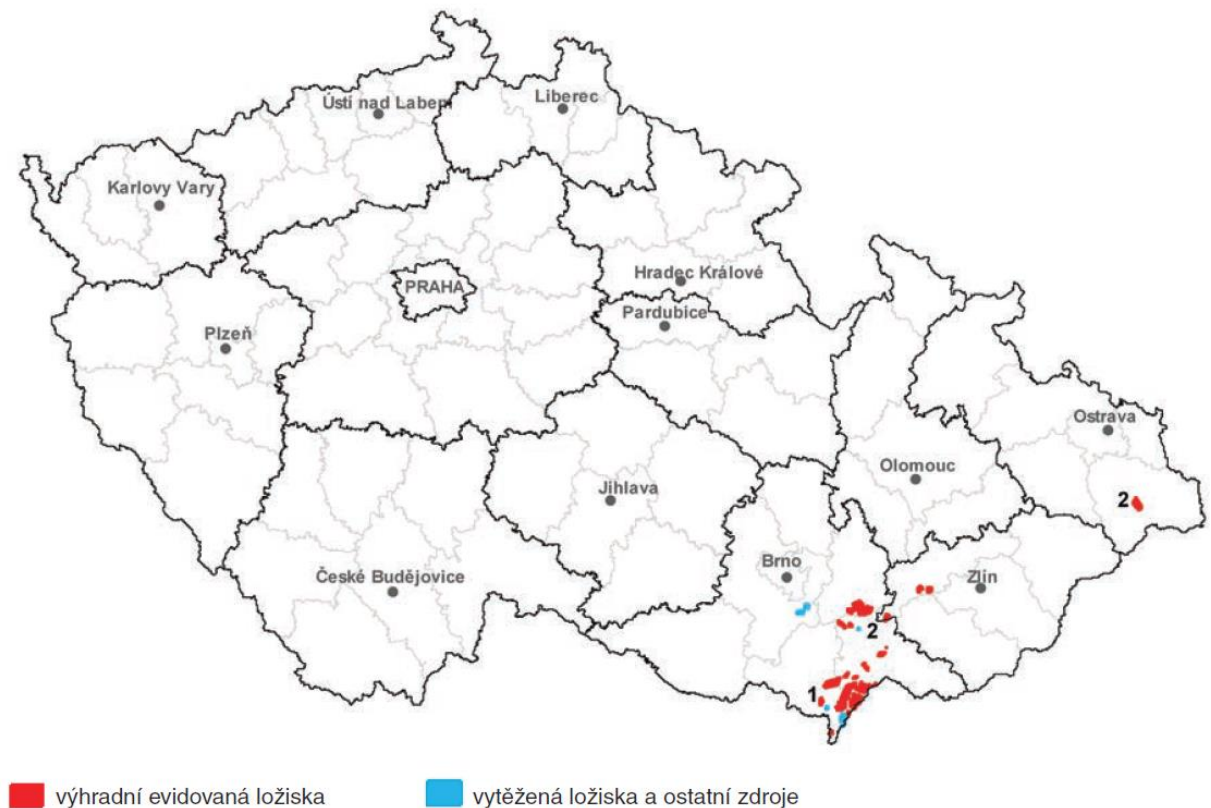


Zdroj:[21]

3.5 Ropa

ČR disponuje zanedbatelnými zásobami ropy viz. obrázek 25 a tabulka 26. ČR je zcela závislá na dovozu ropy viz. tabulka 27.

Obrázek 25: Evidovaná ložiska a ostatní zdroje ropy v ČR k 31.12.2016



Zdroj:[16]

1 - Vídeňská pánev, 2 - Karpatská předhlubeň

Tabulka 26: Počet ložisek, zásoby a těžba ropy v ČR k 31.12.2016

Rok	2012	2013	2014	2015	2016
Počet ložisek celkem	34	39	37	38	39
z toho těžených	27	30	29	28	33
Zásoby celkem, kt	30 781	28 811	27 094	28 953	28 959
bilanční prozkoumané	20 108	21 236	21 100	21 402	21 428
bilanční vyhledané	4 092	1 758	1 747	1 735	3 355
nebilanční	6 581	5 817	5 816	5 816	5 816
vytěžitelné	1 628	1 534	1 449	1 379	1 504
Těžba, kt	150	152	148	126	116

Zdroj: [16]

Tabulka 27: Dovoz ropy do České republiky podle zemí a dovozní ceny k 31.12.2016

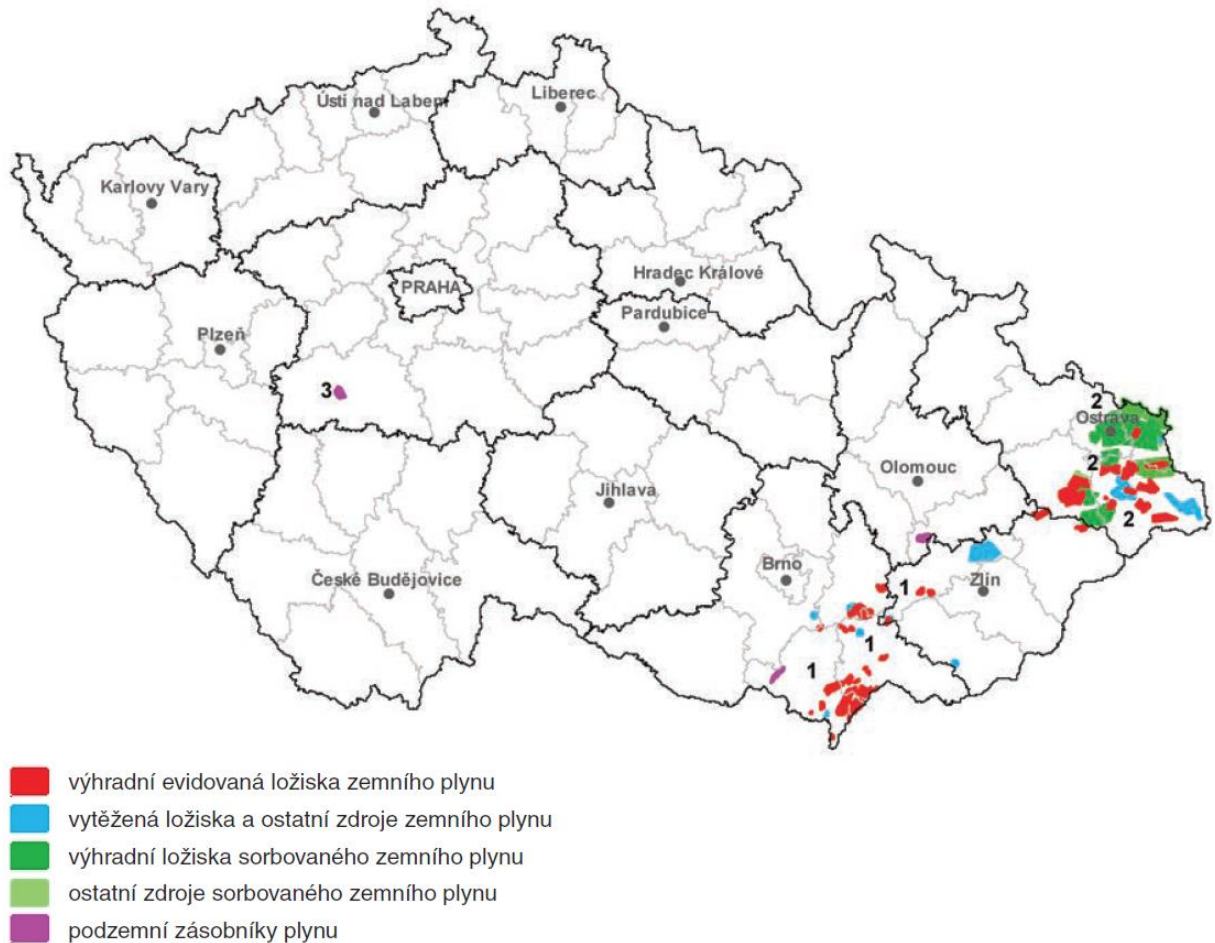
		2012	2013	2014	2015	2016
Kazachstán	kt	518	620	817	702	305
Ruská federace	kt	4 545	4 213	4 164	4 025	3 424
Polsko	kt	–	–	–	–	–
Itálie	kt	11	–	–	–	–
Maďarsko	kt	–	–	6	22	28
Ostatní nečlenské země OECD v Evropě/Eurasii (zde Azerbajdžán)	kt	1 859	1 659	2 317	2 383	1 489
Írán	kt	–	–	–	–	–
Alžírsko	kt	141	60	36	–	–
Saúdská Arábie		–	–	–	–	79
Celkem	kt	7 074	6 552	7 371	7 132	5 325
Dovozní ceny, průměrná jednotková hodnota, CIF	USD/bbl	112,33	110,26	102,13	54,91	53,49
	USD/t*	827,87	812,62	752,70	404,69	394,22

Zdroj: [16]

3.6 Zemní plyn

ČR disponuje zanedbatelnými zásobami zemního plynu viz. obrázek 26 a tabulka 28. ČR je zcela závislá na dovozu ropy převážně z Ruské federace viz. tabulka 29.

Obrázek 26: Naleziště zemního plynu v ČR



1- Oblast jižní Moravy, Oblast severní Moravy, Podzemní zásobník Příbram

Zdroj: [16]

Tabulka 28: Počet ložisek, zásoby, těžba zemního plynu v ČR k 31.12.2016

Rok	2012	2013	2014	2015	2016
Počet ložisek celkem	90	96	93	95	96
z toho těžených	46	40	40	46	64
Zásoby celkem, mil. m ³	30 506	31 085	27 949	30 948	30 839
bilanční prozkoumané	7 243	7 646	7 491	7 494	7 381
bilanční vyhledané	2 791	2 981	2 956	2 998	2 977
nebilanční	20 472	20 458	20 458	20 456	20 481
vytěžitelné	4 886	5 512	5 064	5 057	4 918
Těžba, mil. m ³	204	207	198	200	169

Zdroj: [16]

Tabulka 29: Dovoz zemního plynu do ČR

		2012	2013	2014	2015	2016
Norsko	milion m ³	3	4	699	99	2
Ruská federace	milion m ³	7 468	8 475	6 550	7 375	8 121
Celkem	milion m ³	7 471	8 479	7 249	7 474	8 123
Průměrné ceny dodávek plynovodem	USD/milion Btu	13,22	12,10	8,97	6,97	5,23
	USD/MWh	45,12	41,30	30,61	23,79	17,83
	USD/m ³	0,49	0,45	0,33	0,26	0,19

Zdroj: [16]

3.7 Dílčí závěr 3. kapitoly

ČR má dostatečné zásoby hnědého uhlí, jejichž těžba je omezena ÚEL těžby hnědého uhlí. Pokud limity hnědého uhlí nebudou prolomeny bude docházet k postupnému útlumu těžby hnědého uhlí až do roku 2060. Pokud ÚEL budou prolomeny, je ukončení těžby předpokládáno v roce 2100, objem těžby však nebude dostatečný pro uspokojení potřeby hnědého uhlí pro účely výroby elektrické energie a tepla v současném rozsahu. K největšímu poklesu těžby hnědého uhlí dojde v obou případech v roce 2030. Významnější prolomení limitů těžby již není možné bez demolice některého z větších sídel. Těžba hnědého uhlí v Severních Čechách představuje vážné ohrožení životního prostředí, především významných zdrojů minerálních vod. Bez prolomení územních ekologických limitů těžby hnědého uhlí hrozí již po roce 2020 deficit uhlí pro české teplárství. Zásoby ropy a zemního plynu jsou v ČR zanedbatelné. ČR patřila mezi významní těžaře uranu, většina ložisek je však již vyčerpaná, nebo je těžba

problematická z hlediska vlivu na životní prostředí. Těžba uranu byla v ČR ukončena v roce 2018. ČR disponuje na evropské poměry významnými zásobami černého uhlí, kterými je z hlediska zásob možné plně nahradit hnědé uhlí v teplárenství. Největší zásoby se nacházejí v Hornoslezské pánvi v Ostravské aglomeraci. Probíhá útlum těžby černého uhlí, úplné ukončení těžby je předpokládáno v roce 2035. V Rakovnické a Kladenské pánvi byla těžba ukončena před vyčerpáním zásob. V případě uvažování náhrady hnědého uhlí černým uhlím v českém teplárenství je však třeba mít na paměti nutnost přestavby teplárenských zdrojů a s tím spojené vysoké náklady.

4 Ekologická situace a nezbytná technologická opatření

Vliv využívání uhlí na životní prostředí lze rozdělit na:

1) Vliv těžby uhlí na životní prostředí

- Bourání obcí
- Prašnost
- Zábor půdy
- Ukládání hlušiny
- Dopad na spodní vodu a minerální prameny
- Dopady na krajinu
- Těžba vápence pro odsíření

2) Vliv spalování uhlí na životní prostředí

- Emise především tuhých částic, NO_x, SO_x, CO₂, těžkých kovů a dalších škodlivých látek
- Ukládání popela
- Zdravotní dopady
- Hypotéza vlivu spalování uhlí na globální oteplování (přijata světovou veřejností)
- Těžba vápence pro odsíření

3) Vliv dopravy uhlí na životní prostředí

- Velký objem dopravovaného paliva s ohledem na nízkou výhřevnost hnědého uhlí
- Hluk
- Emise

4) Další

- Ohrožení zdraví při důlních neštěstích

Podrobně jsou dopady a externí náklady těžby a spalování hnědého ve vztahu k prolomení ÚEL zpracovány např. v [19]. Z obrázku 27 je patrné, že ČR patří mezi země s nejvíce znečištěným ovzduším nejen v Evropě, ale také na světě. Vysokou mírou se na znečištění podílí průmysl a energetika. Podrobněji jsou základní údaje o znečištění zobrazeny na obrázku 27 obrázku 28, obrázku 29, obrázku 30, obrázku 31 a obrázku 32. Ačkoli došlo k výraznému zlepšení kvality ovzduší provedenými opatřeními (jak je znázorněno v obrázku 29), podíl veřejné energetiky zůstává stále významný v oblasti znečišťování ovzduší NO_x viz. obrázek 31 a SO_x viz. obrázek 32.

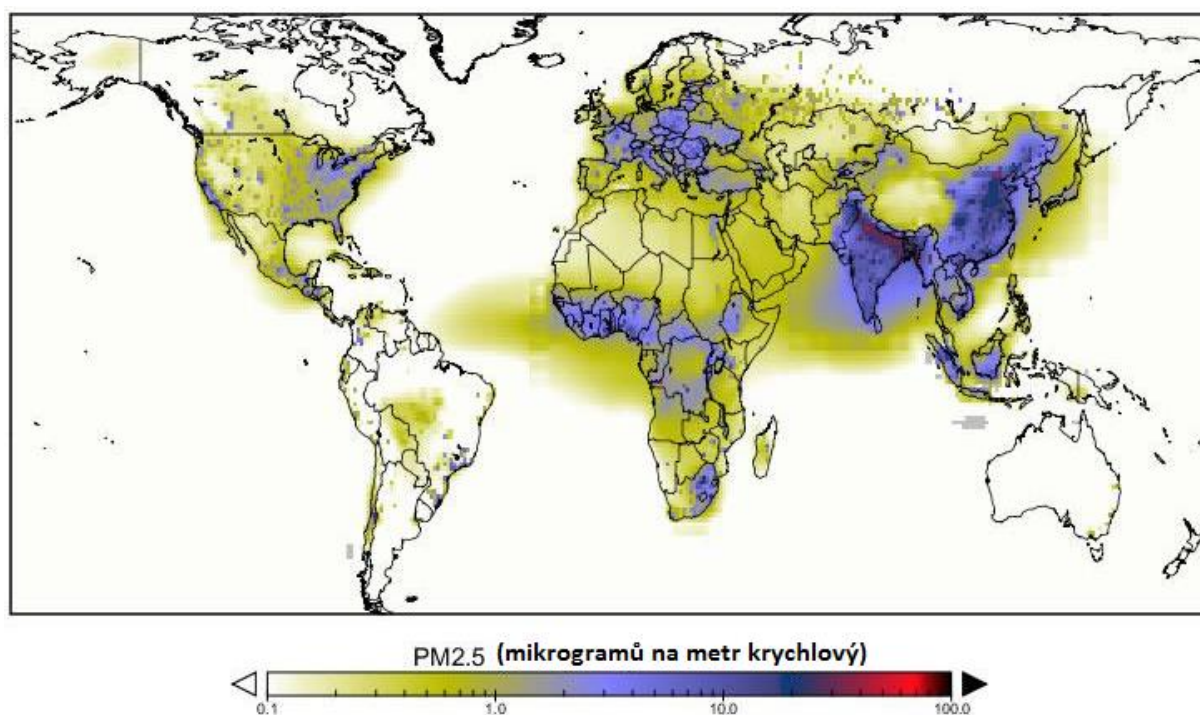
ČR, či přesněji tehdejšímu Československu patří i jedno smutné prvenství a to zbourání historického starého města Most se třemi historickými náměstími a druhým největším množstvím barokních památek v ČR, za účelem těžby hnědého uhlí. Těžba hnědého uhlí v

Severních Čechách představuje ohrožení světoznámých minerálních pramenů v Bílině, Teplicích, Karlových Varech ale i dalších.

České tepelné elektrárny byly odsířeny "mokrou metodou" a sekundárně tak dochází k poškozování těžbou vápence v jiných oblastech ČR.

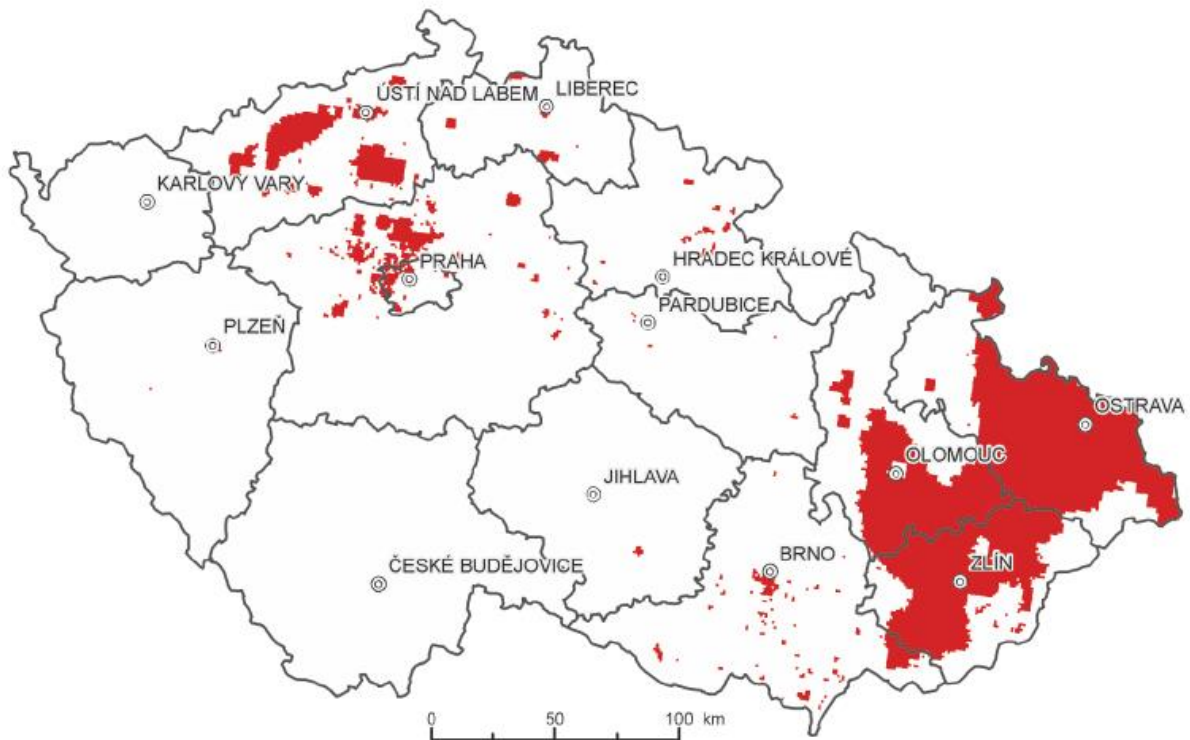
Jedním z největších v českých dějinách bylo například neštěstí na dole NELSON III, ke kterému došlo 3.1.1934 a jehož následkem zemřelo 144 lidí.

Obrázek 27: Znečištění vzduchu pevnými částicemi v roce 2016



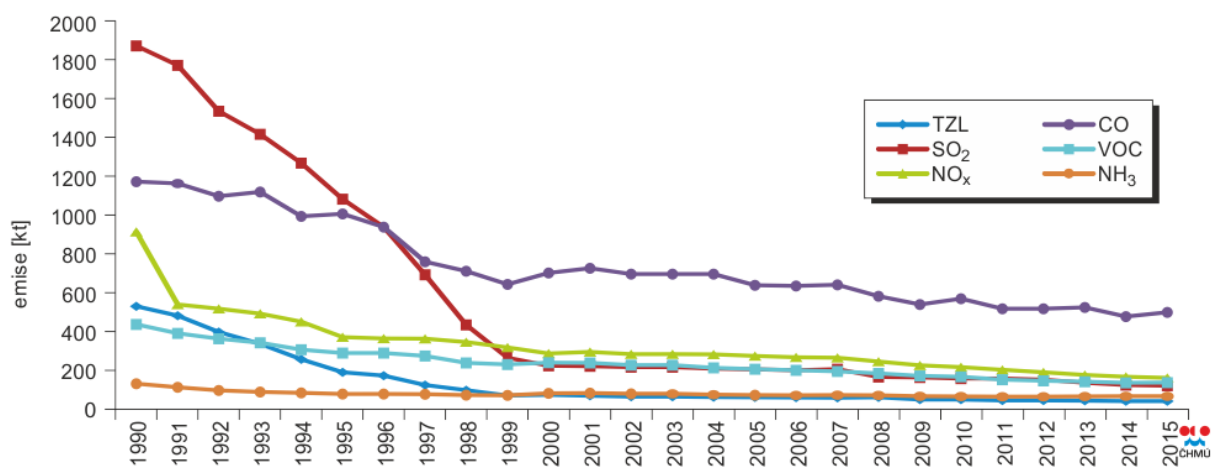
Zdroj: [23]

Obrázek 28: Vyznačení oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví (bez zahrnutí troposférického ozonu) v r. 2018



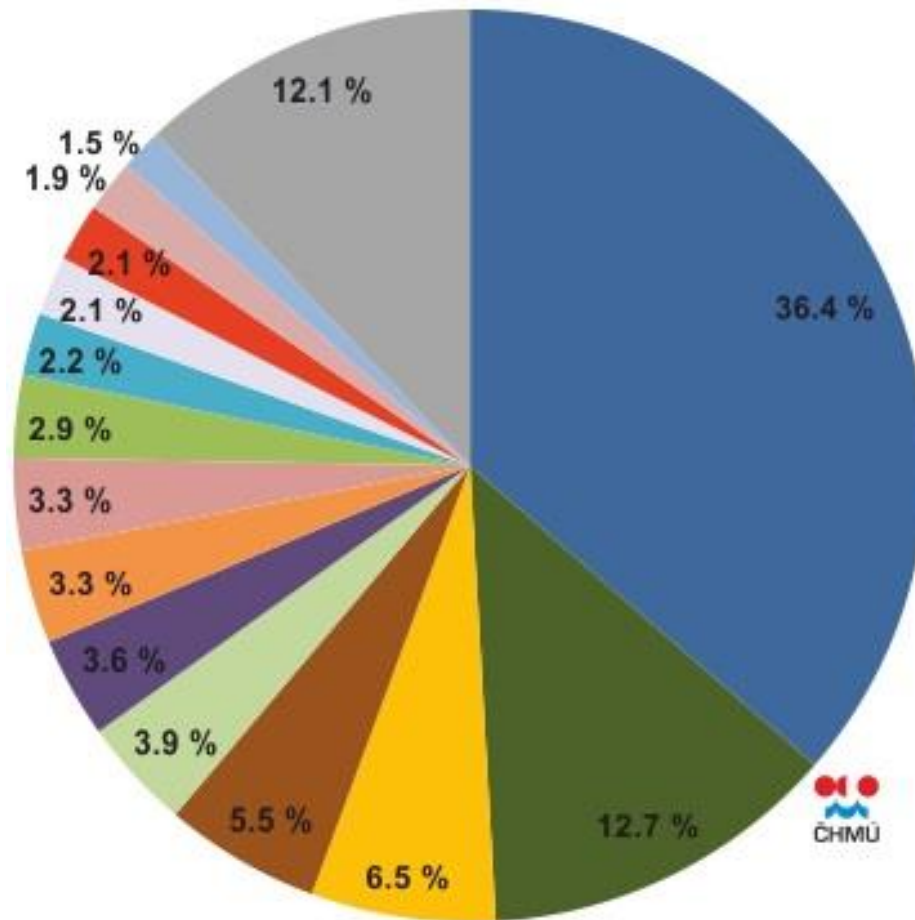
Zdroj: [46]

Obrázek 29: Vývoj celkových emisí ČR 1990-2015



Zdroj: [112]

Obrázek 30: Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM₁₀ v ČR 2015

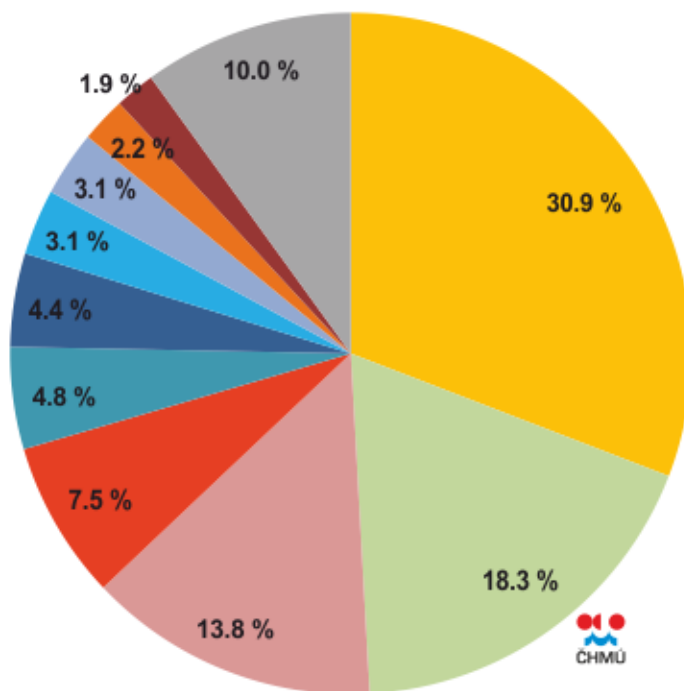


- 1A4bi - Lokální vytápění domácností
- 3Dc - Polní práce (orba, sklizeň apod.)
- 1A1a - Veřejná energetika a výroba tepla
- 1B1a - Fugitivní emise z pevných paliv: Těžba a manipulace s uhlím
- 1A4cii - Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje
- 1A3bvi - Silniční doprava: Otěry pneumatik a brzd
- 2A5a - Těžba nerostných surovin (mimo uhlí)
- 1A3biii - Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 tuny
- 3B4gii - Chovy hospodářských zvířat - Chov broilerů
- 3B4gi - Chovy hospodářských zvířat - Nosnice
- 1A3bvii - Silniční doprava: Abraze vozovky
- 1A3bi - Silniční doprava: Osobní automobily
- 3B3 - Chovy hospodářských zvířat - Chov prasat
- 2C1 - Výroba železa a oceli
- Ostatní

Zdroj: [24]

Obrázek 31: Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x v ČR 2015

- 1A1a - Veřejná energetika a výroba tepla
- 1A4cii - Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje
- 1A3biii - Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 tuny
- 1A3bi - Silniční doprava: Osobní automobily
- 1A2f - Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Minerální nekovové produkty
- 1A4bi - Lokální vytápění domácností
- 1A4ai - Služby / instituce: Stacionární spalovací zdroje
- 1A2c - Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Chemický průmysl
- 1A1c - Zpracování uhlí (brikety, koks, zplyňování)
- 1A2a - Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Železo a oce
- Ostatní



Zdroj: [24]

Obrázek 32: Podíl sektorů NFR na celkových emisích SO_x v ČR 2015



Zdroj: [24]

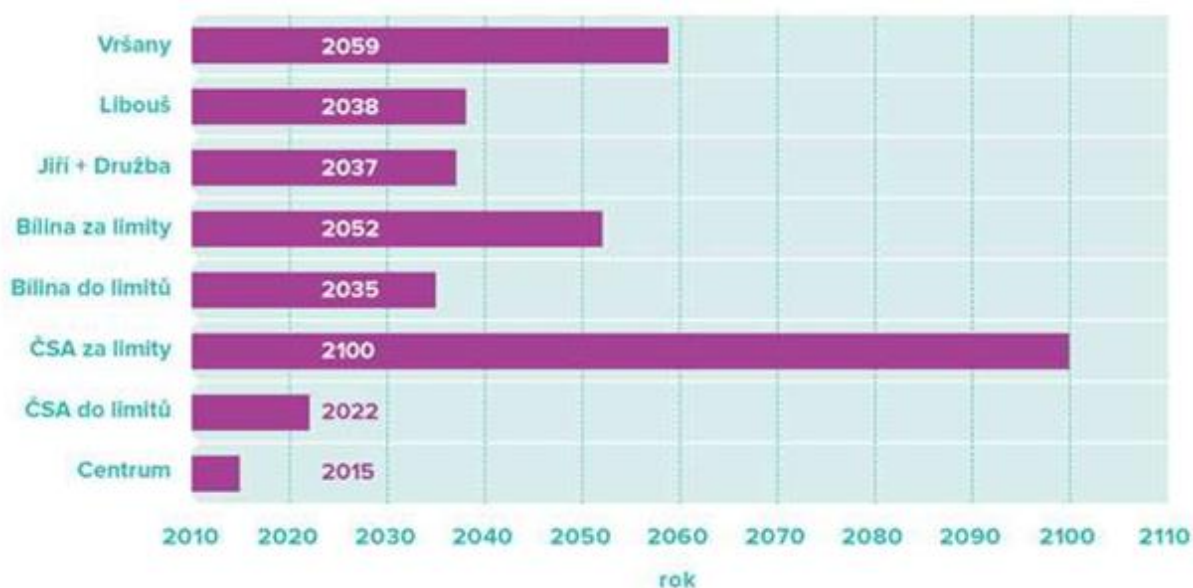
4.1 Dílčí závěr 4. kapitoly

Česká republika patří mezi země s nejvíce znečištěným ovzduším nejen v Evropě, ale také na světě. Těžba hnědého uhlí se významně podílí na znečištění ovzduší pevnými částicemi, spalování fosilních paliv v české energetice se na tomto stavu významně podílí emisemi NO_x a SO_x , v případě spalování uhlí v lokálních topidlech také emisemi pevných částic. Těžbou uhlí jsou ohroženy významné minerální prameny a obce v Severních Čechách. V důsledku těžby hnědého uhlí patří ČR (ČSSR) smutné prvenství v bezohledném zbourání starého historického města Most s druhou nejvyšší koncentrací barokních památek v ČR a třemi historickými náměstími. Mimo města Most muselo těžbě ustoupit mnoho dalších historických památek a obcí v regionu Severních Čech. Sekundárně dochází v důsledku odsíření uhelných elektráren k poškozování životního prostředí těžbou vápence. Veřejností na celém světě byla v současné době přijata hypotéza globálního oteplování vlivem zvyšování obsahu CO_2 v atmosféře v důsledku spalování fosilních paliv.

5 Nucený výstup ČR z vlastní fosilní energetiky

Nucený výstup ČR z fosilní energetiky, pokud nedojde k přehodnocení těžby černého uhlí, nastane po vyčerpání dostupných zásob hnědého uhlí, které je dominantní energetickou surovinou. Datum ukončení těžby hnědého uhlí v ČR je očekáván v roce 2060 respektive v roce 2100 viz. obrázek 33. Ačkoli je ukončení těžby hnědého uhlí předpokládáno až v roce 2060, respektive v roce 2100, je třeba však brát v úvahu zejména nízký objem těžby zejména po roce 2035 respektive 2039 viz. obrázek 17. Životnost zdrojů ČEZ je uvedena v tabulce 21. V případě, že nebudou prolomeny limity těžby hnědého uhlí, lze nedostatek uhlí pro teplárny očekávat již po roce 2020 viz. tabulka 20.

Obrázek 33: Předpokládané ukončení těžby v hnědouhelných lomech ČR



Zdroj: [15]

5.1 Dílčí závěr 5. kapitoly

Pokud nebude spotřeba hnědého uhlí v českém teplárenství nahrazena černým uhlím a nebudou prolomeny ÚEL těžby hnědého uhlí, nucený výstup ČR z vlastní fosilní energetiky proběhne nejpozději v roce 2060. V případě, že ÚEL těžby hnědého uhlí budou prolomeny, proběhne úplný výstup ČR z vlastní fosilní energetiky nejpozději v roce 2100. Je třeba však brát v potaz nejen datum úplného výstupu ČR z vlastní fosilní energetiky dle obrázku 33, ale také objem těžby dle obrázku 17, který i v případě prolomení ÚEL významně klesá již po roce 2030 a nedokáže již po roce 2030 uspokojit poptávku po uhlí v současném objemu. Nedostatek uhlí pro české teplárenství může v některých teplárnách nastat už po roce 2020, dočasně řešen může být pokračováním těžby na dole Bílina.

Dne 22. 4. 2016 byla podepsána Pařížská dohoda o omezení emisí skleníkových plynů po roce 2020, která navazuje na Kjótský protokol. Dne 13. 12. 2019 bylo Evropskou radou

schváleno dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050. ČR se tedy jako člen EU zavázala vystoupit z fosilní energetiky nejpozději do roku 2050.

Na základě výše uvedeného bylo stanoveno cílem disertační práce dosažení uhlíkové neutrality ve výrobě tepla a elektrické energie do roku 2050 a zajištění náhrady hnědého uhlí v teplárenství ČR do roku 2030, nejpozději však do roku 2040.

6 Prognostická opatření

6.1 Vstup zahraničních fosilních zdrojů (1.alternativa)

6.1.1 Import hnědého uhlí

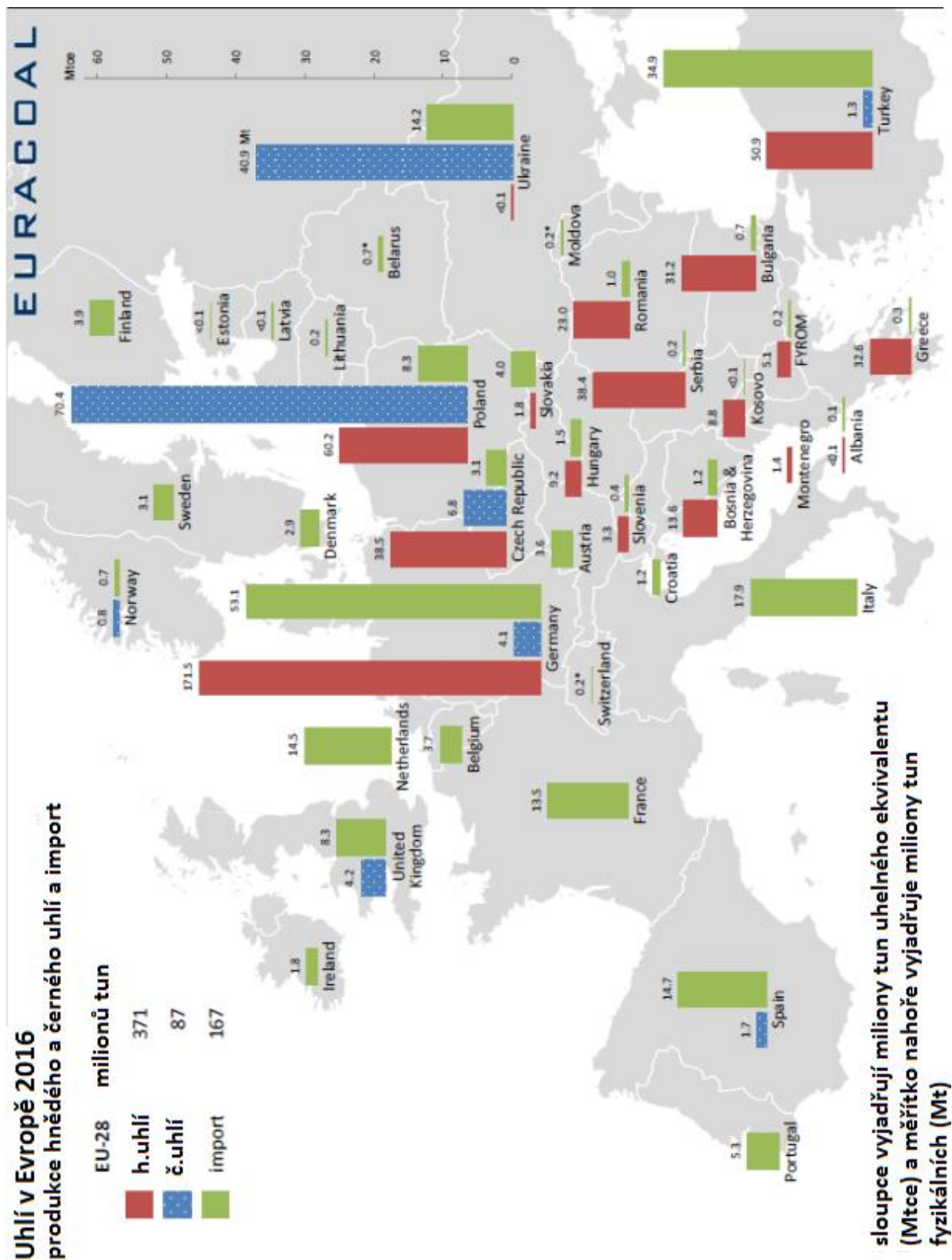
Vzhledem k nízké výhřevnosti hnědého uhlí je jeho doprava na velké vzdálenosti nákladná. V případě ČR připadá v úvahu jen dovoz z Německa, který již krátce a neúspěšně probíhal z dolu Mibrag a byl ukončen na základě iniciativy německé veřejnosti [25]. Import hnědého uhlí je považován za nereálný.

6.1.2 Import černého uhlí

V Evropě jsou významnými těžaři černého uhlí jen Ruská federace, Polsko, Německo a Ukrajina viz. obrázek 34. Polsko je však v současné době importérem černého uhlí z Ruska a nejsou zde pro nerentabilitu v posledních letech otevírány nové doly [26], Německo se odklání od fosilní energetiky a uzavírá doly. Doly na černé uhlí na Ukrajině se nacházejí na Donbasu, kde doposud probíhá občanská válka. Válkou byla významně poškozena důlní infrastruktura.

Jediným potenciálním exportérem černého uhlí v Evropě do České republiky je tak Ruská federace. S ohledem na vnitrozemskou polohu ČR není hospodárný přímý dovoz černého uhlí po moři např. z USA, JAR nebo Austrálie.

Obrázek 34: Uhlí v Evropě 2016 – produkce hnědého a černého uhlí a import



Zdroj: [29]

6.1.3 Import zemního plynu a ropy

Česká republika je v dovozu ropy a zemního plynu zcela závislá na importu viz. tabulka 27 a tabulka 29. ČR je napojena na ropovod Družba a Ingolstadt (MERO, IKL) [27]. Podrobněji je o ropovodu Družba pojednáno v [28]. Ropovodem Družba je dopravována ropa z Ruské federace, ropovodem Ingolstadt je do ČR dodávána ropa z Blízkého východu.

ČR je napojena na plynovod Družba a Gazela viz. obrázek 36 . Plynovodem Družba je dodáván plyn z Ruské federace, plynovodem Gazela je možné dodávat plyn z Norska, případně z Ruské federace přes plynovody Opal a North Stream.

Z hlediska importu ropy a plynu jsou možnosti České republiky závislé na energetické politice EU viz. obrázek 37 a obrázek 38. EU má omezené vlastní zásoby ropy a zemního plynu v Severním moři.

Dominantním dodavatelem ropy a plynu do EU a ČR je Ruská federace viz. tabulka 27 a tabulka 29. V současné době probíhá výstavba plynovodu South Stream a North Stream II. South Stream II je náhradou zemního plynu z vyčerpaného naleziště Gröningen v Nizozemsku, South stream prioritně řeší zásobování jižních států EU .

Mimo Ruské federace jsou potenciálním dodavatelem ropy a zemního plynu pro EU země blízkého východu jako Irák, Irán, Saudská Arábie, případně země bývalého SSSR jako Ázerbájdžán viz. obrázek 37, obrázek 38, obrázek 39 a obrázek 40. Alžírsko nadále neplánuje exportovat zemní plyn a politická situace v Lybii je velmi nestabilní. Dovoz zkapalněného zemního plynu není cenově konkurenceschopný dodávkám zemního plynu plynovody.

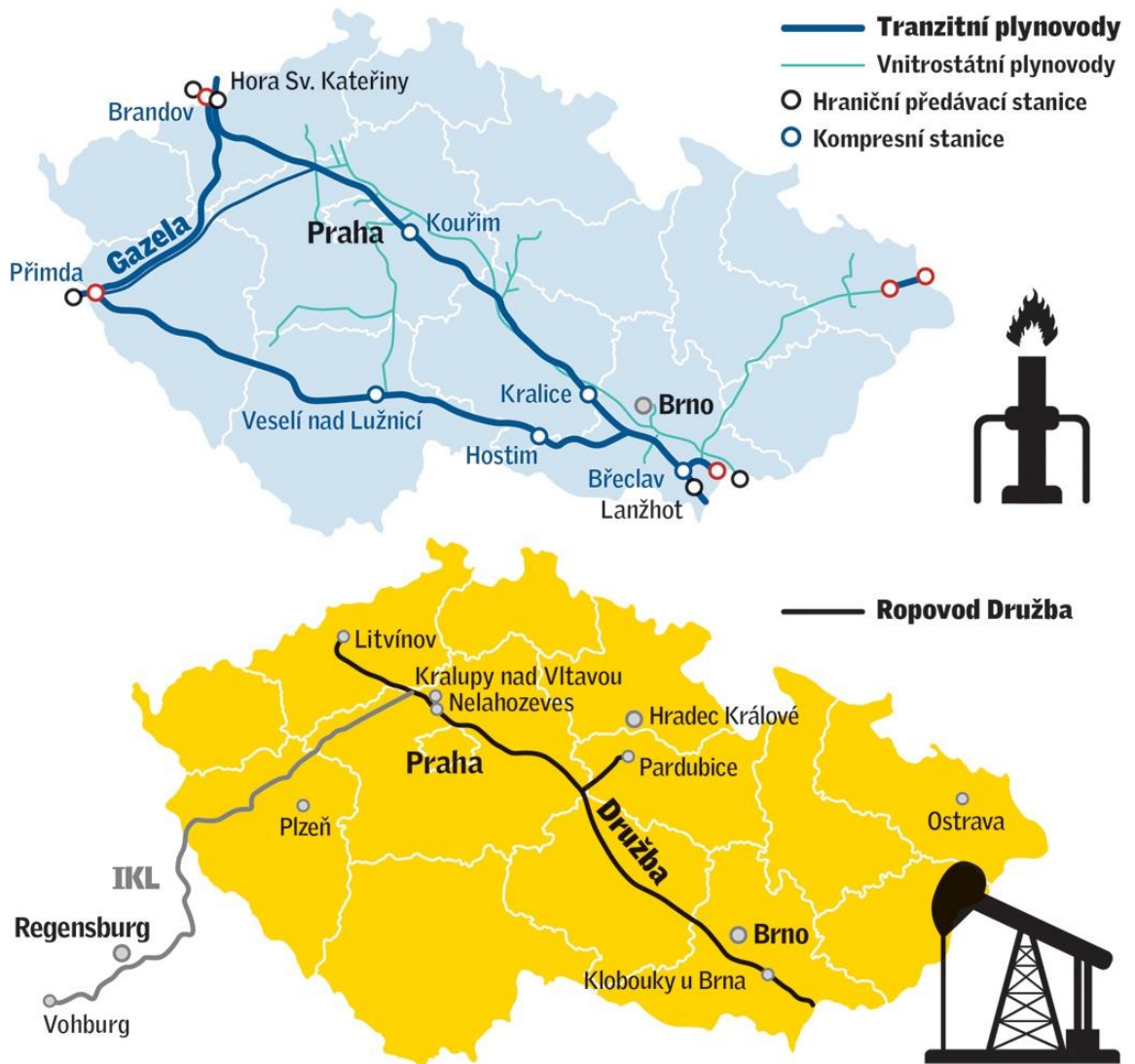
EU se neúspěšně pokusila o diverzifikaci importu zemního plynu projektem stavby plynovodu NABUCCO, který by obešel RF a umožnil by import plynu z Ázerbájdžánu, Iráku, Iránu a dalších zemí Blízkého východu.

Obrázek 35: Trasa zamýšleného plynovodu NABUCCO (nerealizováno)



Zdroj: [30]

Obrázek 36: Plynovody a ropovody v ČR



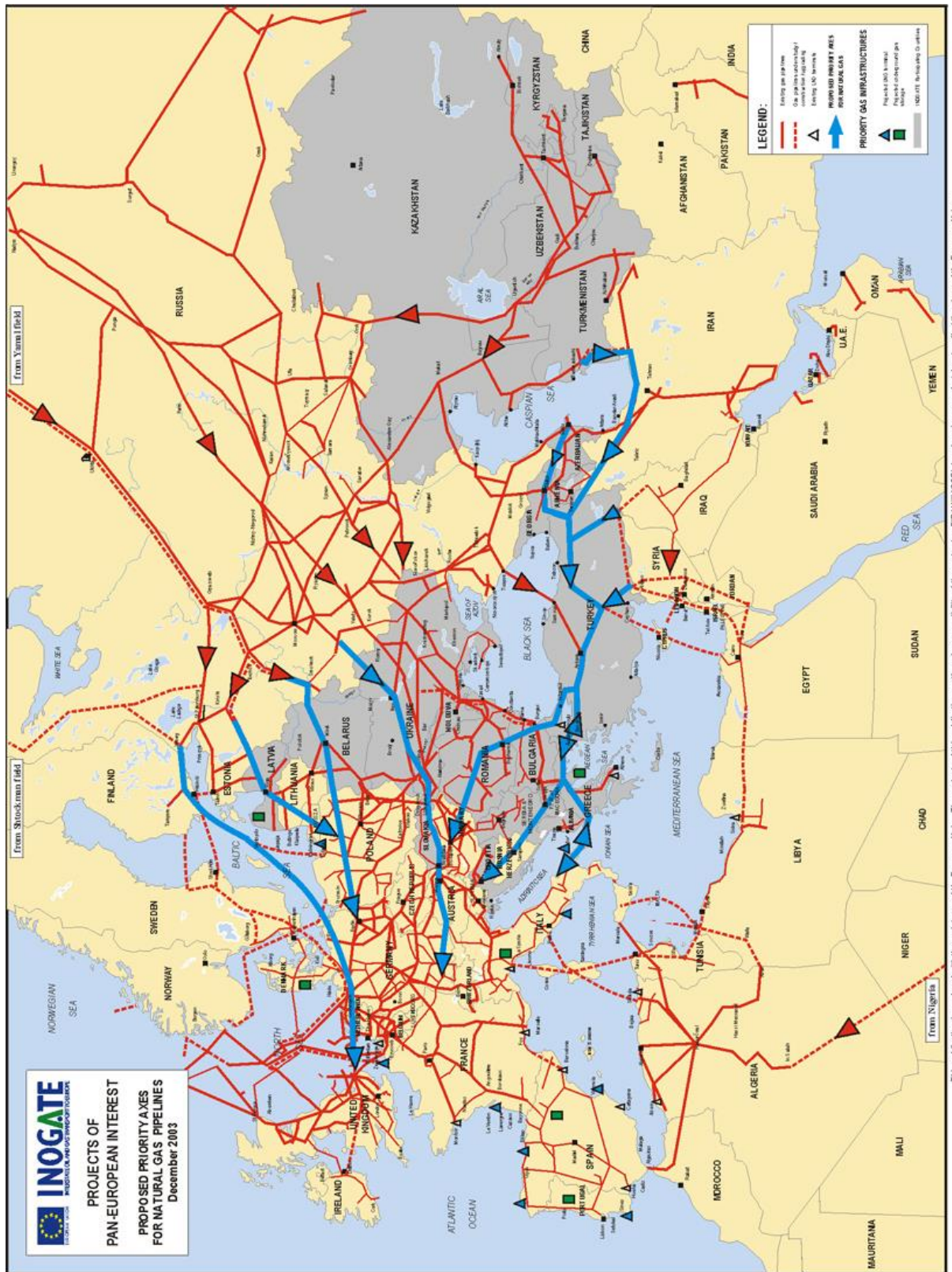
ZDROJ: MERO, PETROL.CZ

FOTO: SHUTTERSTOCK

INFOGRAFIKA: DENÍK/DAVID VALENTA

Zdroj: [31]

Obrázek 37: Uvažované prioritní trasy plynovodů EU 2003



Zdroj: [32]

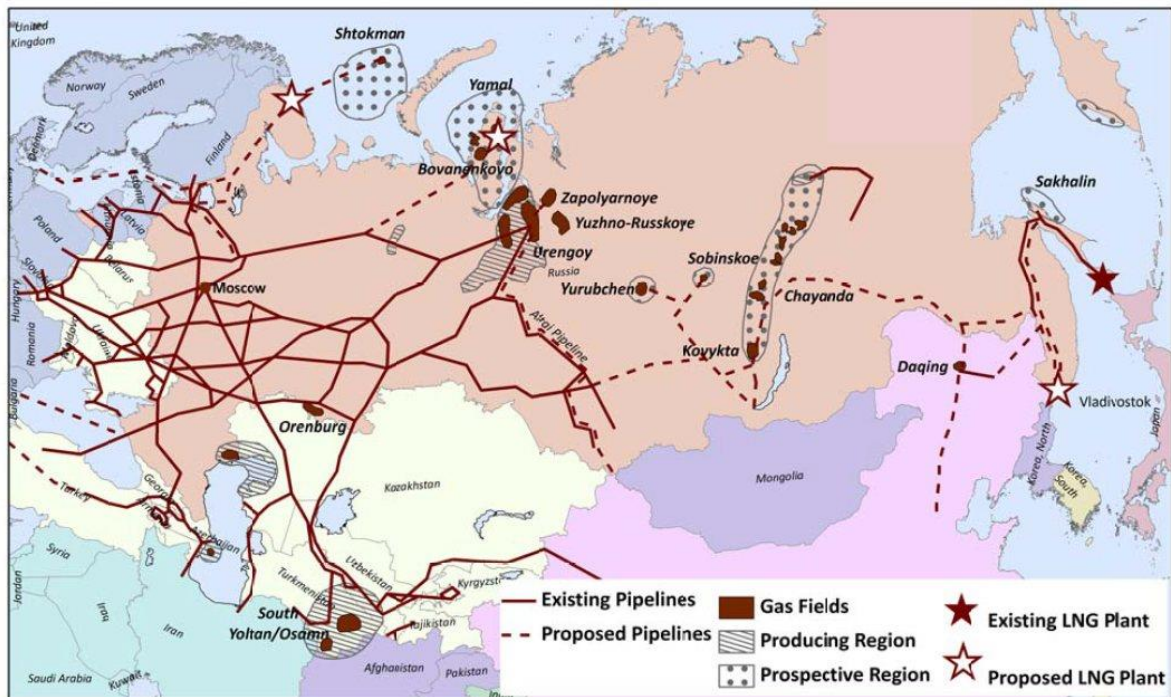
Z obrázku 37, obrázku 38, obrázku 39 a obrázku 40 je evidentní, že export ropy a plynu z Ruské federace je orientován v menší míře na asijské země, převážně však do zemí EU a klíčovými (potenciálními) tranzitními zeměmi pro dodávky zemního plynu a ropy do EU (a ČR) plynovody a ropovody z Ruské federace jsou Litva, Lotyšsko, Estonsko, Polsko, Bělorusko, Ukrajina, Rumunsko a Bulharsko, Gruzie, Arménie, Ázerbájdžán a Turecko. Prakticky ve všech těchto potenciálních tranzitních zemích jsou vlády orientované silně protirusky a výstavbu plynovodů přímo blokuje, či požadují vysoké tranzitní poplatky.

Pro ropovody z Blízkého východu jsou klíčovými tranzitními zeměmi zejména Turecko, Sýrie a Irák. V Sýrii probíhá občanská válka, v Iráku probíhá občanská válka, v Turecku je situace rovněž na hraně stability. Z obrázku 38 je zjevné, že zcela klíčovou zemí pro diverzifikaci dodávek plynu do EU je Turecko.

Ruská federace diverzifikuje export zemního plynu i ropy, když propojuje soustavu plynovodů a ropovodů na svém území tak, aby bylo možné zemní plyn a ropu z nalezišť na poloostrově Jamal, Západní Sibiři a Dálném východě přeměřovat z evropského trhu na čínský, indický či japonský trh, kde je o dodávky velká poptávka a zájem – viz. obrázek 39. Zatímco odběratelé zemního plynu v EU podmiňují dodávky plynu a výstavbu plynovodů různými převážně politickými a lidskoprávními otázkami, asijské dodavatele pro stavbu plynovodů ani dodávky zemního plynu takové podmínky nekladou. Lze se domnívat, že po propojení soustavy plynovodů a ropovodů v Ruské federaci dojde v důsledku vzniku tržního prostředí mezi asijskými a evropskými odběrateli k soutěži o dodávky plynu, což nesporně vyvolá růstu ceny, případně přímo omezení množství dodávaného zemního plynu a ropy do EU.

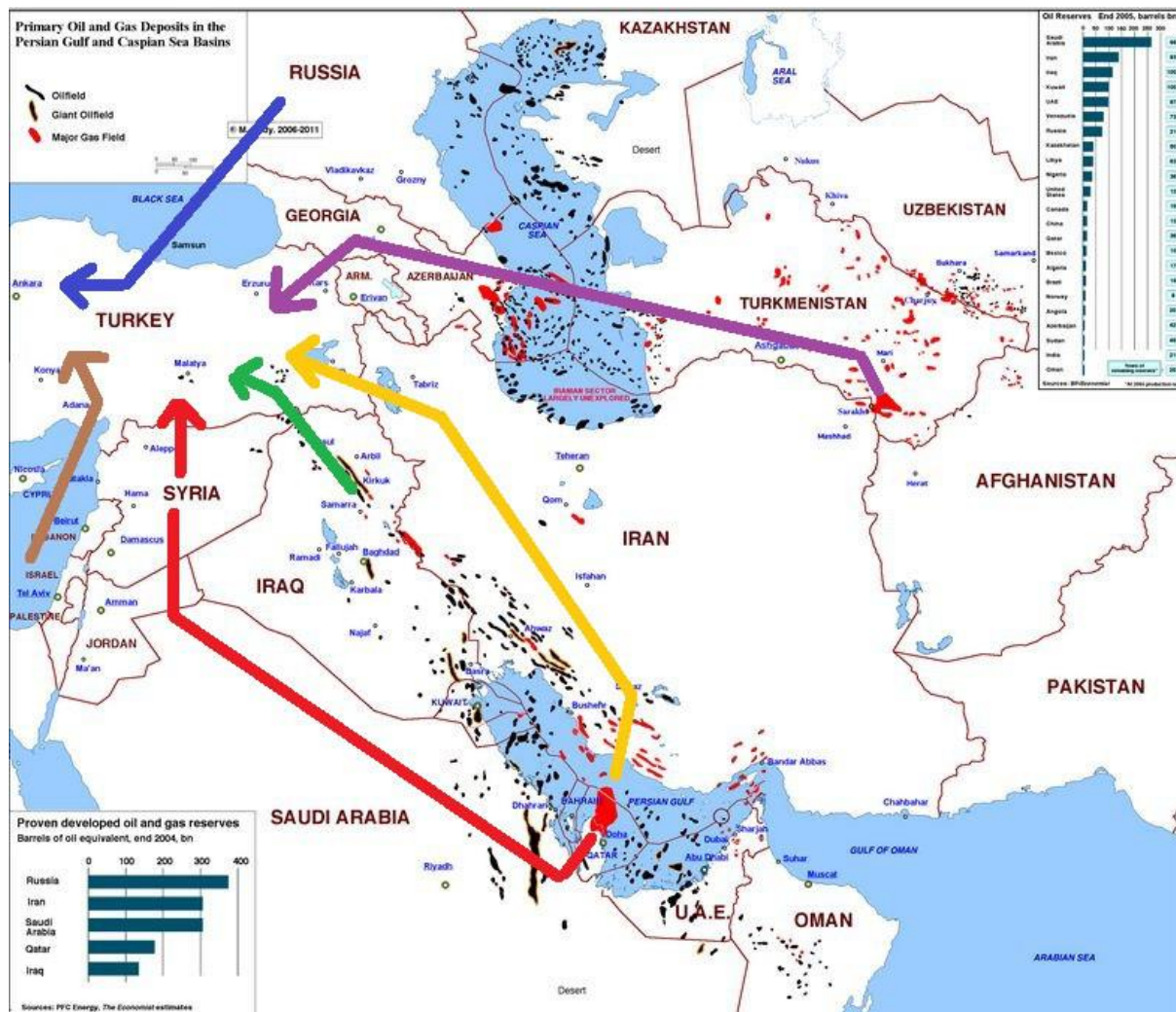
Nahradit zcela dodávky domácího hnědého uhlí importem zemního plynu je s ohledem na výše uvedené velmi nejen riskantní, ale také problematické z hlediska kapacity plynovodů. Je však zřejmé, že vzdávat se v blízké budoucnosti zcela dodávek zemního plynu v oblasti DCZT, kde zemní plyn nemá v současné době zejména ve městech plnohodnotnou alternativu, by bylo neopodstatněné. Náhrada plynových kotlů elektrokotli je z hlediska spotřeby primárních paliv velmi náročná, zatímco u tepelných čerpadel je problémem hluk a potřeba nízkého teplotního spádu ústředního vytápění.

Obrázek 39: Hlavní ruské ropovody a plynovody



Zdroj: [34]

Obrázek 40: Alternativní dodavatelé ropy a plynu do EU



Zdroj: [35]

6.1.4 Import jaderného paliva

ČR nedisponuje kapacitami pro výrobu jaderného paliva. Import jaderného paliva je s ohledem na vysokou koncentraci energie možný i na velkou vzdálenost. Rovněž je možné vytvoření rezerv.

Import jaderného paliva lze očekávat ze zemí s vysoce rozvinutým jaderným průmyslem jako Ruská federace, USA, Francie, Čína nebo Indie. U některých SMR, která využívají speciální palivo odlišné od velkých jaderných bloků jako např. RITM-200M, ABV-6M, nebo AST-200 je třeba brát v úvahu potenciální závislost na dodavateli paliva, který může být jen jeden. S ohledem na až 10ti letou palivovou kampaň reaktorů ABV-6M a RITM-200 lze tento potenciální problém řešit elegantně vytvořením zásob jaderného paliva, zejména s ohledem na délku palivové kampaně výše uvedených reaktorových systémů.

6.1.5 Dílčí závěr kapitoly 6.1

Náhrada dodávek domácího hnědého uhlí zemním plynem pro zdroje CZT je riziková. V oblasti DCZT nemá zemní plyn doposud plnohodnotnou alternativu a vzdávat se dodávek by bylo v současné době neopodstatněné. Možný je omezený import černého uhlí z Ruské federace a nákup zahraničního jaderného paliva. Některé typy SMR používají speciální typ paliva odlišný od paliva velkých jaderných bloků a může existovat jen jeden dodavatel. Řešením však v takovém případě může být vytvoření bezpečnostní rezervy jaderného paliva.

6.2 Úsporná opatření (2. alternativa)

Efekt úsporných opatření na spotřebu primárních paliv na úrovni státu je odlišný pro oblast CZT i DCZT a proto je posouzen jednotlivě. Při posuzování provádění úsporných opatření na straně budov je třeba brát v potaz nejen hledisko energetické, ale zejména estetické, památkovou ochranu i architektonickou hodnotu staveb a životního prostředí v ČR. Estetické hledisko je třeba brát v úvahu již při preferenci CZT tam kde to je možné v historických centrech měst. Povinnost stavět budovy po roce 2020 jen v nízkoenergetickém standardu s téměř nulovou spotřebou energie je upravena zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií a jeho prováděcí vyhláškou č. 78/2013 Sb. S ohledem na procentní zastoupení původní zástavby se efekt nové nízkoenergetické zástavby do roku 2040 v celkové bilanci prakticky neprojeví. Vliv na celkovou bilanci úspor lze očekávat jen při snižování energetické náročnosti stávající zástavby. Problémem je rovněž skutečnost, že v případě novostaveb se nejedná o stavby s nulovou spotřebou energie, ale téměř nulovou spotřebou energie, což navyšuje fixní náklady na výrobu a distribuci především elektrické energie.

6.2.1 CZT

Ze skutečnosti, že jen 21 % elektrické energie je v ČR vyráběno v teplárnách (viz. obrázek 4), je zřejmý nadbytek nevyužitého odpadního tepla při výrobě elektrické energie. S ohledem na umístění elektráren (zejména jaderných elektráren), poměr potřeby elektrické a tepelné energie s ohledem na klimatické podmínky ČR není však vždy možné odpadní teplo využít. Z uvedených skutečností, je patrné, že úspory spotřeby tepla na straně spotřebitele napojeného na CZT, kde je zdrojem tepla teplárna, se při zanedbání snížení účinnosti výroby elektrické energie při teplárenském provozu, na státní úrovni s ohledem na potřebu výroby elektrické energie ve spotřebě primárních paliv neprojeví. Krokem ke snížení spotřeby primárních paliv na úrovni státu je zvyšování účinnosti výroby elektrické energie v teplárnách (zvyšování modulu výroby elektrické energie e) a zvyšování podílu KVET v oblasti CZT.

6.2.2 DCZT

V oblasti DCZT (a CZT, kde zdrojem tepla je výtopena) je účelné v maximální možné míře provést úsporná opatření na straně spotřeby tepla.

Snížení spotřeby tepla je možné docílit opatřeními na straně:

- 1) Zdroje tepla
- 2) Účinnosti rozvodu tepla
- 3) Účinnosti regulace
- 4) Energetické náročnosti budovy - a) úniku tepla konstrukcemi budovy
 b) větráním

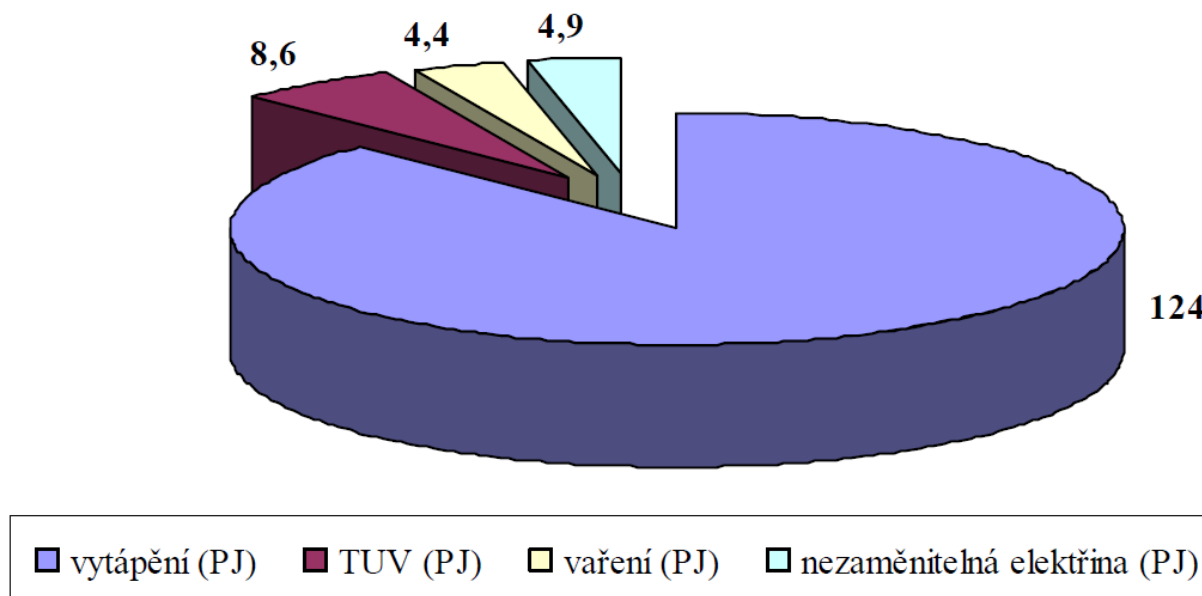
Potenciál úspory tepla byl podrobně zpracován například v [53] a [54].

Tabulka 30: Celkový potenciál úspor energie bytového sektoru v roce 2050

potenciál/úspory	vytápění	TUV	vaření	nezaměn. el.	Celkem
Technický potenciál	124 PJ	8,6 PJ	4,4 PJ	4,9 PJ	141,9 PJ
Ekonomický potenciál	50,4 PJ	6 PJ	2,9 PJ	3,2 PJ	62,5 PJ

Zdroj: [53]

Obrázek 41: Technický potenciál úspor energie bytového sektoru v roce 2050



Zdroj: [53]

Dle tabulky 1 se DCZT podílí z 60 % na zásobování teplem domácností. Celkový ekonomický potenciál úspor tepla ČR do roku 2050 na vytápění a přípravu TV by pak dle údajů z tabulky 30 činil $56,4 \cdot 0,6 = 33,8$ PJ a tedy 25 %.

Pokud bychom zjednodušeně uvažovali 25 % úsporu tepla dodaného DCZT i v oblasti průmyslu a služeb, pak bychom dostali úsporu $160 \cdot 0,25 = 40$ PJ.

Z projekční praxe autora vyplývá, že po kompletním zateplení standardního domu z plných cihel dojde k úspoře potřeby tepla přibližně o polovinu. Pokud bychom zjednodušeně uvažovali, že ekonomický potenciál pro zateplení má jen polovina domů, respektive jen některé konstrukce těchto domů a zvýšením účinnosti zdroje tepla můžeme ušetřit cca 20% paliva považuje autor hodnoty obsažené v tabulce 30 za reálné.

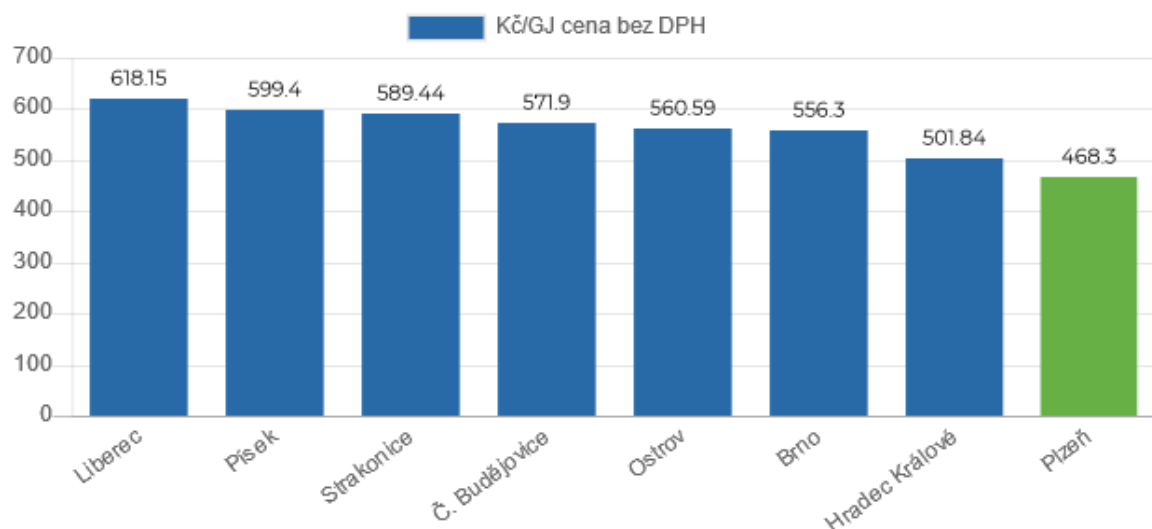
6.2.3 Dílčí závěr kapitoly 6.2

Odhad celkového ekonomického potenciálu úspor tepla (v oblasti DCZT) do roku 2050 činí 25 % a tedy 73,8 PJ. Snižování potřeby tepla budov napojených na CZT nepřináší úsporu paliv na úrovni státu.

6.3 Ekonomická prognóza

6.3.1 Současná cena tepla v ČR

Obrázek 42: Porovnání ceny dálkového tepla v roce 2020 v některých regionech ČR



Zdroj: [63]

Tabulka 31: Průměrná cena tepla pro domácnosti (bez uvažování investičních nákladů) pro DCZT i CZT v roce 2019 na vstupu do topné soustavy

Palivo	Cena	Výhřevnost Spalné teplo*	Cena Kč/kWh _t	Účinnost	Cena tepla skutečná Kč/kWh _t	kg hnědého uhlí/kWh _t
Jaderné palivo (standartní pro velké bloky)	0,5€/GJ [65,66]	3,9.10 ⁶ MJ/kg 45 MWd/kg [64]	0,036	90% [57]	0,042	0
UHLÍ HNĚDÉ Bílinské ořech 2	3,57 Kč/kg [55]	17,6 MJ/kg [55]	0,74	85% [57]	0,87	0,20
ŠTĚPKA	650-2000 Kč/t [57]	10,10 MJ/kg [56]	0,23-0,71	80% [57]	0,29-0,89	0
UHLÍ ČERNÉ Eko hrášek	5,9 Kč/kg [55]	30,19 MJ/kg [55]	0,70	85% [57]	0,83	0
DŘEVO MĚKKÉ ŠTÍPANÉ	876 Kč/Prm [58]	1600 kWh/Prm [56]	0,55	80% [57]	0,7	0
TČ země-voda	2,5-3 Kč/kWh [57]		2,5-3	SCOP=4,2 [57, 70]	0,6-0,71	0,19
TČ vzduch-voda	2,5-3 Kč/kWh [57]		2,5-3	SCOP=2- 2,5 [60,61,62]	1-1,5	0,32
PELETY BÍLÉ	4,5 – 8,1 Kč/kg [57, 63]	17,2 MJ/kg [51]	0,94-1,70	90% [57]	1,04-1,89	0
CZT Plzeň	512,9 Kč/GJ [63]		1,42	100% [57]	1,42	0,13
PLYN	1,30-1,60 Kč/kWh [57]	*37,69 MJ/m ³ [129]	1,30-1,60	95% [57]	1,37-1,68	0
CZT Liberec 2016	680 Kč/GJ [63]		1,88	100% [57]	1,88	-
LTO	18-23 Kč/l [57]	*42 MJ/kg [129]	1,82-2,53	95% [57]	1,9-2,6	0
ELEKTRINA	2,2-3 Kč/kWh [57]		2,2-3	99% [57]	2,2-3	0,81
ČLOVĚK(100W)	200 Kč/hod [57]		2000	100% [57]	2000	0

Zdroj: Výpočet autora

Komentář k tabulce 31:

1) Člověk (jedoucí na rotopedu a produkující stabilní elektrický výkon 100 W) je v tabulce uveden jen pro názornou ilustraci ceny lidské energie.

2) Cenu tepla není možné vypočítat přesně, tarify a ceny paliv nejsou vždy veřejné, jsou vázány na dodavatele, velikost jističe, instalovaný výkon, spotřebované množství a dobu nákupu paliva. Mnozí zákazníci mají staré tarify, které neodpovídají současným veřejně dostupným. Autor se pokusil dle vlastních zkušeností uvést reálné ceny na trhu.

3) Cena energií v průmyslu pro velkoobdoběratele se liší (nižší) od ceny energií pro domácnosti. Ceny jsou předmětem ujednání mezi dodavatelem a odběratelem a nejsou veřejně dostupné. Dle zkušenosti autora mohou být ceny plynu a elektřiny až poloviční oproti ceně pro domácnosti.

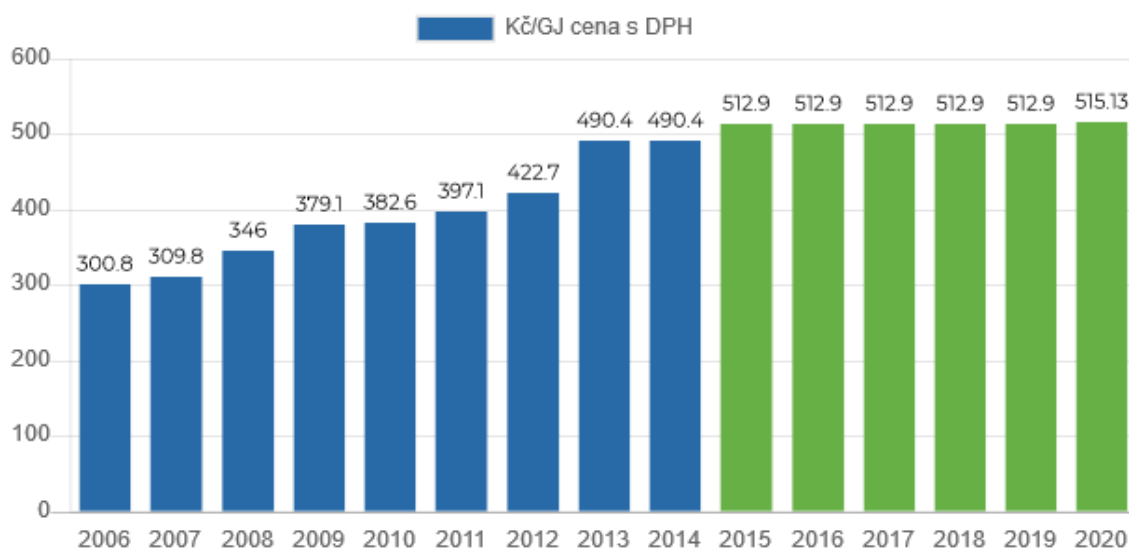
3) Spotřeba primárního paliva uvedená v posledním sloupci tabulky je imaginárním údajem, vypočteným pro referenční primární palivo hnědé uhlí o výhřevnosti 17,6 MJ/kg s účinností přeměny dle obrázků 1 a 2 na stranách 23 a 24. U CZT Plzeň byla hodnota vypočtena orientačně jako úspora 1/3 paliva oproti decentrální výrobě a tedy 1. řádku. Předpokladem pro oprávněnost výsledků je výroba elektrické energie čistě ze zvoleného referenčního paliva.

4) Cena jaderného paliva odpovídá ceně pro velkoobdoběratele, nikoli domácnosti

5) Cena dálkového tepla je cenou na vstupu do topné soustavy za výměňkovou stanicí, která je obvykle majetkem vlastníka sítě CZT a zahrnuje tedy investiční náklady.

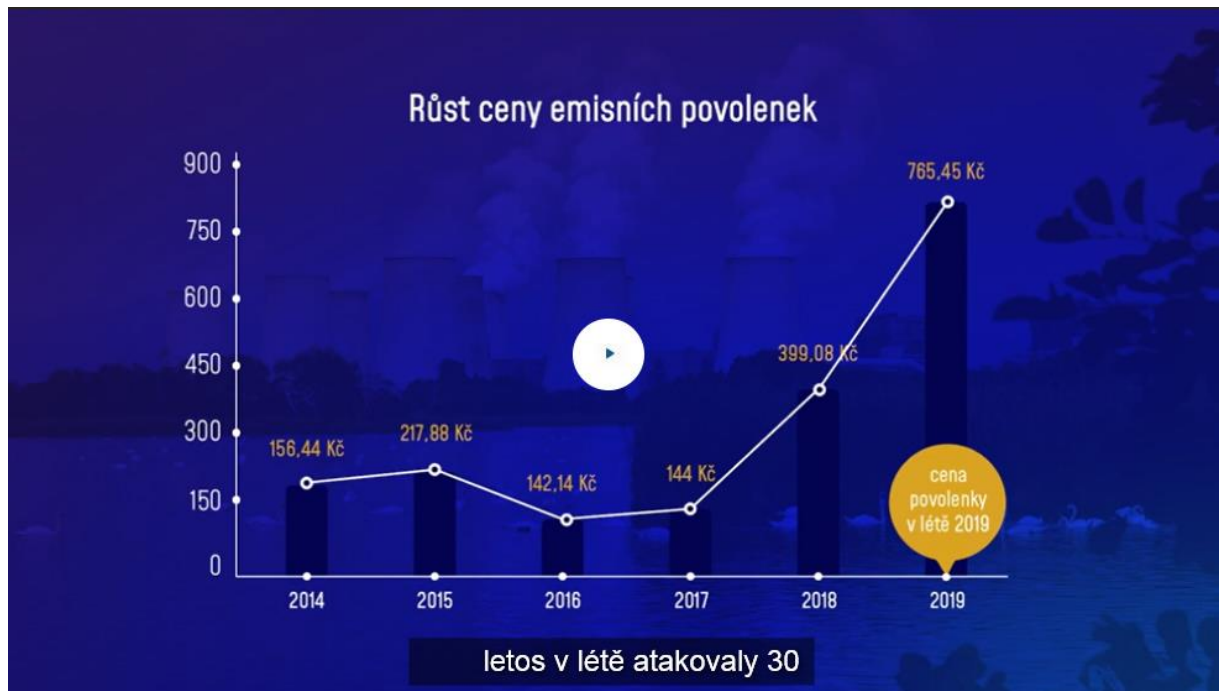
6) Model výpočtu ceny tepla bez uvažování investičních nákladů byl zvolen proto, že běžný člověk, který se rozhoduje nad volbou zdroje vytápění obvykle porovnává jen ceny paliv s cenou dálkového tepla, pokud pro něho dálkové teplo je dostupné.

Obrázek 43: Vývoj ceny dálkového tepla ve městě Plzeň



Zdroj: [63]

Obrázek 44: Vývoj ceny emisních povolenek v letech 2014-2019



Zdroj: [67]

Obrázek 45: Vývoj ceny silové elektřiny



Zdroj: [83]

Závěry vyplývající z tabulky 31 a obrázku 45:

- 1) Bez zahrnutí ceny jaderného paliva lze cenu tepla z jednotlivých paliv, elektrické energie a zdrojů CZT rozdělit přibližně do 3 stejných skupin dle tabulky 31.
- 2) Ačkoli ve vstupní ceně paliv a elektrické energie mohou být přítomny nepřesnosti, rozdělení výsledných cen tepla do 3 skupin s prakticky totožnou cenou tepla ukazuje, že cena jednotlivých paliv, elektrické energie a tepla se řídí jasnými zákonitostmi. Těmito zákonitostmi jsou investiční náklady na pořízení zdroje tepla, komfort vytápění a spotřeba primárních paliv. Zmíněným zákonitostem se v ČR vymyká lehký topný olej, který je vysoce zdaněn a tepelná čerpadla, jejichž využití je (v lokalitách, kde je dostupný zemní plyn) ovlivněno spíše marketingem, než racionálními ekonomickými, ekologickými či technickými důvody. Do budoucna lze očekávat přibližně zachování současného poměru ceny tepla z jednotlivých paliv a energií.
- 3) Cena dřeva je ovlivněna kůrovcovou kalamitou. Pokud bude pokračovat trend záměny zdrojů na pevná fosilní paliva biomasou, lze očekávat růst jeho ceny.
- 4) Růst ceny elektrické energie může být vyvolán nedostatkem výrobních kapacit v EU, ale i ČR po odklonu od fosilní, ale i jaderné energetiky. Očekáván je významný růst ceny elektrické energie po roce 2030 s ohledem na hrozící deficit výrobních kapacit.
- 5) CZT v Plzni je příkladem úspěšného CZT, které se narodilo od ostatních soustav CZT stále úspěšně rozvíjí. Z této skutečnosti lze vyvodit závěr, že podmínkou pro rozvoj CZT je cena tepla nižší než z plynu bez uvažování investičních nákladů, které běžný spotřebitel do ceny tepla nezahrnuje. Výsledná cena dálkového tepla by měla být nižší než 1,5 Kč/ kWh_t.
- 6) Potenciál pro dosažení ceny dálkového tepla nižší než ceny tepla ze zemního plynu bez zahrnutí investičních nákladů má po vyčerpání zásob hnědého uhlí dle Tabulka 31 prakticky jen jaderné palivo, suchá štěpka, jiná odpadní biomasa a BRKO. Na trhu však není suchá štěpka prakticky dostupná, což činí cenu vyrobeného tepla nekonkurenceschopnou.
- 7) Cena tepla z uhlí je významně zatížena cenou emisních povolenek. Pokud bude růst ceny emisních povolenek znázorněný na obrázku 44 pokračovat, cena CZT se stane pro obyvatelstvo neakceptovatelná a hrozí v krajním případě rozpad sítě CZT. Problematika emisních povolenek je v ČR upravena zákonem č. 383/2012 Sb., který vychází z EU ETS, jehož se Česká republika jako členský stát účastní.
- 8) Sazba DPH na teplo byla od 1.1.2020 snížena z 15 % na 10 % za účelem zachování ceny tepla z CZT v důsledku růstu ceny emisních povolenek viz. obrázek 44.
- 9) Blíže je o současných vážných problémech českého teplárenství pojednáno například v [67]. Dalším zdrojem jsou například tiskové zprávy TSČR.
- 10) Je doporučeno přehodnotit model ceny dálkového tepla, která je vázána jen na spotřebu, je rovněž doporučeno, aby se teplárny orientovaly na výrobu elektrické energie ve špičce s využitím akumulační schopnosti sítě CZT.
- 11) Teplárny by měly být ekonomicky zvýhodněny při výrobě elektrické energie s ohledem na nízkou spotřebu primárního paliva využitím KVET. Vhodným prostředkem by mohly být například emisní povolenky, nebo upřednostnění dodávky elektrické energie do sítě.
- 12) Cena silové elektřiny je dlouhodobě pod hranicí €70

- 13) Řešením by bylo cenové zvýhodnění silové ceny elektřiny ze zdrojů s kladným vlivem na stabilitu přenosové soustavy elektrického napětí

6.3.2 Dílčí závěr kapitoly 6.3

Nejvyšší pro odběratele dálkového tepla současná akceptovatelná cena dálkového tepla na vstupu do topné soustavy je 1,5 Kč/kWh_t. Je doporučeno, aby byl přehodnocen model účtování tepla, kdy je cena vázána čistě na spotřebované množství tepla a to zejména u provozů využívajících technologii KVET. Dále je doporučeno, aby se teplárny orientovaly na výroby elektrické energie ve špičce s využitím kapacity sítí CZT. V případě zachování současného systému emisních povolenek a množství dlouhodobě udržitelně dostupné biomasy a BRKO má v oblasti dálkového tepla ekonomický potenciál jen teplo vyrobené z jaderného paliva. V oblasti DCZT je pro odběratele akceptovatelná cena tepla z pevných fosilních paliv, dřeva, dřevních pelet, zemního plynu a tepelných čerpadel. Při uvažování ceny tepla z tepelných čerpadel a správně zapojených kotelen na pevná paliva je však třeba brát v úvahu vysoké investiční náklady vyvolané přísnými normativními požadavky na instalaci zdrojů. Zatímco cena průměrné správně instalované kotelny na zemní plyn pro RD se pohybuje okolo 100-120 tis Kč, v případě tepelného čerpadla vzduch/voda mohou investiční náklady dosáhnout 400 tisíc Kč, u tepelného čerpadla země/voda dokonce 600 tisíc Kč, v případě kotelny na pevná paliva s akumulací nádrží nebo automatem na dřevní pelety či uhlí 200 až 300 tisíc Kč. Nejlevnější investiční náklady okolo 60 tisíc Kč lze očekávat v případě pořízení elektrického kotle.

6.4 Alternativní zdroje tepla (3. alternativa)

6.4.1 Decentrální zásobování teplem (DCZT)

Po výstupu ČR z vlastní fosilní energetiky je předpokládáno, že se DCZT uplatní tam, kde síť CZT není vybudovaná, nebo je spotřeba tepla málo koncentrovaná a vybudování CZT by bylo neekonomické. V oblasti DCZT není reálné počítat s uplatněním kogenerační výroby tepla a opodstatněné je v maximální míře (s ohledem na památkovou ochranu a architektonickou hodnotu staveb) provést úsporná opatření na straně potřeby tepla budov a účinnosti zdrojů tepla.

Po výstupu ČR z fosilní energetiky je reálně možné zajistit výrobu tepla v oblasti DCZT jen z OZE a elektrické energie. OZE se v klimatických podmínkách ČR redukuje prakticky jen na dřevní pelety a dřevo. Účinná transformace elektrické energie na teplo je možná jen v tepelných čerpadlech, v případě nejdostupnějšího typu vzduch/voda ovšem za cenu významného navýšení hlukové zátěže, v případě využití levných, jednoduchých a komfortních elektrokotlů za cenu vysoké spotřeby primárních paliv.

Dále je blíže pojednáno o perspektivních zdrojích tepla pro DCZT po výstupu ČR z fosilní energetiky. Účinnost využití primární energie ve zdrojích DCZT je vypočtena v příloze č. 1.

6.4.1.1 Tepelná čerpadla

V oblasti DCZT je po výstupu ČR z fosilní energetiky očekáváno významné uplatnění tepelných čerpadel, která umožní efektivní využití elektřiny vyrobené z neušlechtilých paliv v jaderných zdrojích a spalovnách. Obecně TČ vyžadují nízký teplotní spád topné soustavy do 55/45 °C, kterého lze dosáhnout jen velkými otopnými tělesy nebo podlahovým vytápěním, které je standartně navrhováno na teplotní spád nejvýše 45/40 °C.

Způsob hydraulického zapojení tepelných čerpadel je v porovnání s kotli na pevná paliva obvykle jednoduchý, tepelná čerpadla standartně obsahují integrovaný třícestný přepínací ventil i oběhové čerpadlo pro napojení topného okruhu a ohříváče vody. S ohledem na závislost COP na výstupní teplotě vody, je ohřev TV standartně řešen zásobníkem o velkém objemu, obvykle 300 l vytápěním na teplotu jen 50 °C. Tepelná čerpadla mají v ČR speciální tarif s nižší cenou elektrické energie. U TČ vzduch/voda je při návrhu hydraulického zapojení třeba brát v potaz způsob odtávání venkovního výměníku.

6.4.1.2 Tepelná čerpadla vzduch/voda

Tepelná čerpadla vzduch/voda odebírají při svém provozu teplo z atmosféry. Jsou vyráběna v splitovém, venkovním a vnitřním provedení. Jsou standartně projektována pro bivalentní provoz, kdy 90 % potřeby tepla objektu zajišťuje TČ a 10% potřeby tepla integrovaná elektrická patrona. Standartně SCOP v klimatických podmínkách ČR dosahuje hodnoty 2-2,5 [61], [62], [63] a využití primárního paliva 64,1 %. Užitečnou pomůckou při výpočtu SCOP je [77].

Překážkou v nasazení tepelných čerpadel vzduch/voda ve městech je hlučnost a potřeba nízkého teplotního spádu topné soustavy pro dosažení optimálního SCOP. Oblast snižování hluku je předmětem (úspěšného) vývoje, viz např. [69]. U historických budov bez zateplení obvodového zdiva je nízký teplotní spád prakticky nedosažitelný s ohledem na potřebnou velikost radiátorů.

Na trhu jsou dostupná také vysokoteplotní tepelná čerpadla (obvykle se dvěma kompresory), která dosahují nižšího SCOP. Jejich nasazení je odůvodněné jen tam, kde dosažení nízkého tepelného spádu topné soustavy není technicky možné.

Investiční náklady na kompletní správně technicky řešenou instalaci TČ vzduch/voda pro ohřev TV a vytápění běžného rodinného domu se pohybují standartně okolo 250-400 tis. Kč.

6.4.1.3 Tepelná čerpadla země/voda

Tepelná čerpadla země/voda využívají pro svůj standartně monovalentní provoz teplo ze země. Primární okruh bývá v provedení kolektoru, nebo vrtu. Narozdíl od tepelných čerpadel vzduch/voda nejsou zdrojem hluku pro venkovní prostředí.

Uplatnění tepelných čerpadel země/voda lze očekávat jen u rodinných domů s dostatečně velkým pozemkem a nových bytových domů, u kterých bylo již v počátku zohledněno vytápění tepelným čerpadlem a výměník zabudován například přímo do pilotů. SCOP se pohybuje u správně navržených a instalovaných TČ průměrně okolo 4,2 [70]. I přes velmi příznivé provozní náklady a **vysoké využití primárního paliva 107,7 %** jsou nevýhodou

tepelných čerpadel země/voda vysoké investiční náklady, které pro dům s tepelnou ztrátou 7-10 kW mohou významně přesahovat i 500 tis. Kč.

6.4.1.4 Tepelná čerpadla vzduch/vzduch

Perspektivní technologií s vysokým SCOP=3,5-4 [71], [72] jsou tepelná čerpadla vzduch/vzduch. Výhodou této technologie je vysoký SCOP daný nízkou výstupní teplotou topného média, kterým je přímo vzduch a **využití primárního paliva 95 %**. Pro vytápění objektů o více místnostech je však třeba provedení multisplit, u kterého je třeba složitého rozvodu potrubí chladiva a kondenzátu, které je často prakticky neproveditelné i za cenu velkého stavebního zásahu. Negativním faktorem je nevhodné umístění venkovní jednotky, hlučnost vnitřní jednotky a obecně tradice teplovodního vytápění v ČR (ale i Evropě). Je předpokládáno jen minimální využití tepelných čerpadel vzduch/ vzduch pro výrobu tepla.

6.4.1.5 Automatické kotle na dřevní pelety

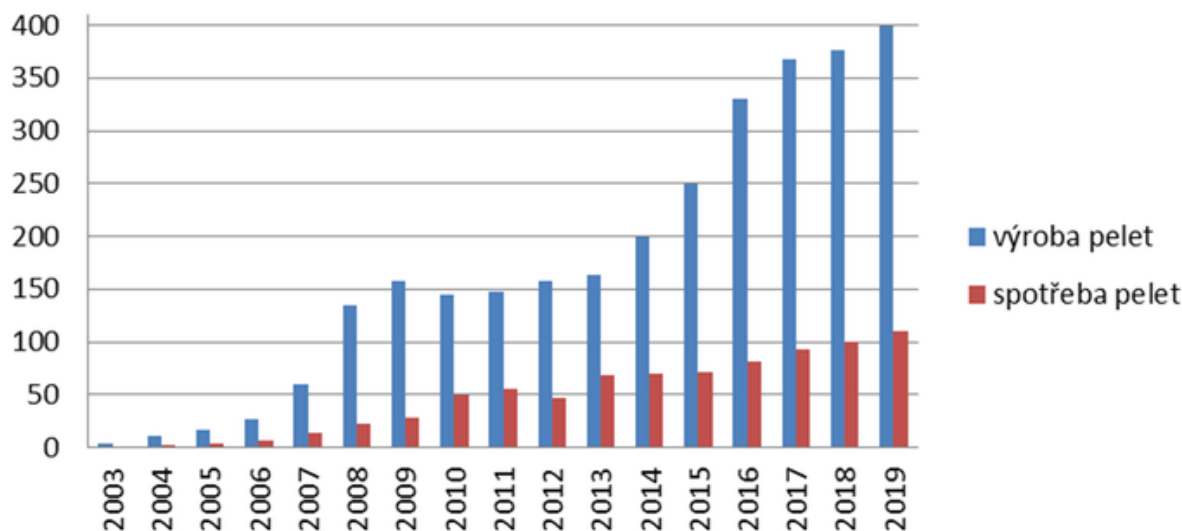
Perspektivní a spolehlivou technologií, pro budovy s prostory pro skladování paliva a vysokým tepelným spádem topné soustavy jsou automatické kotle na dřevní pelety. Současná technologie automatických kotlů na pelety s hořáky s elektrickým zapalováním (např. ATMOS A25), akumulací nádrží a kompresorem umožňujícím pročištění hořáku tlakovým vzduchem umožňuje téměř bezobslužný provoz. Dřevní pelety se vyznačují srovnatelnou výhřevností s hnědým uhlím 17,1 MJ/kg [5] [6] a nízkou popelnatostí do 0,7 % [5] [6]. **Využití primárního paliva je 77 %** (při zanedbání energetické náročnosti výroby dřevních pelet).

Vhodné jsou hořáky s elektrickým zapalováním a konstantním výkonem (např. ATMOS A25), které zaručují stále stejný hmotnostní průtok spalin, bez rizika kondenzace spalin v komínu (oproti technologii retortovým hořákům s modulací výkonu a tedy proměnným průtokem spalin). Další výhodou těchto hořáků je možnost umístění zásobníku pelet o objemu standardně až 1000 l. Nevýhodou je však na rozdíl od hořáků s modulací výkonu složitě hydraulické zapojení.

Správně technicky řešená standardní kompletní instalace kotelny na pelety s kotlem ATMOS o výkonu 20 kW (např. D20P), akumulací nádrží o objemu 500 l, jedním směšovaným topným okruhem radiátorů a jedním nesměšovaným okruhem ohříváče TV, regulací a vlozkováním komínu se pohybuje okolo 210 tis Kč.

Obrázek 46: Výroba a spotřeba dřevních pelet v ČR v tisících tun

Výroba a spotřeba pelet v ČR v tis. tun



Zdroj: [68]

6.4.1.6 Kotle na dřevo

V rodinných domech na venkově a zřídka i ve městech, lze počítat také s uplatněním kotlů na dřevo zapojených s akumulacími nádržemi. **Využití primárního paliva je 61 %**. Technologie vyžaduje složité hydraulické zapojení a místo pro akumulční nádrže, ale umožňuje poměrně pohodlné vytápění s potřebou obsluhy v průměru i jen jednou denně. Komfort vytápění je dán výkonem kotle a objemem akumulčních nádrží (ale i teplotním spádem radiátorů).

Správně technicky řešená standartní kompletní instalace kotelny na pelety s kotlem ATMOS o výkonu 25 kW (např. DC 25S), akumulčními nádržemi o objemu 2000 l, jedním směšovaným topným okruhem radiátorů a jedním nesměšovaným okruhem ohříváče TV, ekvitermní regulací a vyložkováním komína se pohybuje okolo 250 tis Kč. V případě přidání hořáku na pelety do horních dvířek a příslušenství hořáku cena dosahuje cca. 300 tis. Kč.

Ve výpočtech potenciálu palivového dřeva bude uvažována roční produkce ČR na úrovni $4,7 \times 10^9$ t [73] o výhřevnosti 14,2 MJ/kg [56].

6.4.1.7 Kotle na elektřinu

Jsou jednoduché, spolehlivé, s minimálním nárokem na prostor, mají oproti kotelnám na pevná paliva s akumulacími nádržemi snadné hydraulické zapojení a způsob regulace. Výrobce kotlů na elektřinu je v České republice např. Thermona. Nevýhodou jsou však vysoké provozní náklady vyvolané **nízkým využitím primárního paliva jen 25,4 %**. Uplatnění kotlů na elektřinu je z těchto důvodů očekáváno jen u domů zejména ve městech, kde jiný zdroj není možný.

Standartní kompletní instalace kotle na elektřinu o výkonu 15 kW včetně ohřevu TV obvykle nepřesahuje cenu 60 tis. Kč.

6.4.1.8 Solárně termické kolektory

S ohledem na nízký globální úhrn slunečního záření v ČR, který činí přibližně 1000 kWh/rok.m² je potenciál využití omezený. Z technického hlediska je třeba zajistit, aby nedocházelo k varu solární kapaliny v hydraulickém okruhu. Tato podmínka limituje využití solárních kolektorů prakticky jen pro ohřev TV na úrovni do 40 % pokrytí potřeby tepla. U rodinných domů je bez dotace investice v zcela nenávratná. Perspektivní je tato technologie pro ohřev TV v bytových domech, kde však naráží na technické problémy spojené s ukotvením solárních kolektorů na střechu. Technologie solárně termických kolektorů najde v energetickém mixu ČR své uplatnění, avšak jen jako doplňkový zdroj. Podrobněji je o této technologii pojednáno např. v [74] a [75].

6.4.1.9 Dílčí závěr kapitoly 6.4.1

V tabulce 36 je vypočtena skladba energetického mixu ČR po výstupu z vlastní fosilní energetiky. Po výstupu ČR z fosilní energetiky je reálně možné pokrýt 15,3 % spotřeby tepla v oblasti DCZT OZE. 84,7 % spotřeby tepelné energie by bylo potřeba pokrýt výrobou tepla z elektřiny prostřednictvím elektrokotlů a tepelných čerpadel, což by si vyžádalo 34,4 TWh elektrické energie za rok. Efektivní využití tepelných čerpadel by bylo podmíněno zajištěním teplotního spádu nejvýše 55/45 °C topných soustav 60 % decentrálně vytápěných objektů.

Tabulka 32: Uhlíkově neutrální energetický mix DCZT ČR po výstupu z fosilní energetiky

Palivo	El. energie	Dřevní pelety	Dřevo	Suma
Zdroj tepla	Elektrokotel Podíl 35 %	Automatický kotel na pelety	Zplyňovací kotel s akumulací nádrží	
	TČ vzduch/voda podíl 60 %			
	TČ země voda podíl 5 %			
Vyrobená tepelná energie	176,1 PJ	4,4 PJ	40,7 PJ	221,2 PJ
Podíl	84,7 %	1,5 %	13,8 %	100 %
Spotřeba paliva (el.energie)	34,4 TWh_e/rok	0,33·10 ⁹ kg Zdroj: [39]	4,7·10 ⁹ kg Zdroj:[73]	

Uvažovaná výhřevnost (sezonní topný faktor)		17,2 MJ/kg [51]	14,2 MJ/kg [56]	
Využití primární energie	52,7 % Viz. příloha 1	77 % Viz. příloha 1	61 % Viz. příloha 1	

Zdroj: vlastní výpočet autora

Komentář k Tabulka 32:

- 1) *Spotřeba tepla ČR byla uvažována dle tabulky 1, která byla ponížena o potenciál úsporných opatření dle kapitoly 6.2.2.*
- 2) *Tepelná energie vyrobená z elektrické energie je dopočtem celkové spotřeby tepelné energie, kterou není možné vyrobit ze dřeva a dřevních pelet*
- 3) *Podíl výroby tepla z elektrické energie tepelnými čerpadly a elektrokotli byl zvolen kvalifikovaným odhadem se zohledněním vhodnosti a proveditelnosti tepelných čerpadel pro stávající zástavbu.*
- 4) *Hodnota potenciálu OZE byla stanovena konzervativně, což je potvrzeno porovnáním hodnot s hodnotami v tabulce 4 .*

6.4.2 CZT

V oblasti CZT lze počítat po výstupu ČR z fosilní energetiky s uplatněním paliv, které není možné spalovat v lokálních zdrojích tepla.

6.4.2.1 OZE

Potenciál OZE v oblasti CZT uvažuje SEK v letech 2020 až 2040 na 8,7 PJ až 20,8 PJ viz. tabulka 33. Je předpokládáno, že dominantní podíl OZE bude tvořit biomasa. Pro další výpočty je uvažována hodnota 20,8 PJ.

6.4.2.2 Druhotné zdroje energie

Tabulka 33: Vývoj a struktura dodávek tepla ze soustav zásobování teplem

SZT		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Černé uhlí	PJ	16,8	16,3	14,5	14,3	9,8	7,9	8,2
Hnědé uhlí	PJ	53,0	47,0	42,4	32,4	25,4	23,9	18,1
Zemní plyn	PJ	24,0	25,3	25,3	25,4	25,4	24,8	25,0
Ostatní paliva	PJ	3,2	3,2	3,7	5,1	7,0	7,0	8,1
OZE	PJ	3,0	6,6	8,7	12,3	16,4	18,6	20,8
Celkem	PJ	100,1	98,3	94,5	89,5	83,9	82,2	80,2

Zdroj: [63] str. 116

Potenciál ostatních paliv a tedy i druhotných zdrojů energie v oblasti CZT uvažuje SEK v letech 2020 až 2040 na úrovni 3,7 PJ až 8,1 PJ viz. tabulka 33. Pro další výpočty bude uvažována hodnota 8,1 PJ. Je předpokládáno, že dominantní podíl druhotných zdrojů bude zajištěn spalovnami BRKO.

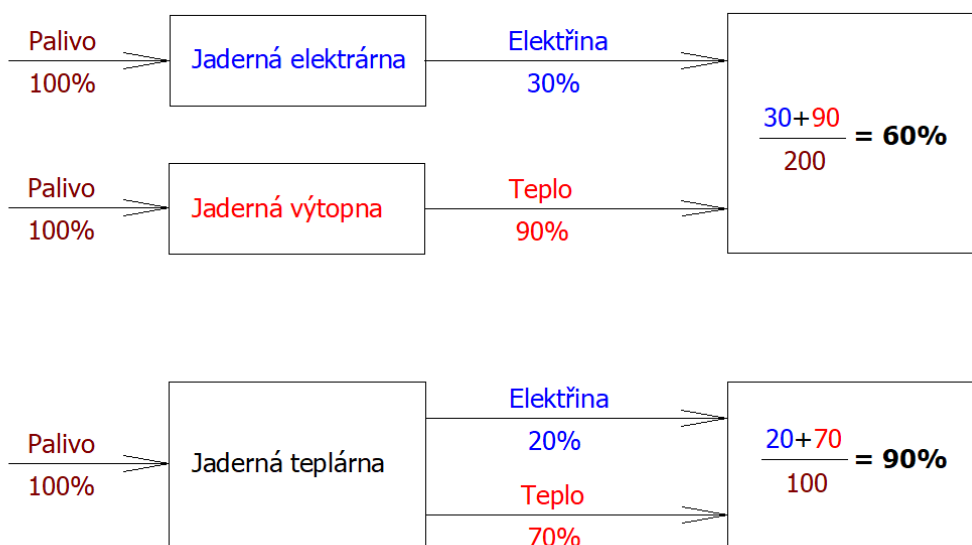
6.4.2.3 Jaderné zdroje tepla

S využitím poznatků z kapitol 1 až 6, bylo prokázáno, že zajistit veškerou potřebu uhlíkově neutrálního tepla pro soustavy CZT v ČR po výstupu z vlastní fosilní energetiky má jen jaderný zdroj. V úvahu připadá využití velkých jaderných bloků v lokalitách Temelín a Dukovany a malých jaderných zdrojů ve formě teplárny a výtopy zálohovaných uhlíkově neutrálním zdrojem tepla na bionaftu.

Z obrázku 47 vyplývá potenciál úspory 30 % jaderného a vyhořelého paliva využitím malého jaderného teplárenského zdroje v kogeneračním režimu provozu.

Obrázek 47: Využití primárního paliva v malých jaderných zdrojích pro CZT

Porovnání celkové účinnosti oddělené a kogenerační výroby elektřiny a tepla



Zdroj: vlastní výpočet autora

6.4.2.3.1 Koncepce malého jaderného zdroje

6.4.2.3.1.1 Varianta 1: Jaderná výtopna

Tabulka 34: Porovnání výhod a nevýhod malého jaderného zdroje tepla ve formě výtopny

Výhody	Nevýhody
Nízké parametry chladiva – předpoklad vyšší jaderná bezpečnost	Předpoklad nerovnoměrného vyhoření jaderného paliva s ohledem na nízkou hodnotu koeficientu $k_3 = 11,9\%$ v klimatických podmínkách ČR.
	S ohledem na nízké využití jmenovitého výkonu 11,9% v podmínkách ČR vysoké investiční náklady vůči množství vyrobené energie.
Nízké investiční náklady	Nižší využití jaderného paliva na úrovni státu.
Jednoduché technické řešení bez turbosoustrojí	Vyšší množství vyhořelého jaderného paliva na úrovni státu.

Možnost využití projektů ŠKODA-VNIIAM AST-200 a ŠKODA-SIEMENS NHR-200	Vyšší celkové množství odpadního tepla na úrovni státu.
	Bez produkce elektrické energie.
	Cena tepla vázána čistě na spotřebu.
	Vysoké fixní náklady na záložní a špičkový fosilní zdroj tepla.
	Bez příjmu z výroby elektrické energie.
	Cena tepla vázána čistě na spotřebu.
	Zajištění stability přenosové sítě ČR by bylo nutné řešit výstavbou špičkových zdrojů (předpoklad – přečerpávací elektrárny a bateriová úložiště), což je nákladné, chybí vhodné lokality.
	Z pohledu ČR by bylo třeba provést opatření ke snížení potřeby tepla budov napojených na CZT, což vyvolá dodatečné náklady a vliv na životní prostředí.
	S ohledem na roční koeficient využití jmenovitého výkonu zdroje tepla v ČR 11,9 % jsou investiční náklady na výstavbu jaderné výtopny pro pokrytí veškeré potřeby tepla neúměrně vysoké vůči množství vyrobeného tepla.

Největším technickým nedostatkem jaderných výtopen v klimatických podmínkách ČR je předpokládaný problém s nerovnoměrným vyhořením jaderného paliva při dlouhodobém provozu na nízký výkon s ohledem na průměrné roční využití jmenovitého výkonu zdrojů tepla 11,9 % v sítích CZT v ČR. Ve 4 letních měsících využití jmenovitého výkonu dle tabulky 5 dosahuje jen 5 % až 8 %. Aby bylo zajištěno řešení tohoto technického problému bylo by teoreticky nutné s cílem pokrytí celé spotřeby tepla jaderné výtopny stavět v provedení o 10ti až 20ti blocích.

Jaderné výtopny by mohly být využity jako doplňkový zdroj až 90 % tepla dimenzovaný na 50% jmenovité tepelné kapacity sítě CZT ve 4 až 10ti blokovém provedení jako doplňkový zdroj tepla.

Ačkoli jsou nespornou a velkou výhodou malých jaderných zdrojů ve formě jaderné výtopny, s ohledem na využití nízkých parametrů chladiva a jednoduchost, lepší bezpečnostní parametry, nelze jejich využitím v soustavách CZT dosáhnout cíle zajištění veškeré potřeby uhlíkově neutrálního tepla pro CZT i DCZT v ČR, zajištění uhlíkově neutrální vyrovnané bilance výroby a spotřeby elektrické energie a zajištění stability přenosové sítě.

Aby vytyčené cíle s pomocí jaderných výtopen byly splněny znamenalo by to fakticky v podmínkách ČR nákladnou výstavbu velkých jaderných bloků, výstavbu záložních zdrojů – bateriových úložišť, nebo přečerpávacích elektráren (pro něž v podmínkách ČR chybí vhodné lokality), zateplování budov napojených na CZT a navýšení kapacity trvalého úložiště jaderného paliva. Do bilance je třeba zahrnovat také tyto externí náklady, včetně jejich vlivu na životní prostředí.

V podmínkách ČR mohou jaderné výtopy být jen doplňkovým uhlíkově neutrálním zdrojem, tam kde využití kogenerace není z technických, ekonomických či jiných důvodů možné.

6.4.2.3.1.2 Jaderná teplárna

Tabulka 35: Porovnání výhod a nevýhod malého jaderného zdroje tepla ve formě teplárny

Výhody	Nevýhody
Rovnoměrné vyhoření paliva – možnost kondenzačního provozu.	Vysoké parametry chladiva – předpoklad nižší jaderná bezpečnost.
Vyšší využití jaderného paliva.	Vysoké investiční náklady.
Nižší množství vyhořelého jaderného paliva z pohledu státu.	Složité technické řešení.
Nižší celkové množství odpadního tepla z pohledu státu.	
Příjem z prodeje elektřiny i tepla.	
Možnost využití pro výrobu elektrické energie ve špičce.	

Využitím v malých jaderných (kogeneračních) zdrojů ve formě výtopy v soustavách CZT je možné dosáhnout splnění všech vytyčených cílů, tedy zajištění veškeré potřeby uhlíkově neutrálního tepla pro CZT i DCZT v ČR i zajištění uhlíkově neutrální vyrovnané bilance výroby a spotřeby elektrické energie a zajištění stability přenosové sítě.

S ohledem na možnost kondenzačního režimu provozu je řešen problém s nerovnoměrností vyhoření jaderného paliva. Primárně by jaderné teplárny sloužily k výrobě elektrické energie a zajištění stability přenosové sítě s využitím vysoké akumulační schopnosti soustav CZT. S ohledem na průměrné roční využití jmenovitého výkonu při výrobě elektrické energie v podmínkách ČR 51 % (a více) dle tabulky 36 bylo navrženo jako vhodné technické řešení dvou a více blokové provedení jaderných tepláren.

6.4.2.3.2 Výpočet potenciálu malých jaderných zdrojů tepla v ČR

Jako kritérium pro výběr vhodných sítí CZT pro zásobování ze stávajících velkých jaderných bloků byla zvolena současná tepelná kapacita sítě CZT vyšší než 50MW_t a vzdálenost

do 50 km od velkého jaderného bloku [68]. Do bilance byly zahrnuty i sítě CZT pod 50MW_t nacházející se v blízkosti sítí s tepelnou kapacitou vyšší než 50 MW_t. Nebyla posuzována žádná další kritéria.

Jako kritéria pro výběr vhodných sítí CZT pro zásobování z malých jaderných zdrojů tepla byla zvolena současná tepelná kapacita sítě CZT vyšší než 50 MW_t a vzdálenost od velkého jaderného bloku vyšší než 50 km [68]. Do bilance byly zahrnuty i sítě CZT pod 50 MW_t nacházející se v blízkosti sítí s tepelnou kapacitou vyšší než 50 MW_t. Nebyla posuzována žádná další kritéria.

V příloze 2 byly s využitím zdroje [12] dle zvolených kritérií vyhledány sítě CZT potenciálně vhodné pro zásobování teplem ze stávajících velkých jaderných bloků a malých jaderných zdrojů. Bylo zjištěno, že sítě CZT potenciálně vhodné pro zásobování teplem z malých jaderných zdrojů je možné rozdělit do přibližně 19ti lokalit. Dále byl v příloze 2 vyčíslen potenciál malých jaderných zdrojů z hlediska tepelného výkonu sítí CZT a z hlediska náhrady stávajících tepelných fosilních zdrojů z pohledu tepelného výkonu stávajících fosilních zdrojů do sítě CZT a elektrického výkonu do sítě elektrického napětí.

V tabulce 36 byl vypočten potenciál malých jaderných zdrojů v ČR a podmínky, za kterých je možné zajistit s využitím malých jaderných zdrojů uhlíkově neutrální mix sektoru CZT, DCZT, vyrovnanou uhlíkově neutrální bilanci výroby a spotřeby elektrické energie ČR po výstupu z vlastní fosilní energetiky včetně zajištění stability elektrické přenosové sítě.

Tabulka 36: Uhlíkově neutrální energetický mix CZT ČR po výstupu z fosilní energetiky, potenciál malých jaderných zdrojů

Navržená struktura instalovaného tepelného výkonu zdrojů CZT		
Malé jaderné zdroje (viz. příloha2/0,896)	26879,1 MW _t	67,3 %
Velké jaderné bloky (viz. příloha2/0,896)	6672,4 MW _t	16,7 %
OZE (viz. tabulka 13)	5542,6 MW _t	13,9 %
Spalovny odpadu (dopočet)	829,1 MW _t	2,1 %
Celkem (viz. tabulka 7)	39923,2 MW _t	100 %
Dodané teplo do sítě CZT (předpoklad - stejný poměr vyrobeného tepla a instalovaného výkonu)		
Malé jaderné zdroje (k = k ₃ = 0,119)	100,5 PJ/rok	67,3 %
Velké jaderné bloky (k = k ₃ = 0,119)	25,0 PJ/rok	16,7 %
OZE (viz. tabulka 13)	20,8 PJ/rok	13,9 %
Spalovny odpadu (dopočet)	3,7 PJ/rok	2,1 %
Celkem (viz. tabulka 1)	150 PJ/rok	100 %
Potenciál malých jaderných kogeneračních zdrojů ve výrobě elektrické energie		
Celková výroba tepla z malých jaderných zdrojů do sítí CZT	100,5 PJ/rok	

Instalovaný tepelný výkon malých jaderných zdrojů do sítě CZT Účinnost výroby tepelné energie 70 % (předpoklady viz. obrázek 47)	26,9 GW _t
Instalovaný elektrický výkon malých jaderných zdrojů, účinnost výroby el. energie 20 % (předpoklady viz. obrázek 47)	7,7 GW _e
Instalovaný elektrický výkon malých jaderných zdrojů, účinnost výroby el. energie 30 % (předpoklady viz. obrázek 47)	11,6 GW _e
Celkový instalovaný tepelný výkon malých jaderných kogeneračních zdrojů Účinnost výroby tepelné energie 70 % Účinnost výroby el. energie 20 % (předpoklady viz. obrázek 47)	38,4 GW_t
Výroba elektřiny z malých jaderných zdrojů v kogeneračním režimu provozu Účinnost výroby el. energie 20 % (předpoklady viz. obrázek 47)	8,0 TWh _e /rok (16,8 %)
Celková výroba odpadního tepla z malých jaderných zdrojů do kondenzace (předpoklady viz. Obrázek 47)	331,8 PJ/rok
Výroba elektřiny z malých jaderných zdrojů v kondenzačním režimu provozu Účinnost výroby el. energie 30 % (předpoklady viz. obrázek 47)	39,5 TWh _e /rok (83,2 %)
Celková výroba elektrické energie z malých jaderných zdrojů tepla (dopočet do vyrovnané bilance ČR viz. tabulka 37)	47,5 TWh_e/rok
Koeficient využití jmenovitého výkonu celkový	51 %
Celkové množství energie vyrobené malými jadernými zdroji (včetně ztrát)	617,6 PJ/rok 7,15 TWd/rok

Spotřeba jaderného paliva s obohacením 19,5 % (vyhoření 100 MWd/kg)	71,5 t/rok
Spotřeba jaderného paliva s obohacením 5 % (vyhoření 55 MWd/kg)	130 t/rok
Úspora množství jaderného a vyhořelého paliva využitím paliva o obohacení 19,5 % (vyhoření 100 MWd/kg) oproti palivu o obohacení 5 % (vyhoření 55 MWd/kg)	58,5 t 45 %
Úspora jaderného (a vyhořelého) paliva technologií KVET oproti oddělené výrobě elektřiny a tepla ($0,168 * 0,3 = 0,504$ viz. obrázek 47)	5,0 % 4,2 t/rok (obohacení 19,5 %) 7,7 t/rok (obohacení 5 %)

Zdroj: vlastní výpočet autora

V tabulce 37 a tabulce 36 byly vypočteny podmínky, za kterých je s využitím malých jaderných zdrojů možné zajistit uhlíkově neutrální strukturu mixu výroby a spotřeby elektrické energie včetně zajištění stability elektrické přenosové sítě.

Tabulka 37: Uhlíkově neutrální energetický mix spotřeby a výroby elektrické energie ČR po výstupu z vlastní fosilní energetiky s využitím malých jaderných zdrojů

Spotřeba elektrické energie ČR po výstupu z fosilní energetiky		
Spotřeba el. energie v roce 2040 dle tabulky 15	84,8 TWh _e /rok	
Spotřeba DCZT dle tabulky 32	34,4 TWh _e /rok	
Spotřeba tepelných čerpadel v roce 2040 dle tabulky 32	(-) 3 TWh _e /rok	
Spotřeba elektřiny na výrobu tepla v DCZT dle tabulky 1 a tabulky 3	(-) 5,3 TWh _e /rok	
Spotřeba el. energie v roce 2040 celkem	110,9 TWh_e/rok	
Výroba elektrické energie ČR po výstupu z fosilní energetiky		
Malé jaderné kogenerační zdroje (viz. tabulka 36)	47,5 TWh_e	42,9 %
Velké jaderné bloky (viz. tabulka 14)	43,2 TWh _e	39,0 %
OZE	20,2 TWh _e	18,1 %

(viz. tabulka 14)		
Celkem výroba el. energie v roce 2040	95,9 TWh_e	100 %
Rozdíl	0 TWh_e	

Zdroj: Vlastní výpočet autora

6.4.2.4 Dílčí závěr kapitoly 6.4.2

Bylo prokázáno, že je možné zajistit veškerou potřebu uhlíkově neutrálního tepla pro sektor CZT i DCZT v ČR, zajistit uhlíkově neutrální vyrovnanou bilanci výroby a spotřeby elektrické energie ČR a zároveň zajistit stabilitu přenosové sítě ČR (uhlíkově neutrálním způsobem) s využitím malých jaderných kogeneračních zdrojů tepla o celkovém instalovaném tepelném výkonu 38,4 GW a využití 51 %, které by spotřebovaly ročně 71,5t jaderného paliva o obohacení 19,5 % (nebo 130 t jaderného paliva o obohacení 5 %). Bylo zjištěno, že potřebného instalovaného výkonu by bylo možné dosáhnout s využitím stávajících sítí CZT a náhradou stávajících fosilních zdrojů v místech, kde již existuje infrastruktura.

Jako uhlíkově neutrální vhodný způsob tepelné zálohy malých jaderných zdrojů tepla je uvažován tepelný zdroj s hořákem na bionaftu.

Bylo zjištěno, že využitím malých jaderných zdrojů v kogeneračním provedení by bylo v podmínkách ČR ušetřeno jen 5,6 % jaderného paliva, ačkoli teoretický potenciál úspory činí až 30 %. Využití malých jaderných zdrojů ve vytopenském provedení je v podmínkách ČR problematické především s ohledem na nízké průměrné roční využití jmenovitého výkonu jen 11,9 % a ve 4 letních měsících jen 5 % až 8 %, což vede k problému s nerovnoměrným vyhořením jaderného paliva a vysokými investičními náklady vůči množství vyrobeného tepla.

6.5 Dílčí závěr 6. kapitoly

Bylo zjištěno, že je možný import zemního plynu a omezený import černého uhlí. Import zemního plynu je sice možný, ale riskantní a problematický. S ohledem na stav zásob zemního plynu zemí EU zejména v Severním moři a diverzifikaci exportu zemního plynu z Ruské federace do Asie, není jisté zda bude v budoucnu pro ČR k dispozici dostatečná přenosová kapacita a množství zemního plynu. V současné době je náhrada zemního plynu v sektoru DCZT a v průmyslových aplikacích neopodstatněná. V sektoru DCZT je nejvhodnějším uhlíkově neutrálním zdrojem tepla jako náhrada zemního plynu technologie tepelných čerpadel, jejíž racionální využití je však podmíněno snižováním tepelného spádu topných soustav na úroveň 55/45 °C a níže. V případě nejvíce rozšířených čerpadel typu vzduch-voda je limitujícím faktorem hluk, který je však již v dnešní době technicky úspěšně výrobci řešen, instalace tepelných čerpadel jsou však nákladné.

Byl vyhodnocen potenciál úsporných opatření. Na straně CZT by úsporná opatření na straně spotřeby tepla nepřinesla úsporu primárních paliv na úrovni státu s ohledem na přebytek odpadního tepla při výrobě elektrické energie v současném i SEK ČR předpokládaném množství. V oblasti DCZT byl vyhodnocen potenciál úspor na straně potřeby tepla ve výši 25 %.

Bylo zjištěno, že nejvyšší pro odběratele akceptovatelná současná cena dálkového tepla (z CZT) je 1,5 Kč/KWh. Bylo doporučeno změnit model tvorby ceny tepla a nevázat cenu dálkového tepla čistě na jeho spotřebu, zejména je-li vyráběno technologií KVET. Bylo rovněž doporučeno, aby se teplárny orientovaly na výrobu elektrické energie ve špičce. Dále bylo zjištěno, že z hlediska primárních paliv má potenciál nahradit uhlí po výstupu ČR z vlastní fosilní energetiky jen jaderné palivo, z části pak OZE a BRKO. Pro zajištění energetické bezpečnosti ČR je zásadním úkolem zachování sítí CZT a tím možnosti zajištění cenově dostupného tepla pro obyvatelstvo s využitím uhlíkově neutrálních primárních paliv, které není možné využít v sektoru DCZT.

Byla provedena analýza alternativních uhlíkově neutrálních zdrojů tepla pro sektor DCZT po výstupu ČR z vlastní fosilní energetiky. Bylo zjištěno, že 13,8 % tepla je možné zajistit biomasou – dřevem a dřevními peletami. 86,2 % tepla by bylo třeba vyrobit z elektrické energie s využitím technologie tepelných čerpadel země-voda, vzduch-voda a elektrokotlů, tam, kde instalace tepelných čerpadel z různých důvodů není možná. K zajištění bezuhlíkového mixu ČR v sektoru DCZT by bylo třeba vyrobit 34,4 TWh/rok elektrické energie.

Byla provedena analýza sítí CZT, které je potenciálně možné zásobovat teplem z malých jaderných zdrojů a velkých jaderných bloků v lokalitách Temelín a Dukovany. Jako kritérium byla zvolena vzdálenost sítě od zdroje tepla do 50 km a tepelná kapacita sítě vyšší než 50 MW, případně přítomnost sítě o nižší tepelné kapacitě v blízkosti. Výpočtem bylo kritérium potvrzeno jako správné. Bylo zjištěno, že síť CZT lze rozdělit do 19ti potenciálně vhodných užších lokalit, jejichž tepelná kapacita převyšuje 200 MW, což není ze statistických údajů bez podrobné analýzy zřejmé. Byla zjištěna celková tepelná kapacita potenciálně vhodných sítí CZT ve výši 24 GW, což po přepočtu odpovídá 26,9 GW instalovaného tepelného výkonu zdrojů tepla do sítí CZT (při zachování současného poměru instalovaného jmenovitého tepelného výkonu zdrojů tepla ku jmenovité tepelné kapacitě sítí CZT = 0,896).

Byla provedena analýza potenciálně vhodných lokalit se stávajícími (fosilními) zdroji tepla v 19ti vytypovaných širších lokalitách s přítomností potenciálně vhodných sítí CZT pro zásobování teplem z jaderných zdrojů. Kritériem bylo umístění v některé z vytypovaných 19ti širších lokalit a přítomnost infrastruktury pro vyvedení tepelného a elektrického výkonu. Byl zjištěn potenciál současných zdrojů tepla v těchto lokalitách ve výši 26,2 GW_t a 11 GW_e. Bylo tedy potvrzeno, že celkový instalovaný tepelný a elektrický výkon potřebný pro zajištění uhlíkově neutrální bilance výroby tepla a elektrické energie je možné zajistit náhradou stávajících (fosilních) zdrojů tepla a elektrické energie malými jadernými zdroji s využitím současné infrastruktury. Upřesnit potenciál je však třeba posouzením všech konkrétních vytypovaných lokalit z hlediska proveditelnosti, vlivu na životní prostředí, potenciálu OZE a druhotných zdrojů.

Z hlediska zjištěných lokalit se jako nejvhodnější jeví Plzeň s dlouhou tradicí jaderného průmyslu, přítomností vhodné infrastruktury i lokality doposud rezervované v územním plánu sousedních obcí.

Byla provedena analýza možných uhlíkově neutrálních zdrojů tepla pro oblast CZT. Bylo prokázáno, že je možné zajistit veškerou potřebu uhlíkově neutrálního tepla pro sektor CZT i DCZT v ČR, zajistit uhlíkově neutrální vyrovnanou bilanci výroby a spotřeby elektrické energie a zároveň zajistit stabilitu přenosové sítě (uhlíkově neutrálním způsobem) s využitím malých

jaderných kogeneračních zdrojů tepla v sektoru CZT o celkovém instalovaném tepelném výkonu 34,4 GW spolu s druhotnými zdroji energie a OZE v rozsahu předpokládaném SEK ČR.

K zajištění výše uvedených cílů by bylo třeba 71,5 t/rok jaderného paliva o obohacení 19,5 %. Je očekáváno, že by toto vyhořelé palivo bylo ekonomické přepracovávat. Bylo zjištěno, že úspora jaderného paliva využitím technologie KVET by v podmínkách ČR představovala jen 5,0 %, ačkoli teoretický potenciál je až 30 %. V reálných podmínkách je však třeba uvažovat vysokou nerovnoměrnost vyhoření jaderného paliva při provozu jaderných výtopen v podmínkách ČR, v důsledku čehož by hypotetická úspora jaderného paliva byla vyšší než 5,0 %. Významný potenciál úspory 45 % celkového množství vyhořelého paliva se však v reálných podmínkách ČR nachází ve využití jaderného paliva o obohacení 19,5 %. Sekundárně by využitím jaderného paliva o obohacení 19,5 % byly významně sníženy náklady na likvidaci, skladování, transport a přepracování vyhořelého jaderného paliva.

S ohledem na průměrné roční využití jmenovitého výkonu malých jaderných zdrojů tepla 51 % existuje významný potenciál navýšení výroby elektrické energie nad rámec požadavku vyrovnané bilance výroby a spotřeby elektrické energie. Podmínky, za kterých je možné uhlíkově neutrální energetický mix ČR v sektoru CZT, DCZT a výroby elektrické energie zajistit jsou uvedeny v tabulce 32, tabulce 36 a tabulce 37.

Jako technické řešení vhodného malého jaderného zdroje tepla pro podmínky ČR byla navržena jaderná teplárna (kogenerační) ve 2 a více blokovém provedení o celkovém tepelném výkonu okolo 200MW s obohacením paliva 19,5 % a vysokou rychlostí změny výkonu. Jednotlivě se mohou uplatnit i zdroje o nižším výkonu. Technické řešení malého jaderného zdroje tepla ve formě výtopny bylo vyloučeno s ohledem na problém s nerovnoměrným vyhořením paliva při velmi nízkém využití jmenovitého výkonu v podmínkách ČR, zejména ve čtyřech letních měsících. Jak vyplývá z pohledu na energetiku ČR jako celek s využitím jaderných výtopen by bylo možné vytyčené cíle splnit jen při současné výstavbě velkých jaderných bloků, několika přečerpávacích elektráren a snižování potřeby tepla budov napojených na CZT. Tyto náklady je do celkové finanční bilance z pohledu státu třeba započítat a stejně tak s tímto spojený vliv na životní prostředí.

Bylo tedy prokázáno, že zajistit uhlíkově neutrální bilanci výroby tepla a elektřiny ČR je s využitím malých jaderných zařízení technicky proveditelné a byly stanoveny podmínky, za kterých je tohoto cíle možné dosáhnout.

7 Schvalovací problematika malých jaderných zdrojů

S využitím současné legislativy ČR byla provedena analýza správního schvalovacího procesu malých jaderných zdrojů tepla v ČR. Jedná se o problematiku, která v ČR doposud nebyla řešena.

Byly identifikovány 3 potenciálně využitelné postupy správního povolovacího řízení, které byly zaneseny do zjednodušených schémat se znázorněním lhůt jednotlivých správních řízení. Schémata jsou přílohou č. 3, č. 4 a č. 5. Účelem této kapitoly je ve stručnosti posoudit proveditelnost záměru výstavby malého jaderného zdroje v ČR s využitím současné legislativy a identifikovat překážky.

Obecně lze ke všem 3 posuzovaným správním procesům říci, že jejich jádrem je řízení EIA dle zákona č. 100/2001 Sb. a navazující řízení dle zákona č. 183/2006 Sb. Paralelními, nezávislými k územnímu a stavebnímu řízení dle zákona č. 183/2006 Sb. jsou procesy dle zákona č. 263/2016 Sb., které tvoří samostatnou soustavu postupů a rozhodnutí a zabývají se specifickými otázkami jaderné bezpečnosti a radiační ochrany od samého počátku, tj. umístění jaderného zařízení až na konec po proces vyřazování z provozu a nakládání s vyhořelým palivem a ostatním radioaktivním materiálem. Ve schématech, která jsou přílohou disertační práce č. 3, č. 4 a č. 5 jsou procesy dle zákona č. 263/2016 Sb. zobrazeny jen ve vazbě na řízení EIA a navazující řízení, což je přehledné. Schémata zahrnují jen povolovací správní proces malých jaderných zdrojů tepla týkající se výstavby a není v nich zachycen celý jejich životní cyklus zahrnující také vyřazování z provozu ve vazbě na zákon č. 263/2016 Sb.

Lhůty správních procesů, které nejsou upraveny přímo zákony č. 183/2006 Sb., č. 100/2001 Sb., č. 263/2016 Sb., č. 254/2001 Sb., č. 334/1992 Sb., č. 458/2000 Sb., č. 406/2000 Sb. a dalšími se stanoví s využitím zákona č. 500/2004 Sb. V praxi dochází k přerušování řízení, což je třeba uvažování celkové doby trvání správního procesu zohlednit.

Pro záměry výstavby jaderných zařízení je dle §4 odst.1 písm. a) zákona 100/2001 Sb. vždy prováděno řízení EIA, po kterém vždy následuje navazující řízení, kam patří územní a stavební řízení. Účastníky řízení jsou dle §9c odst.1 veřejnost, která může podávat připomínky a dle §9c odst.3 písmeno b) dotčená veřejnost uvedená v § 3 písm. i) bodě 2. mezinárodní přesah procesu EIA, který se týká jaderného zařízení, kdy je předpokládán vliv na životní prostředí přesahující hranice státu je zakotven v Úmluvě z ESPOO a Aarhuské úmluvě.

Navazující řízení je prováděno dle zákona č. 183/2006 Sb., který umožňuje využít spojeného řízení pro stavební záměry, jmenovitě: územní řízení s posouzením vlivu na životní prostředí dle §94a, spojené územní a stavební řízení dle §94j, spojené územní a stavební řízení s posouzením vlivu na životní prostředí dle §94q. Postup dle §94a, §94j a §94q však dosud nebyl v praxi pro jaderná zařízení využit a lze předpokládat, že by nebyl využit ani při povolovacím správním procesu malého jaderného zařízení. Ačkoli spojené řízení přináší možnost urychlení celého povolovacího procesu, stavebník je vystaven riziku, že v případě zamítnutí záměru již při řízení EIA, budou zmařeny náklady na pořízení dokumentace pro územní a stavební řízení. Dalším nedostatkem je fakt, že pro spojené řízení je třeba mít přesně danou technologii (projekt) ještě před jeho zahájením, protože jen tak je možné stavbu povolit. To ovšem vyžaduje, aby bylo předem provedeno výběrové řízení dodavatele a vybrána technologie včetně investora a investiční cesty. Pokud by následně nebylo řízení úspěšné,

dojde ke zmaření celé investice s možnými dopady na investora i dodavatele. Mimo výše uvedeného je stavebník vystaven riziku změny legislativy během správního řízení a tím vyvolané povinnosti přepracování dokumentace a zahrnutí nových požadavků. Spojené stavební řízení je pro stavebníka výhodné jen pro jednoduché záměry, kde je riziko zamítnutí minimální. Dle [84] není společná řízení možné využít pro záměry povolované dle jiných právních předpisů. Ve schématech správního procesu, která jsou přílohou č. 3, č. 4 a č. 5 disertační práce nebylo z výše zmíněných důvodů společné řízení uvažováno.

Z hlediska pohledu zákona č. 263/2016 Sb. a SÚJB je problematika sériově vyráběných malých jaderných zařízení se stejnými vlastnostmi a stejným režimem provozu novou záležitostí, která bude muset být především řešena v rámci IAEA.

Novou doposud neřešenou problematikou je otázka jaderné a radiační ochrany decentralizované jaderné energetiky s velkým množstvím malých jaderných zařízení s velmi vysokou mírou jaderné bezpečnosti i radiační ochrany. S tím také úzce souvisí otázka mezinárodního přesahu řízení EIA, jejímž předmětem může být i riziko úniku radioaktivních látek v případě teroristického útoku. Dle názoru autora může být dalším slabým místem, na které by měla být zaměřena pozornost transport vyhořelého paliva. Za tím účelem by mělo vhodné technické řešení malého jaderného zdroje tepla dle názoru autora mít co nejdelší palivovou kampaň a co nejmenší množství vyhořelého jaderného paliva, které by mělo být v meziskladu jaderného paliva skladováno po co nejnižší možnou dobu.

7.1 Varianta 1 - výstavba malého jaderného zdroje „na zelené louce“

Varianta 1 zahrnuje komplexní správní proces výstavby malého jaderného zařízení na zelené louce zahrnující veškeré správní procesy potřebné pro realizaci samotného jaderného zařízení i související infrastruktury. Časová náročnost celého správního procesu je odhadována na více než 20 let. Je předpokládáno, že významné zkrácení lhůt a zjednodušení procesu přinese rekonstrukce stavebního práva.

Je předpokládáno, že pro povolovací proces s liniových staveb spojených s malým jaderným zařízením by byl využit postup podle zákona č. 416/2009 Sb.

Obecně lze říci, že časově nejnáročnější částí správního procesu, která výstavbu malého jaderného zařízení na zelené louce v současnosti prakticky vylučuje, je zahrnutí plochy pro výstavbu malého jaderného zařízení včetně s ním související infrastruktury do územního plánu obce. Celý proces je naznačen ve schématu č. 3 jen zjednodušeně, s jistotou lze však říci, že časová náročnost může velmi významně překročit deset let. Proces změny územního plánu obce je možné zahájit na žádost investora. S ohledem na skutečnost, že vliv malého jaderného zařízení bude s velkou mírou pravděpodobnosti překračovat také hranice kraje, je žádostí o změnu územního plánu obce vyvolán také požadavek na změnu zásad územního rozvoje a politiky územního rozvoje, tedy územně plánovací dokumentace na úrovni kraje a státu.

Žádost o změnu územního plánu obce je podmíněna souladem s územní energetickou koncepcí obce, kraje a SEK ČR. SEK ČR, která je zpracována do roku 2040 nepočítá s využitím malých jaderných zařízení v teplárenství ČR. Na návrh investora by tedy musel být zahájen proces aktualizace, či změny SEK ČR. Je však možné, že v případě jednotlivých malých

jaderných zařízení by změna SEK ČR nebyla nevyhnutelnou podmínkou, což však závisí na posouzení příslušných úřadů.

Lze se domnívat, že z hlediska řízení EIA představují SMR v integrálním provedení s 5ti bariérami ochrany do hloubky a prvky pasivní i aktivní jaderné bezpečnosti BAT. V rámci hodnocení vlivu na všechny složky životního prostředí lze považovat za nejslabší místo nakládání s vyhořelým jaderným palivem a ostatními radioaktivními materiály vzniklými za životního cyklu malého jaderného zařízení.

Nakládání s radioaktivními odpady je na úrovni státu řešeno dokumentem „Koncepte nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR“ [48]. V současné době „Koncepte nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR“ řeší jen nakládání s vyhořelým jaderným palivem z velkých jaderných bloků v lokalitách Temelín a Dukovany v souladu s předpoklady SEK ČR.

Z hlediska povolení udělovaných SÚJB dle §9 zákona č. 263/2016 Sb. v rámci správního povolení řízení výstavby malého jaderného zařízení na základě zákona č. 263/2016 Sb. a jeho prováděcích právních předpisů je pro malé jaderné zařízení významnou otázkou splnění některých požadavků vyhlášky č. 329/2017 Sb. na pravděpodobnost vzniku radiační havárie malého jaderného zařízení s frekvencí výskytu nižší nebo rovnou 1×10^{-7} , kdy nemusí být stanovena zóna havarijního plánování. Konečné slovo o stanovení zóny havarijního plánování však závisí na více okolnostech a konečné slovo má v této věci SÚJB. Ve vyhlášce č. 359/2016 Sb. jsou rovněž stanoveny požadavky na zvládání mimořádných radiačních situací. Požadavky na hodnocení bezpečnosti dle Atomového zákona jsou obsaženy ve vyhlášce č. 162/2017 Sb., požadavky na projekt jaderného zařízení ve vyhlášce č. 329/2017 Sb. Lokalitami s největším potenciálem malých jaderných zařízení s přítomností technické infrastruktury jsou Ústecký a Severomoravský kraj, kde však může nastat kolize s požadavky vyhlášky č. 378/2016 Sb. o umístění jaderného zařízení. Problémem může být existence důlních děl, přítomnost zdrojů podzemních vod, seismicita, či zdroje důlních plynů.

Pro malá jaderná zařízení (SMR) IV. generace, která jsou z hlediska povolování novou problematikou, bude muset být vyvinuta metodika ověřování vlastností na úrovni IAEA. Lze se však domnívat, že ověřování vlastností u tlakovodních integrálních jaderných zařízení založených na osvědčených principech užívaných u tlakovodních reaktorů bude možné využít stávající postupy. Problematická mohou být jen doposud v praxi (ve všech situacích) neozkoušená řešení, založená jen na pasivním principu.

7.2 Varianta 2 – náhrada stávajícího fosilního zdroje malým jaderným zdrojem s využitím stávající lokality a infrastruktury

Druhou posuzovanou variantou, která je zobrazena ve schématu, které je přílohou disertační práce č. 4 je varianta náhrady stávající fosilní teplárny jadernou teplárnou v současné lokalitě s využitím současné stávající infrastruktury.

Z pohledu zákona č. 183/2006 Sb. se jedná o záměr ve stávající lokalitě s využitím stávající technické infrastruktury vyžadující rozhodnutí o změně vlivu užívání stavby na území dle §81, což eliminuje dlouhé lhůty při změně územně plánovací dokumentace.

Je předpokládáno, že by byla využita stávající technická infrastruktura, případně by byl pro povolovací proces souvisejících liniových staveb využit postup s využitím zákona č. 416/2009 Sb.

Z hlediska řízení EIA dle zákona č. 100/2001 Sb. a povolení udělovaných SÚJB dle zákona č. 263/2016 Sb. jsou závěry shodné s variantou 1.

Je předpokládáno, že postup dle varianty 2, která eliminuje dlouhé lhůty varianty 1 při změně územně plánovací dokumentace je nejpravděpodobnější. Největší slabinou je však stejně jako u varianty 1 způsob likvidace vyhořelého jaderného paliva a radioaktivního odpadu vzniklého za dobu života malého jaderného zařízení.

7.3 Varianta 3 – správní postup s využitím zákona č. 416/2009 Sb.

Třetí posuzovanou variantou, která je zobrazena ve schématu, které je přílohou disertační práce č. 5, je správní proces s využitím zákona č. 416/2009 Sb. Tento postup lze dle §1 odst. 4 písm. b) využít jen pro výrobní elektrárny o celkovém instalovaném výkonu nad 100 MW. Využití tohoto postupu není předpokládáno, je však uveden pro úplnost.

Ze schématu je zřejmé, že zákon č. 416/2009 Sb. je obtížně prakticky využitelný, neboť není uvažováno se zkrácením lhůt pro povolení SÚJB narozdíl od závazných stanovisek dotčených orgánů. Spojené řízení dle §94q zákona č. 183/2006 Sb. není pro stavebníka výhodné. V zájmu stavebníka malého jaderného zařízení je, aby byl celý správní proces co nejvíce transparentní a byla vyvrácena všechna rizika z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany a vlivu na životní prostředí.

7.4 Legislativa ČR

- Ústavní zákon č. 1/1993 Sb., Ústava České republiky
- Ústavní zákon č. 2/1993 sb., Listina základních práv a svobod
- Zákon č. 183/2006 sb., o územním plánování a stavebním řádu
- Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů
- Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon
- Zákon č. 458/2000 Sb., zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, energetický zákon
- Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí
- Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách
- Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského a půdního fondu
- Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší

- Zákon č. 458/2000 Sb., energetický zákon
- Zákon č. 406/2006 Sb., o hospodaření energií
- Zákon č. 123/1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí
- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví
- Zákon č. 76/2002 Sb., zákon o integrované prevenci
- Sdělení č. 124/2004 Sb., m.s., o Úmluvě o přístupu k informacím, účasti veřejnosti na rozhodování a přístupu k právní ochraně v záležitostech životního prostředí
- Sdělení č. 91/2001 Sb., m.s., o přijetí Úmluvy o posuzování vlivů na životní prostředí přesahující hranice států
- Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií
- Zákon č. 416/2009 Sb., o urychlení výstavby dopravní, vodní a energetické infrastruktury
- Zákon č. 184/2006 Sb., o odnětí nebo omezení vlastnického práva k pozemku nebo ke stavbě (zákon o vyvlastnění)
- Státní energetická koncepce ČR
- Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v České republice
- Nařízení vlády č. 232/2015 Sb., o státní energetické koncepci a o územní energetické koncepci
- Nařízení vlády č. 35/2017 Sb., kterým se stanoví sazba jednorázového poplatku za ukládání radioaktivních odpadů a výše příspěvků z jaderného účtu obcím a pravidla jejich poskytování
- Nařízení vlády č. 347/2016 Sb., o sazbách poplatků na odbornou činnost Státního úřadu pro jadernou bezpečnost
- Vyhláška č. 379/2016 Sb., o schválení typu některých výrobků v oblasti mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření a přepravě radioaktivní nebo štěpné látky
- Vyhláška č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení
- Vyhláška č. 377/2016 Sb., o požadavcích na bezpečné nakládání s radioaktivním odpadem a o vyřazování z provozu jaderného zařízení nebo pracoviště III. nebo IV. kategorie
- Vyhláška č. 376/2016 Sb., o položkách dvojího použití v jaderné oblasti
- Vyhláška č. 375/2016 Sb., o vybraných položkách v jaderné oblasti
- Vyhláška č. 374/2016 Sb., o evidenci a kontrole jaderných materiálů a oznamování údajů o nich
- Vyhláška č. 361/2016 Sb., o zabezpečení jaderného zařízení a jaderného materiálu
- Vyhláška č. 360/2016 Sb., o monitorování radiační situace
- Vyhláška č. 359/2016 Sb., o podrobnostech k zajištění zvládnutí radiační mimořádné události

- Vyhláška č. 358/2016 Sb., o požadavcích na zajišťování kvality a technické bezpečnosti a posouzení a prověřování shody vybraných zařízení
- Nařízení vlády č. 347/2016 Sb., o sazbách poplatků na odbornou činnost Státního úřadu pro jadernou bezpečnost
- Vyhláška č. 408/2016 Sb., o požadavcích na systém řízení
- Vyhláška č. 409/2016 Sb., o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, zvláštní odborné způsobilosti a přípravě osoby zajišťující radiační ochranu registranta
- Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje
- Vyhláška č. 21/2017 Sb. - o zajišťování jaderné bezpečnosti jaderného zařízení
- Vyhláška č. 162/2017 Sb., o požadavcích na hodnocení bezpečnosti podle atomového zákona
- Vyhláška č. 329/2017 Sb., o požadavcích na projekt jaderného zařízení
- Vyhláška č. 324/1999 Sb., kterou se stanoví limity koncentrace a množství jaderného materiálu, na který se nevztahují ustanovení o jaderných škodách.
- Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb
- Vyhláška č. 500/2006 Sb., o územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti
- Vyhláška č. 503/2006 Sb., o podrobnější úpravě územního rozhodování, územního opatření a stavebního řádu
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- Prováděcí vyhláška zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně

7.5 Legislativa EU

- Smlouva o založení Evropského společenství pro atomovou energii (Euratom)
- Nařízení Rady (Euratom) č. 1493/93 ze dne 8. června 1993 o přepravě radioaktivních látek mezi členskými státy
- Nařízení Komise (Euratom) č. 302/2005 ze dne 8. února 2005 o uplatňování dozoru nad bezpečností v rámci Euratomu
- Směrnice ze dne 5. března 1962 o volném přístupu ke kvalifikovaným povoláním v oblasti jaderné energie
- Směrnice Rady 92/3/EURATOM ze dne 3. února 1992 o dozoru nad přepravou radioaktivního odpadu mezi členskými státy a do Společenství a ze Společenství a o její kontrole
- Směrnice Rady 2006/117/Euratom ze dne 20. listopadu 2006 o dozoru nad přepravou radioaktivního odpadu a vyhořelého paliva a o její kontrole,
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/68/ES ze dne 24. září 2008 o pozemní přepravě nebezpečných věcí

- Směrnice Rady 2009/71/Euratom ze dne 25. června 2009, kterou se stanoví rámec Společenství pro jadernou bezpečnost jaderných zařízení,
- Směrnice Rady 2011/70/Euratom ze dne 19. července 2011, kterou se stanoví rámec Společenství pro odpovědné a bezpečné nakládání s vyhořelým palivem a radioaktivním odpadem
- Směrnice Rady 2013/59/EURATOM ze dne 5. 12. 2013, kterou se stanoví základní bezpečnostní standardy ochrany před nebezpečím vystavení ionizujícímu záření a zrušují se směrnice 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom a 2003/122/Euratom a Směrnice Rady 2014/87/EURATOM ze dne 8. července 2014, kterou se mění směrnice 2009/71/Euratom, kterou se stanoví rámec Společenství pro jadernou bezpečnost jaderných zařízení.

7.6 Mezinárodní legislativa

- Úmluva o jaderné bezpečnosti, podepsaná ve Vídni dne 17. 6. 1994 (vyhlášená pod č. 67/1998 Sb.),
- Společná Úmluva o bezpečnosti při nakládání s vyhořelým jaderným palivem a o bezpečnosti při nakládání s radioaktivními odpady, podepsaná ve Vídni dne 30. 9. 1997 (vyhlášená pod č. 3/2012 Sb. m. s.),
- Smlouva o nešíření jaderných zbraní, podepsaná v Moskvě, Washingtonu a Londýně, dne 1. 7. 1968 (vyhlášená pod č. 61/1974 Sb.),
- Smlouva o zákazu umístování jaderných zbraní a jiných zbraní hromadného ničení na dně moří a oceánů a v jeho podzemí, podepsaná v Moskvě, Washingtonu a Londýně dne 11. 2. 1971 (vyhlášená pod č. 62/1974 Sb.),
- Dohoda mezi vládou České republiky a Přípravnou komisí Organizace Smlouvy o všeobecném zákazu jaderných zkoušek o provádění činností, včetně post certifikačních činností, vztahujících se k mezinárodním monitorovacím zařízením Smlouvy o všeobecném zákazu jaderných zkoušek, podepsaná ve Vídni dne 13. 11. 2002 (vyhlášená pod č. 94/2006 Sb. m. s.),
- Úmluva o fyzické ochraně jaderných materiálů, podepsaná ve Vídni dne 26. 10. 1979 (vyhlášená pod č. 114/1996 Sb. a pod č. 27/2007 Sb. m. s.),
- Úmluva o včasném oznamování jaderné nehody, podepsaná ve Vídni dne 26. 9. 1986 (vyhlášená pod č. 116/1996 Sb.),
- Úmluva o pomoci v případě jaderné nebo radiační nehody, podepsaná ve Vídni dne 26. 9. 1986 (vyhlášená pod č. 115/1996 Sb.),
- Úmluva o posuzování vlivů na životní prostředí přesahujících hranice států, podepsaná v Espoo, dne 25. 2. 1991 (vyhlášená pod č. 91/2001 Sb. m. s.),
- Mezinárodní úmluva o přístupu k informacím, účasti veřejnosti na rozhodování a přístupu k právní ochraně v otázkách životního prostředí (Aarhuská úmluva),

podepsaná 25. 6. 1998 v Aarhusu (vyhlášená pod č. 124/2004 Sb. m. s),

- Vídeňská úmluva o občanskoprávní odpovědnosti za jaderné škody, podepsaná ve Vídni, dne 21. května 1963 (vyhlášená pod č. 133/1994 Sb.) a změněná protokolem z roku 1997 a Úmluva o dodatkovém odškodnění jaderných škod, podepsaná ve Vídni dne 12. 9. 1997.
- Pařížská dohoda o snížení emisí skleníkových plynů o 40 % oproti roku 1990, která byla podepsána dne 22.4.2016 a vstoupila v platnost dne 4.11.2016
- Dne 13.12.2019 bylo Evropskou radou schváleno dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050. ČR se tedy jako člen EU zavázala vystoupit z fosilní energetiky nejpozději do roku 2050.

7.7 Dílčí závěr 7. kapitoly

Správní povolovací proces malého jaderného zařízení pro teplofikační účely je problematikou, která doposud nebyla v ČR řešena a nelze s jistotou predikovat stanovisko orgánů státní správy. Byly vyhodnoceny 3 možné správní povolovací postupy a vypracována 3 zjednodušená schémata správního procesu s uvedením lhůt, která jsou přílohou disertační práce č. 3, č. 4 a č. 5.

Jako jediný z hlediska časových lhůt správního řízení přijatelný byl vyhodnocen postup dle varianty 2, který je schematicky zakreslen v příloze disertační práce č. 4. Tento postup předpokládá náhradu stávajícího fosilního zdroje malým jaderným zdrojem s využitím stávající technické infrastruktury ve stávající lokalitě, což je v souladu se závěry uvedenými v kapitole 6.5 .

Postup s využitím zákona č. 416/2009 Sb., by bylo možné využít jen pro související liniové stavby technické infrastruktury.

Úspěšnost povolovacího správního procesu je v případě většího počtu malých jaderných zařízení podmíněna změnou SEK ČR, která do roku 2040 nepočítá s využitím malých jaderných zdrojů pro teplárenské účely.

Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR řeší jen nakládání s vyhořelým jaderným palivem z velkých jaderných bloků v lokalitách Temelín a Dukovany v souladu s předpoklady SEK ČR. U JETE a JEDU je stanovena zóna havarijního plánování a vyhořelé palivo je dočasně uloženo v meziskladech. V případě malých jaderných zařízení však takové řešení nemusí být akceptovatelné.

Z hlediska povolení udělovaných SÚJB dle §9 zákona č. 263/2016 Sb. v rámci správního povolovacího řízení výstavby malého jaderného zařízení na základě zákona č. 263/2016 Sb. a jeho prováděcích právních předpisů je pro malé jaderné zařízení významnou otázkou splnění některých požadavků vyhlášky č. 329/2017 Sb. na pravděpodobnost vzniku radiační havárie malého jaderného zařízení s frekvencí výskytu nižší nebo rovnou 1×10^{-7} , kdy nemusí být stanovena zóna havarijního plánování. Konečné slovo o stanovení zóny havarijního plánování však závisí na více okolnostech a konečné slovo má v této věci SÚJB . Ve vyhlášce č. 359/2016 Sb. jsou rovněž stanoveny požadavky na zvládání mimořádných radiačních situací. Požadavky

na hodnocení bezpečnosti dle Atomového zákona jsou obsaženy ve vyhlášce č. 162/2017 Sb., požadavky na projekt jaderného zařízení ve vyhlášce č. 329/2017 Sb. Lokalitami s největším potenciálem malých jaderných zařízení s přítomností technické infrastruktury jsou Ústecký a Severomoravský kraj, kde však může nastat kolize s požadavky vyhlášky č. 378/2016 Sb. o umístění jaderného zařízení. Problémem může být existence důlních děl, přítomnost zdrojů podzemních vod, seismicita, či zdroje důlních plynů.

Z hlediska zákona č. 263/2016 Sb., a SÚJB je problematika sériově vyráběných malých jaderných zařízení se stejnými vlastnostmi a stejným režimem provozu novou záležitostí, která bude muset být nejprve řešena v rámci IAEA.

Pro malá jaderná zařízení (SMR) IV. generace, která jsou z hlediska povolování novou problematikou, bude muset být vyvinuta metodika ověřování vlastností na úrovni IAEA. Lze se však domnívat, že ověřování vlastností u tlakovodních integrálních jaderných zařízení založených na osvědčených principech užívaných u tlakovodních reaktorů bude možné využít stávající postupy. Problematická mohou být jen doposud v praxi (ve všech situacích) neodzkoušená řešení, založená jen na pasivním principu.

Novou doposud neřešenou problematikou je otázka jaderné bezpečnosti a radiační ochrany decentralizované jaderné energetiky s velkým množstvím malých jaderných zařízení s frekvencí výskytu radiační havárie větší než 1×10^{-7} . S tím také úzce souvisí otázka mezinárodního přesahu vlivu na životní prostředí. Dle názoru autora se nejslabším článkem z hlediska jaderné bezpečnosti, stává v takovém případě transport vyhořelého paliva, proto je účelné, aby malé jaderné zařízení pro teplofikační účely mělo co nejdelší palivovou kampaň a co nejnižší množství vyhořelého paliva.

Autor se domnívá, že s ohledem na výše uvedené, v současné době dle současné platné legislativy je výstavba malého jaderného zařízení pro teplárenské účely v ČR v jednotlivých případech možná, v případě většího počtu malých jaderných zařízení je však podmíněná změnou SEK ČR. Klíčovým je splnění požadavků atomové legislativy a řešení otázky vyhořelého jaderného paliva.

Konečné slovo v této záležitosti však mají odpovědné orgány státní správy, jejichž stanovisko může být odlišné.

Kapitola 7, včetně příloh č. 4, č. 5 a č. 6 byla zpracována s využitím legislativy uvedené v kapitolách 7.4, 7.5, 7.6 a dále s využitím zdrojů [84], [85], [86], [87], [88], [90], [91] a [92].

8 Technické řešení vhodného malého jaderného zdroje pro ČR

8.1 Vlastnosti vhodného malého jaderného zdroje pro české teplárenství stanovené s využitím závěrů kapitol 1 až 7

- Jmenovitý celkový tepelný výkon 1 bloku 150 MW_t až 200 MW_t
- Provedení jaderné teplárny se 2 až 5 bloky
- Kogenerační provedení, výstupní teplota vody do sítě CZT 165 °C, možnost odběru páry před VT dílem
- Rychlost změny výkonu malého jaderného zařízení umožňující využití pro regulaci frekvence elektrické přenosové sítě
- Tlakovodní typ reaktoru v integrálním provedení s 5ti bariérami ochrany do hloubky
- Vysoký stupeň rozpracování umožňující realizaci prvních bloků do roku 2030, desítek bloků do roku 2040
- Pravděpodobnost vzniku radiační havárie nižší než 10⁻⁷
- Neomezená doba bez zásahu obsluhy v případě projektových havárií
- Doba bez zásahu obsluhy delší než 48 hodin v případě havárie LOCA
- Vyhoření jaderného paliva vyšší než 80 MWd/t
- Radiační bezpečnost odpovídající požadavkům zákona č. 263/2016 Sb.
- Seismická odolnost odpovídající potřebám ČR, zejména oblasti Severozápadních Čech
- Využití bezpečnostních systémů založených na osvědčených technických řešeních
- Využití aktivních, pasivních i inherentních bezpečnostních systémů
- Technické řešení umožňující maximální sériovost výroby a minimalizace prací přímo na stavbě
- Transport jednotlivých modulů s využitím stávající dopravní infrastruktury ČR
- Možnost dočasného odstavení reaktoru bez potřeby externího zdroje ohřevu chladiva
- Palivová kampaň delší než 5 let, ideálně však delší než 10 let
- Přirozená cirkulace chladiva v AZ reaktoru umožňující odvedení zbytkového výkonu po odstavení reaktoru pádem havarijních tyčí
- Využití osvědčených řešení umožňující využít při konstrukci, výrobě, provozu, servisu, a povolování zkušenosti ze stávajících velkých jaderných bloků
- životnost tlakové nádoby reaktoru vyšší než 60 let

Vlastnosti byly stanoveny s využitím závěrů kapitol 1 až 8

8.2 Historické projekty malých jaderných zařízení pro teplofikační účely ve světě

Vývoj jaderné teplofikace začal v šedesátých letech uvedením do provozu jaderné experimentální teplárny AGESTA ve Švédsku s reaktorem moderovanými těžkou vodou. Opětovné úvahy o ekonomické účelnosti uplatnění jaderné energetiky v oblasti teplofikace se

objevily znovu v 70. letech po prudkém zvýšení světových cen ropy a následně v osmdesátých letech dvacátého století.

8.2.1 AGESTA

Ve švédské Agestě se nacházela jaderná teplárna s reaktorem Adam, o tepelném výkonu 68MW_t a elektrickém výkonu 12MW_t . Teplárna sloužila k zásobování teplem předměstí Stockholmu Farsta. Výstavba byla započata v roce 1957, byla uvedena do provozu v roce 1964 a provoz byl ukončen v roce 1974. Reaktor používal neobohacený přírodní uran, moderátorem byla těžká voda, chladičem lehká voda. Reaktor a parogenerátory byly spojeny potrubím primárního okruhu, cirkulace chladiva primárního okruhu byla nucená. Reaktor a parogenerátory byly uloženy v kontejnmentu.

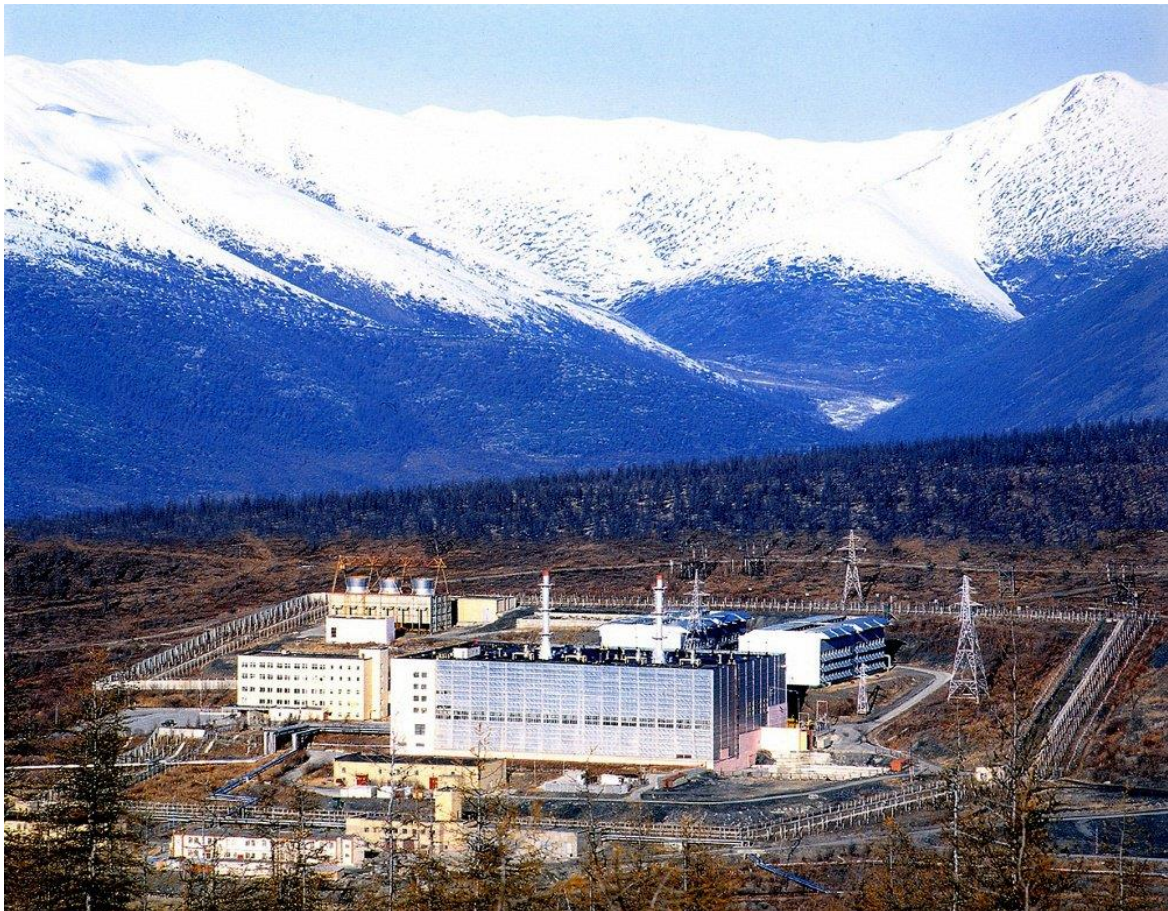
Výstavba teplárny byla součástí projektu nazývaného "Švédská cesta". Tento program vzniknul ve Švédsku jako neutrálním státu po 2. světové válce a prosazoval národní cestu při budování jaderné energetiky s využitím přírodního uranu, obdobně jako v Československu v šedesátých letech minulého století. Reaktory na přírodní uran měly sloužit k produkci tepla a elektrické energie, ale v rámci důvěrného plánu také k produkci plutonia pro výrobu první švédské jaderné bomby.

V rámci tohoto projektu byl rozestaven ještě reaktor Eva v Marvikenu, který však nebyl nikdy uveden do provozu a jeho výstavba byla ukončena v roce 1970. Důvodem byla zejména nutnost použití obohaceného uranu a další technické problémy. [93], [94]

Z dnešního pohledu se jedná o zastaralé řešení, využitelná je informace, že se jedná o malé jaderné zařízení ve formě teplárny s tlakovodním reaktorem moderovaným těžkou vodou a kontejnmentem, provozované pravděpodobně jako hlavní zdroj tepla a zajišťující pravděpodobně veškerou potřebu dálkového tepla.

8.2.2 Jaderná teplárna Bilibino - БАЭС

Obrázek 49: Jaderná teplárna v Bilibino



Zdroj: [22]

Jaderná teplárna se nachází poblíž stejnojmenného města Bilibino v Čukotském autonomním okruhu v Ruské federaci. Teplárna se skládá ze čtyř bloků reaktoru EGP-6 o celkovém výkonu 12 MW_e a tepelném výkonu 65 MW_t . Jedná se o reaktor s 6ti smyčkami, s tlakovými kanály, přirozenou cirkulací chladiva v primárním okruhu, moderátorem je grafit, chladivem lehká voda. Reaktory byly uvedeny do provozu v letech 1974 - 1976 a dodávají do sítě Čaun-Bilibínské ostrovní elektrické soustavy více než 75 % elektrické energie. Tato elektrická soustava zásobuje elektřinou více než 40 % odběratelů Čukotského autonomního okruhu. Zajímavostí je, že se jedná o jedinou jadernou teplárnu, či elektrárnu, která se nachází za polárním kruhem v zóně věčně zmrzlé půdy.

Od roku 2020 do roku 2025 bude probíhat vyřazování 4 bloků z provozu, nahrazeny budou plovoucí jadernou teplárnou Akademik Lomonosov na bázi reaktoru KLT-40S ve městě Pevek [95].

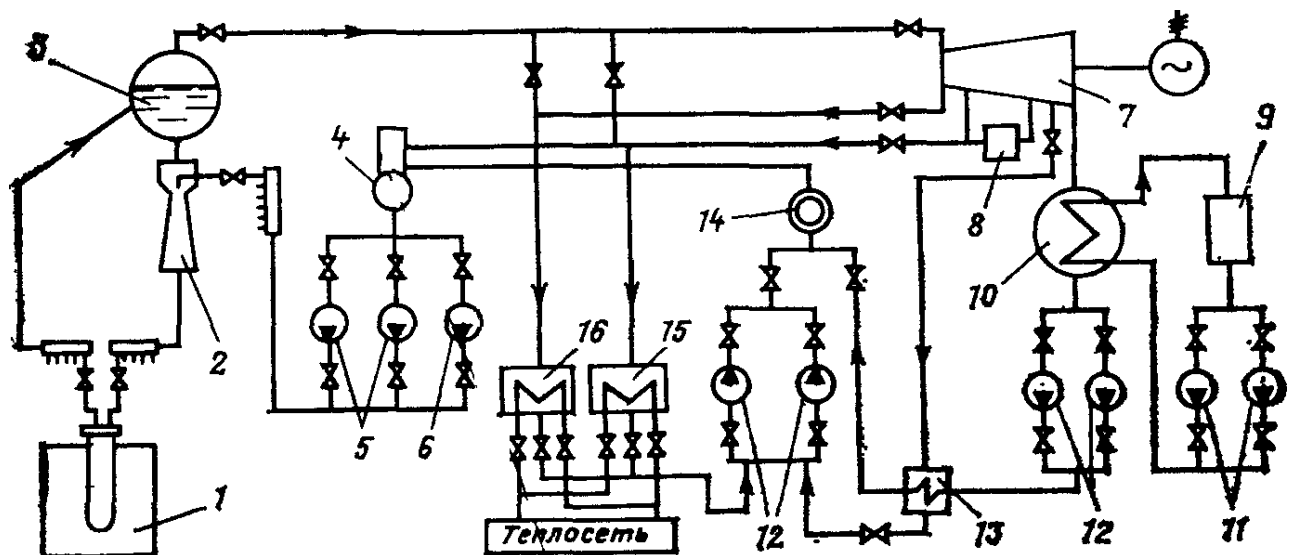
Z dnešního pohledu se jedná o zastaralé řešení, využitelná je informace, že se jedná o malé jaderné zařízení ve formě teplárny s tlakovodními reaktory bez kontejnmentu,

provozované pravděpodobně jako hlavní zdroj tepla a zajišťující veškerou potřebu dálkového tepla. Zdroj: [95], [96], [97], [98], [99]

Tabulka 38: Technické parametry jaderné teplárny Bilibino

Tepelný výkon (celkový)	65 MW _t
Elektrický výkon (celkový)	12 MW _e
Tlak chladiva	6,3 MPa
Teplota páry na výstupu z reaktoru	280°C
Moderátor	Grafit
Chladivo	Voda
Průměr aktivní zóny	4,2 m
Výška aktivní zóny	3 m
Počet palivových kazet v aktivní zóně	273
Množství uranu	7100 kg
Váha uranu v jedné palivové kazetě	25,4 -/+0,6 kg

Obrázek 50: Tepelné schéma jaderné teplárny Bilibino



1 - Reaktor, 2 - Proudové čerpadlo, 3 - Separátor (bubnový), 4 - Odplyňovák, 5 - Napájecí čerpadla, 6 - Záložní havarijní napájecí čerpadlo, 7 - Turbogenerátor, 8 - Separátor, 9 - Výměník voda / vzduch, 10 - Kondenzátor, 11 - Cirkulační čerpadla, 12 - Čerpadlo kondenzátu, 13 - Regenerační ohřívák vody, 14 - Filtr pro zachycování oxidů železa, 15 - Síťový výměník, 16 - Špičkový síťový výměník Zdroj: [14]

8.2.3 NHR-5 a NHR-200

Čínská ekonomika je velmi závislá na spalování uhlí, což je příčinou ekologických problémů. Většina zdrojů uhlí se nachází na severu a severozápadě Číny, zatímco průmyslová centra a velká sídla jsou situována na severovýchodě, východě a jihovýchodě Číny. Transport paliva představuje značnou technickou a ekonomickou zátěž.

Výzkum jaderného zdroje pro nízkopotenciální vytápění byl zahájen na počátku osmdesátých let a je mu věnována vysoká priorita. V průběhu let 1983-1984 INET university Tsinghua využil svůj stávající tankový reaktor o výkonu 2,8 MW_t [100] pro vytápění přilehlých budov. INET vyvinul 2 druhy reaktorů NHR - tankový typ a typ s tlakovou nádobou reaktoru. S ohledem na specifické tepelné potřeby Číny a porovnáním několika typů reaktorů NHR se prioritou stal vývoj reaktoru NHR s tlakovou nádobou. Nicméně souběžně probíhá také vývoj tankového typu reaktoru (např. DHR-400).

Konstrukce experimentálního reaktoru NHR-5 započala na INET v roce 1986. Reaktor byl dokončen a uveden do provozu v roce 1989 a od té doby je úspěšně využíván pro vytápění. Na reaktoru byly prováděny experimenty s kogenerací při nízké výstupní teplotě, využití pro výrobu chladu a odsolování mořské vody. Spouštění reaktoru NHR-5 v roce 1989 proběhlo s českou účastí za přítomnosti expertů firmy ŠKODA.

V letech 1991-1995 byl zahájen vývoj reaktoru NHR-200, jehož uvedení do provozu bylo plánováno na rok 1999. O uvedení do provozu však nebyly nalezeny žádné informace.

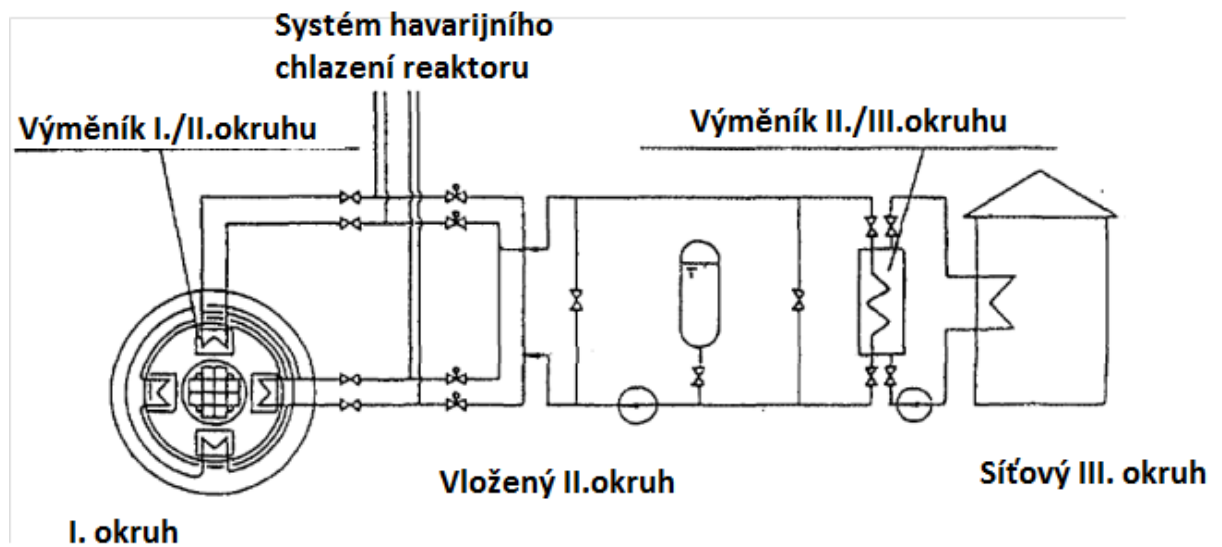
Tabulka 39: Základní parametry reaktoru NHR-5

	Navržená hodnota	Dosažená hodnota
Tepelný výkon reaktoru	5 MW _t	5 MW _t
Výstupní teplota	186 °C	186 °C
Vstupní teplota	146,6 °C	151 °C
Tlak	1,37 MPa	1,37 MPa
II. okruh		
Výměník I/II okruhu		
Výstupní teplota	142 °C	144 °C
Vstupní teplota	102 °C	100 °C
Hmotnostní průtok	107 t/h	97 t/h
Výměník II/II okruhu		
Výstupní teplota	75,2 °C	80 °C
Vstupní teplota	142 °C	144 °C
Hmotnostní průtok	64 t/h	67 t/h
Tlak	1,7 MPa	1,7 MPa

III. síťový okruh		
Výstupní teplota	90 °C	84 °C
Vstupní teplota	60 °C	56 °C
Hmotnostní průtok	143 t/h	152 t/h
Počet bariér ochrany do hloubky	5	

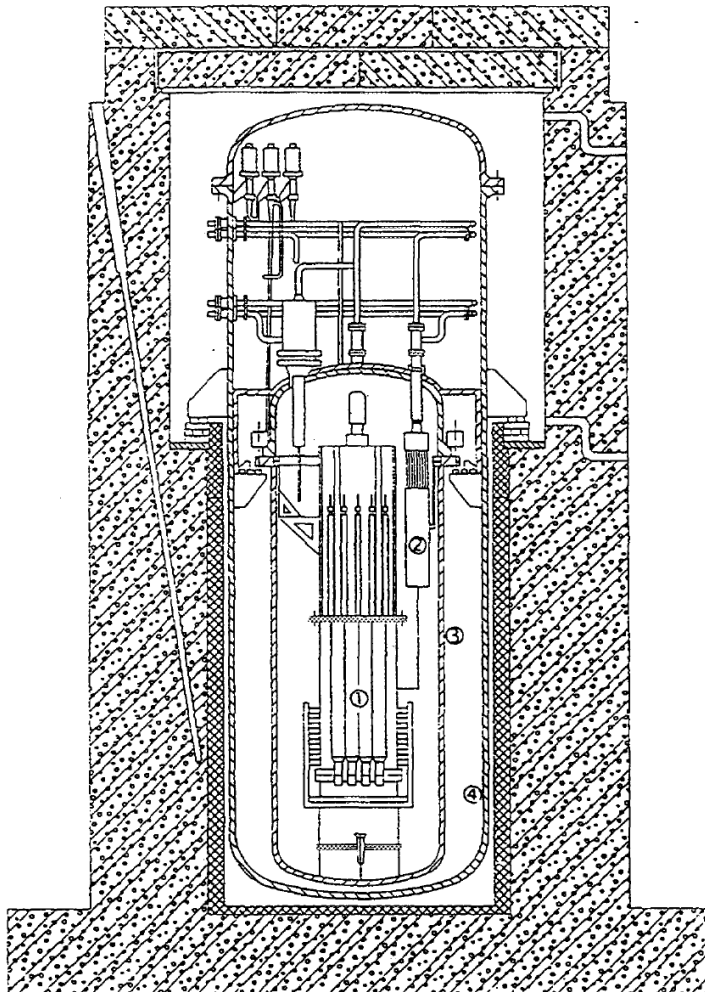
Zdroj: [102]

Obrázek 51: Hydraulické uspořádání jaderné výtopny s reaktorem NHR-5



Zdroj: [102]

Obrázek 52: Řez reaktorem NHR-5



1- Aktivní zóna reaktoru, 2 - Výměník I/II okruhu, 3 - Tlaková nádoba reaktoru, 4 -
Kontejnment

Zdroj: [102]

Obrázek 53: Spouštění reaktoru NHR-5 s účastí expertů ŠKODA v roce 1989

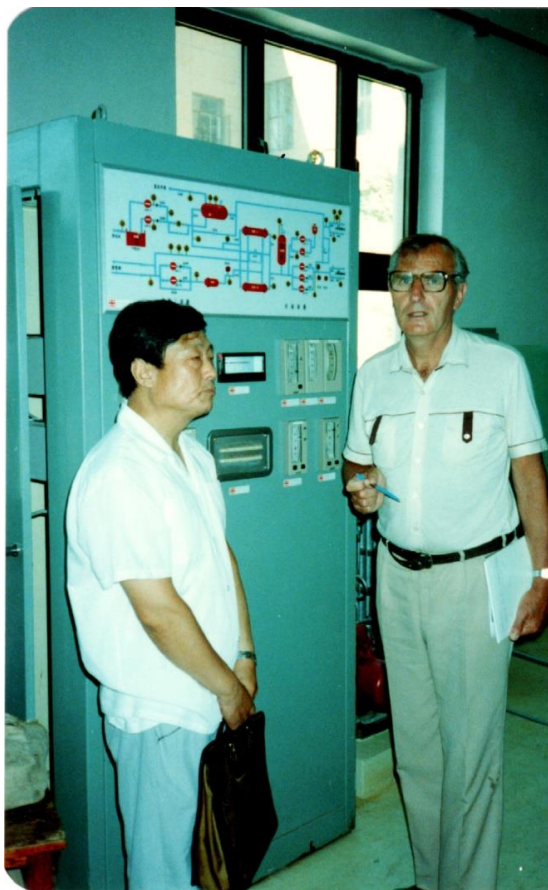


Obrázek 54: Spouštění reaktoru NHR-5 s účastí expertů ŠKODA v roce 1989



Zdroj: [104] - obrázek 51 až obrázek 56

Obrázek 55: Spouštění reaktoru NHR-5 s účastí expertů ŠKODA v roce 1989



Obrázek 56: Spouštění reaktoru NHR-5 s účastí expertů ŠKODA v roce 1989



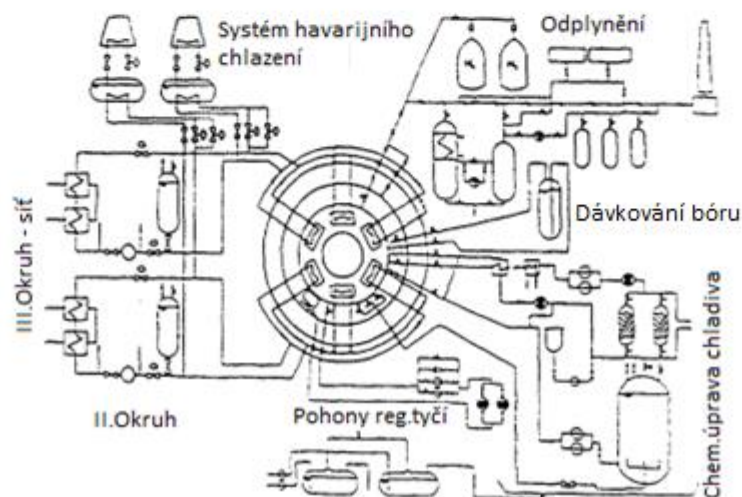
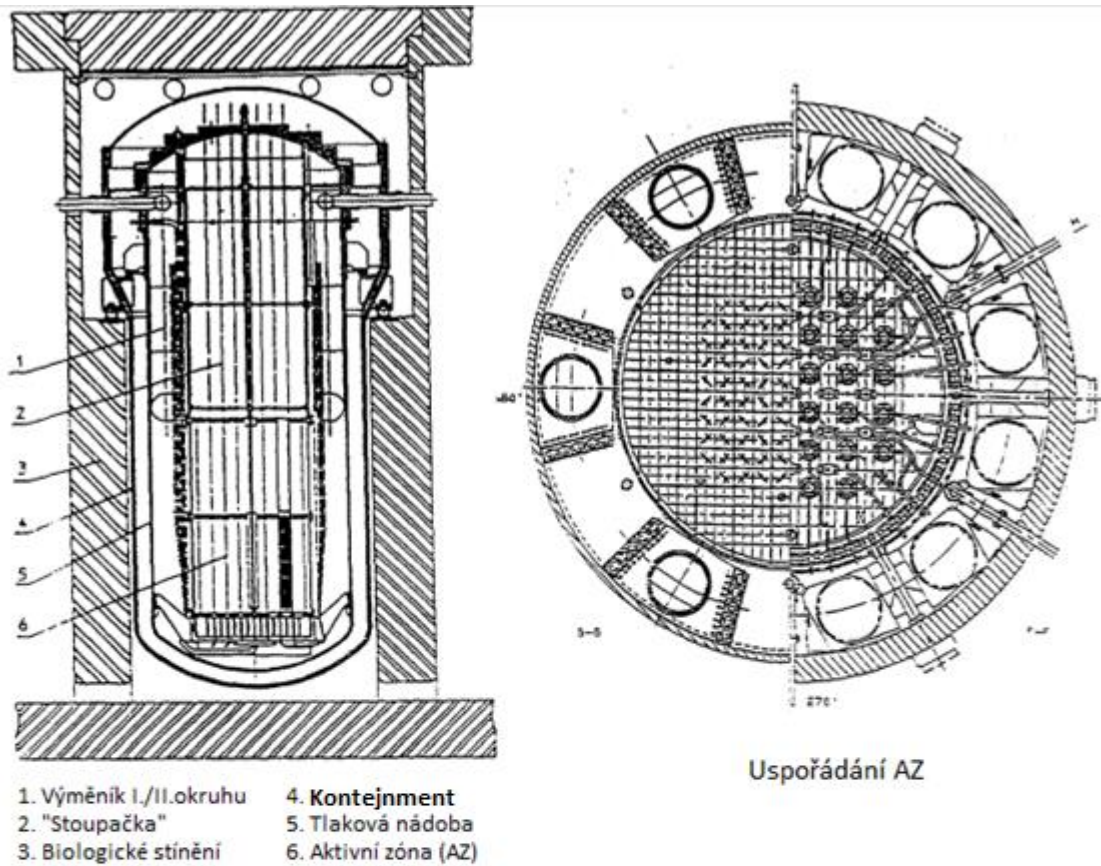
Tabulka 40: Základní technické parametry jaderné výtopny s reaktorem NHR-200

Tepelný výkon	200 MW _t
Tlak chladiva primárního okruhu	2,5 MPa
Vstupní / Výstupní teplota AZ	145/210 °C
Hmotnostní průtok chladiva	2376 t/h
Tlak II. (mezi)okruhu	3,0 MPa
Teplotní spád II. (mezi)okruhu	95/145 °C
Hmotnostní průtok chladiva II. (mezi)okruhu	3400 t/h
Teplotní spád III. (síťového okruhu)	130/80 °C
Obohacení paliva	1,8 % / 2,4 % / 3,0 %
Průměrná objemová hustota výkonu AZ reaktoru	36,23 kW/l

Měrný lineární výkon paliva	77 W/cm
Počet bariér ochrany do hloubky	5

Zdroj: [103]

Obrázek 57: Jaderná teplárna s reaktorem NHR-200



Zdroj: [103]

Z dnešního pohledu je využitelnou informací, že v roce 1989 byla do (pravděpodobně experimentálního) provozu, uvedena jaderná výtopna s reaktorem NHR-5 o výkonu 5 MW. Jedná se o jadernou výtopnu s tlakovodním reaktorem s nízkými parametry chladiva, 5ti bariérami ochrany do hloubky a třemi hydraulickými okruhy. Ačkoli bylo plánováno navázat na reaktor NHR-5 reaktorem NHR-200, reaktor NHR-200 nebyl dle dostupných informací realizován, důvod nebyl zjištěn. Jedná se o stejnou koncepci jako u sovětských a československých jaderných tepláren AST-500, (ŠKODA – VNIIAM) AST-200 a (ŠKODA-SIEMENS) NHR-200. ČLR se zabývá rovněž možnostmi využití jaderných výtopen s tankovým beztlakým typem reaktoru chlazeného vodou jako například DHR-400.

8.2.4 AST-500

Počátky úvah o využití jaderného tepla v SSSR započaly již v sedmdesátých letech dvacátého století. Důvodem byla zejména ekonomická výhodnost snížení spotřeby zemního plynu a mazutu, ale také řešení problému s transportem uhlovodíkového paliva a zlepšení ekologické situace ve městech. Sovětský plán jaderné teplofikace počítal s výstavbou jaderných výtopen AST-500 v 30-35 průmyslových a obytných komplexech země, z nichž 27 bylo v evropské části země. Jaderná výtopna AST-200 byla vyprojektována ve spolupráci firem VNIAM a ŠKODA a je o ní pojednáno samostatně v kapitole 8.3.2.

Obrázek 58: Základní parametry jaderné výtopny AST

	AST-30	AST-200	AST-500
Počet bloků		3	2
Provedení	Integrální, tlakovodní, lehkododní		
Počet okruhů	3		
Cirkulace chladiva I. Okruhu	Přirozená		
Jmenovitý výkon (MW_t)	30	200	500 (s možností navýšení až na 2×605)
Rozměry reaktoru včetně pohonů SKŘ průměr x výška (mm)			5320 x 25290
Rozměry kontejnmentu (mm) (strachovočnej korpus reaktora)			8150 x 27950

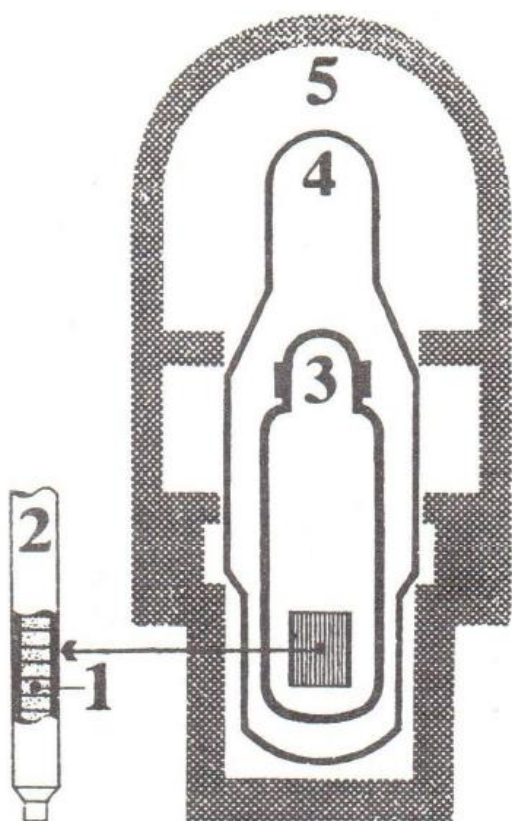
Obohacení paliva	2 % / 2,4 %		
Vyhoření paliva (MWd/t)	19000 - 24000		
Počáteční vsázka uranu (t)	49		
Teplotní spád I. Okruhu (°C)			208/131
Tlak v I. okruhu (MPa)			2
Teplotní spád II. Okruhu (°C)			158/88
Tlak v II. okruhu (MPa)			1,2
Teplotní spád III. Okruhu (°C)			150/70
Tlak v III. okruhu (MPa)			2
Teplota vody na výstupu do CZT (°C)	95/50	150/70	
Tlak páry na výstupu (pro průmysl) (MPa)	do 2		
Palivová kampaň při nepřetržitém provozu (roky)	2		
Rozsah výkonu	10 % - 100 %		
Doba nepřetržitého provozu na jmenovitý výkon (hodin)	do 7000		
Režimy provozu	Konstantní výkon		
	Konstantní výstupní teplota		
Tepelná účinnost	95 %		
Vlastní spotřeba elektrické energie MWe	5	8	
Životnost	60 let (až 100 let při výměně tlakové nádoby reaktoru)		
Seismická odolnost	8. stupeň intenzity dle stupnice MSK-64		

	(maximální hodnota zrychlení na zemi do 0,4 v horizontálním směru)
Počet bariér ochrany do hloubky	5

Zdroj: [105], [106]

Obrázek 59: Ochrana do hloubky

AST-500



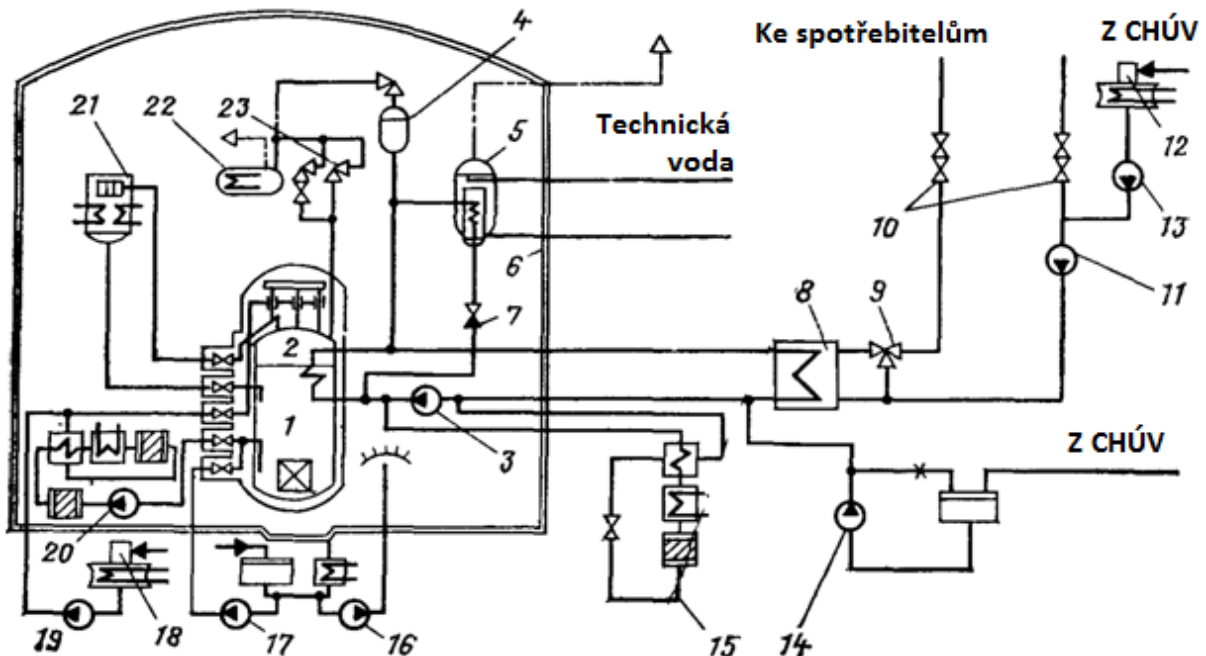
- 1 - Matrice paliva**
- 2 - Palivové pokrytí**
- 3 - Tlaková nádoba reaktoru**
- 4 - Kontejnment**
- 5 - Budova reaktoru**

Zdroj: [106]

Na obrázku 59 je znázorněna ochrana do hloubky jaderné výtopy AST. Kontejnment byl dimenzován nejen s požadavkem ochrany před únikem radioaktivity v případě ztráty těsnosti reaktoru, ale také s požadavkem zajištění hermetičnosti dokonce v případě odtržení a vymrštění některé části reaktoru, například víka. Budova reaktoru byla navržena tak, aby odolala vnějším vlivům dle tehdy platných normativních požadavků a odpovídá svým provedením spíše provedení, u reaktorů VVER. Názvosloví bylo přizpůsobeno současným zvyklostem, v doslovném překladu z ruského jazyka by byla budova reaktoru kontejnmentem a pro kontejnment je používáno slovo strachovočnoj korpus.

Na obrázku 60 je znázorněno schéma jaderné výtopny AST. Z dnešního pohledu je zajímavý „vynesený“ kompenzátor objemu, jehož řešení bylo převzato z reaktorů typu VVER. Bezpečnostní slabinou projektu byl prostup potrubí kompenzátoru objemu kontejnmentem.

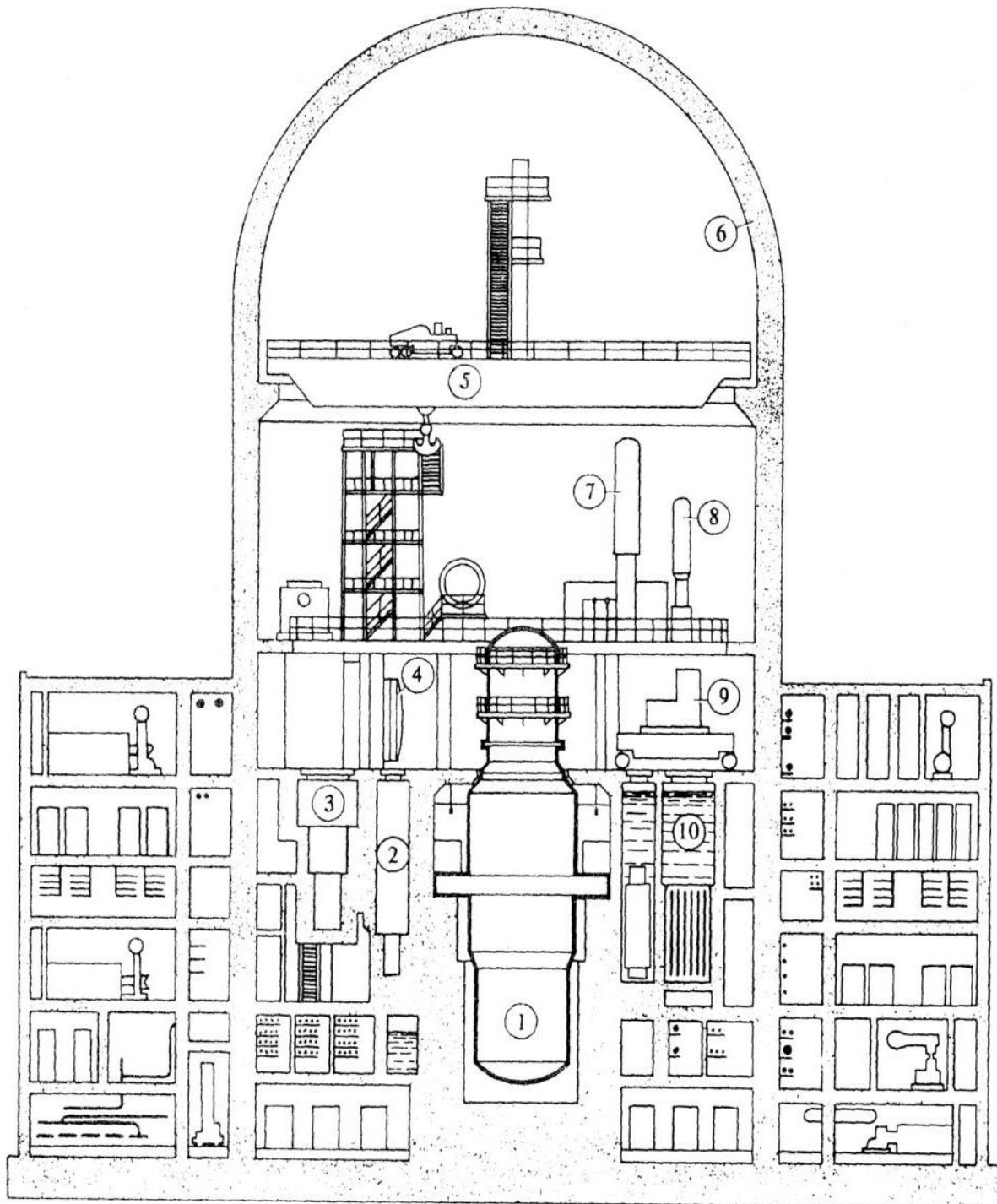
Obrázek 60: Tepelné schéma AST-500



1 — Reaktor; 2 — Integrovaný výměník I/II. okruhu; 3 — Cirkulační čerpadlo II. okruhu; 4 — Kompenzátor objemu II. okruhu s pojistným ventilem, 5 — Nádrž s výměníkem havarijního dochlazování; 6 — Kontejnment; 7 — Zpětný ventil; 8 — Výměník II/III. okruhu; 9 — Regulační ventil; 10 — Uzávěr; 11 — Čerpadlo III. okruhu; 12 — Odvzdušnění doplňované vody; 13 — Čerpadlo doplňované vody III. okruhu; 14. — Čerpadlo doplňované vody II okruhu; 15 — Systém čištění vody II okruhu ; 16 — Čerpadlo sprchového systému; 17 — Čerpadlo systému havarijního chlazení reaktoru; 18 — Odvzdušnění doplňované vody I. okruhu; 19 — Čerpadlo doplňované vody I okruhu; 20 — Čerpadlo systému čištění vody reaktoru, 21 Systém spalování vodíku, 22 Barbotážní nádrž, 23 Pojistný ventil I. okruhu

Zdroj: [105]

Obrázek 61: Řez jadernou výtopnou AST-500



1 — Reaktor v kontejnmentu; 2 — Revizní zařízení potrubí; 3 — Revizní zařízení vnitroreaktorového ústrojí; 4 — Dopravní uzávěr, 5 — Jeřáb s nosností 200 t; 6 — Kontejnment; 7 — Nádrž s výměníkem havarijního dochlazování; 8 — Pojistný ventil II. okruhu; 9 — Zařízení pro výměnu paliva ve funkční poloze; 10 — Bazén vyhořelého paliva

Zdroj: [109]

8.2.4.1 *Bezpečnost*

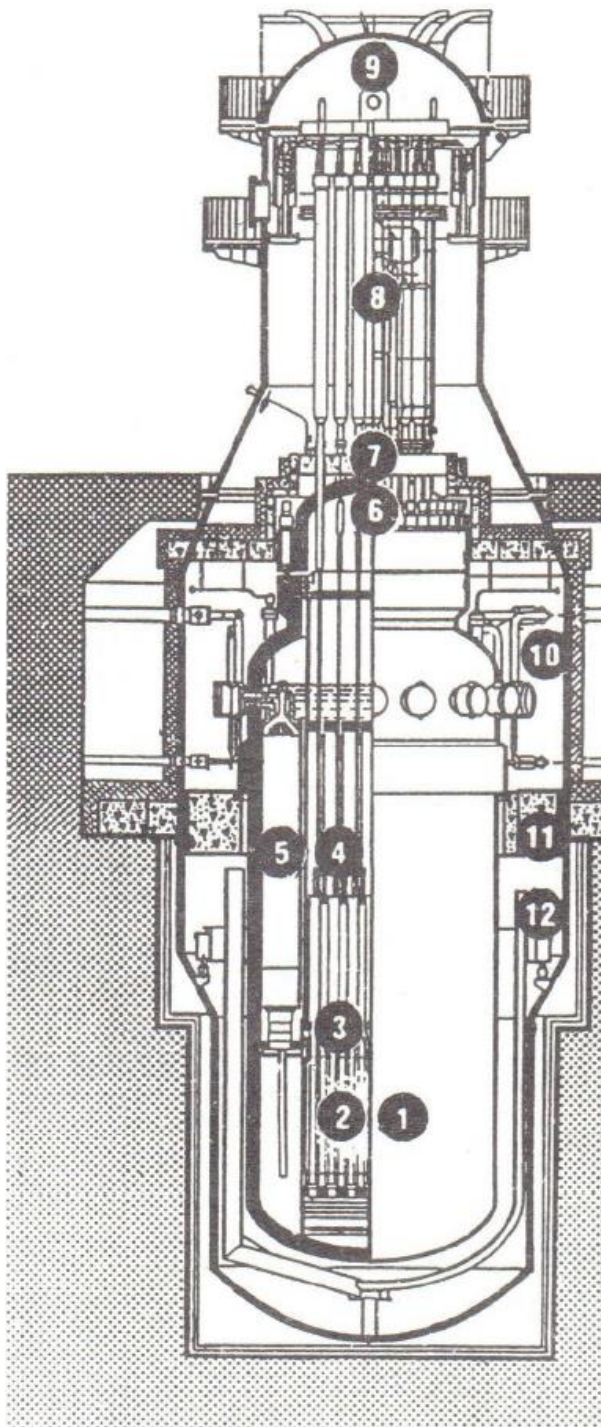
Způsob zajištění jaderné bezpečnosti byl na dobu svého vzniku bezesporu pokrokovým. Při konstruování jaderné výtopny AST byl důraz kladen zejména na využití prvků inherentní, a pasivní bezpečnosti (gravitace, konvekce, kondenzace), tak jak je známe u současných projektů tlakovodních SMR. Byly využity bezpečnostní systémy různého principu. Provedení reaktoru bylo integrální s nízkými parametry chladiva a 5ti bariérami ochrany do hloubky. S výjimkou kompenzátoru objemu jsou všechny komponenty integrovány přímo do tlakové nádoby reaktoru. Záporný teplotní koeficient reaktivity zabraňoval nekontrolovatelnému nárůstu výkonu reaktoru. V případě ztráty elektrického napájení padaly havarijní tyče vlastní vahou. Dlouhodobá integrita paliva byla zajištěna díky nízkému tepelnému zatížení AZ. Dlouhá doba pro řešení havarijní situace byla zajištěna vysokou akumulací schopností velkého množství chladiva v reaktoru a pomalou dynamikou procesů při využití přirozené cirkulace primárního okruhu reaktoru. Havarijní dochlazování bylo při ztrátě elektrického napájení zajištěno po dobu několika dní s využitím přirozené cirkulace chladiva vypařováním vody v zásobníku, při využití vzduchem ochlazovaných výměníků pak po nekonečně dlouhou dobu. V případě nadprojektové havárie a ztráty pasivního i aktivního chlazení reaktoru byla zajištěna bezpečnost dlouhou dobou odpařování chladiva z reaktoru, což umožňovalo operátorům reagovat. Stěny tlakové nádoby reaktoru byly vystaveny velmi nízkému toku neutronů, proto nehrozila ztráta jejich pevnostních vlastností. Umístění tlakové nádoby reaktoru v kontejnmentu zabraňovalo obnažení aktivní zóny a úniku radioaktivních produktů při vzniku netěsnosti v tlakové nádobě reaktoru. Bezpečnost při pádu letadla, tlakové vlně a dalších událostech byla zajištěna budovou reaktoru s vlastnostmi srovnatelnými s kontejnmentem reaktoru typu VVER. Ochrana spotřebitelů před únikem radioaktivity do sítě CZT byla zajištěna využitím 3 hydraulických okruhů s využitím bariéry ve formě přetlaku III. Okruhu vůči II. okruhu.

8.2.4.2 *Způsoby odstavení reaktoru a udržení v bezpečném stavu*

- Odstavení reaktoru havarijními tyčemi s využitím elektrických pohonů
- Odstavení reaktoru pádem havarijních tyčí vlastní tíhou při ztrátě elektrického napájení
- Odstavení reaktoru systémem řízení a ochrany reaktoru pádem havarijních tyčí při překročení definovaného parametru (nárůstu tlaku primárního okruhu)
- Odstavení reaktoru pomocí vstříknutí tekutého absorbéru - roztoku bóru využitím aktivního nebo pasivního principu
- Rovnováha výkonu reaktoru za provozu s výkonem systému havarijního dochlazování
- "Uhašení" výkonu reaktoru pomocí kladného teplotního (parního) koeficientu reaktivity

Zdroj: [106]

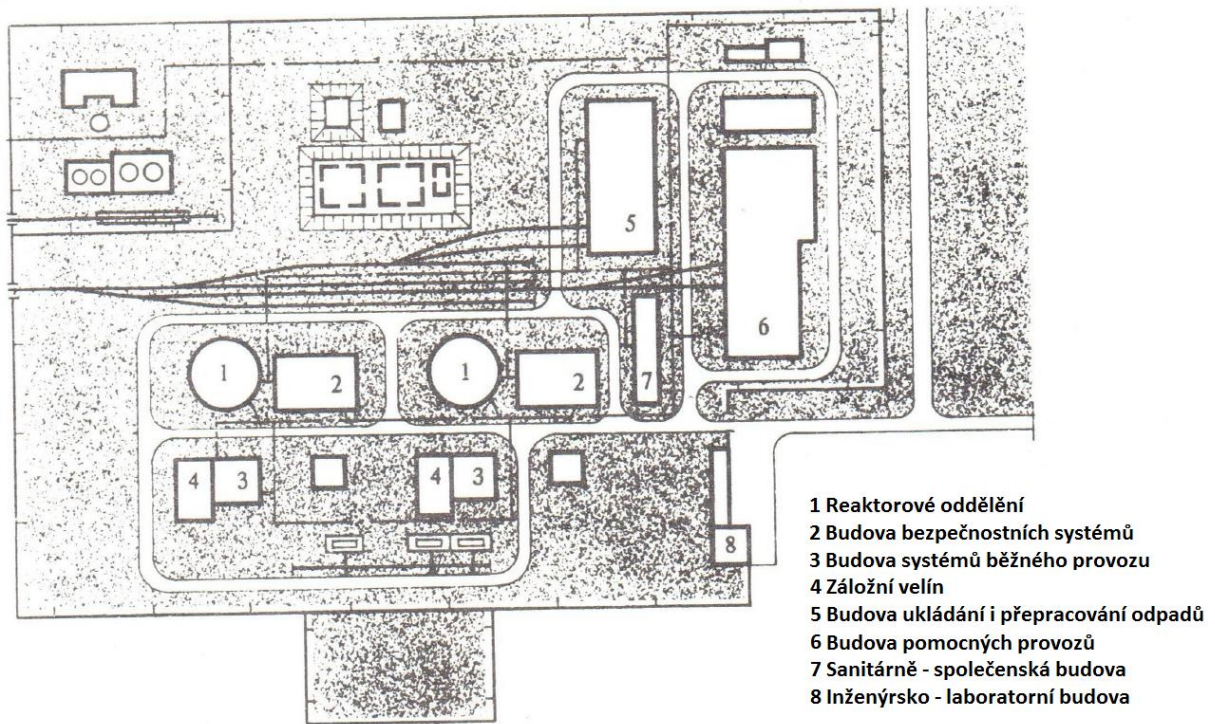
Obrázek 62: Reaktor AST-500



- 1 - Tlaková nádoba reaktoru
- 2 - Aktivní zóna
- 3 - Vnitřní konstrukce
- 4 - Naváděcí trubky
- 5 - Výměník I/II okruhu
- 6 - Víko reaktoru
- 7 - Biologické stínění - vrchní blok
- 8 - Pohony regulačních a havarijních tyčí
- 9 - Vrchní prostor bezpečnostní nádoby
- 10 - Dolní část kontejnmentu
- 11 - Bloky biologické ochrany
- 12 - Uložení tlakové nádoby reaktoru

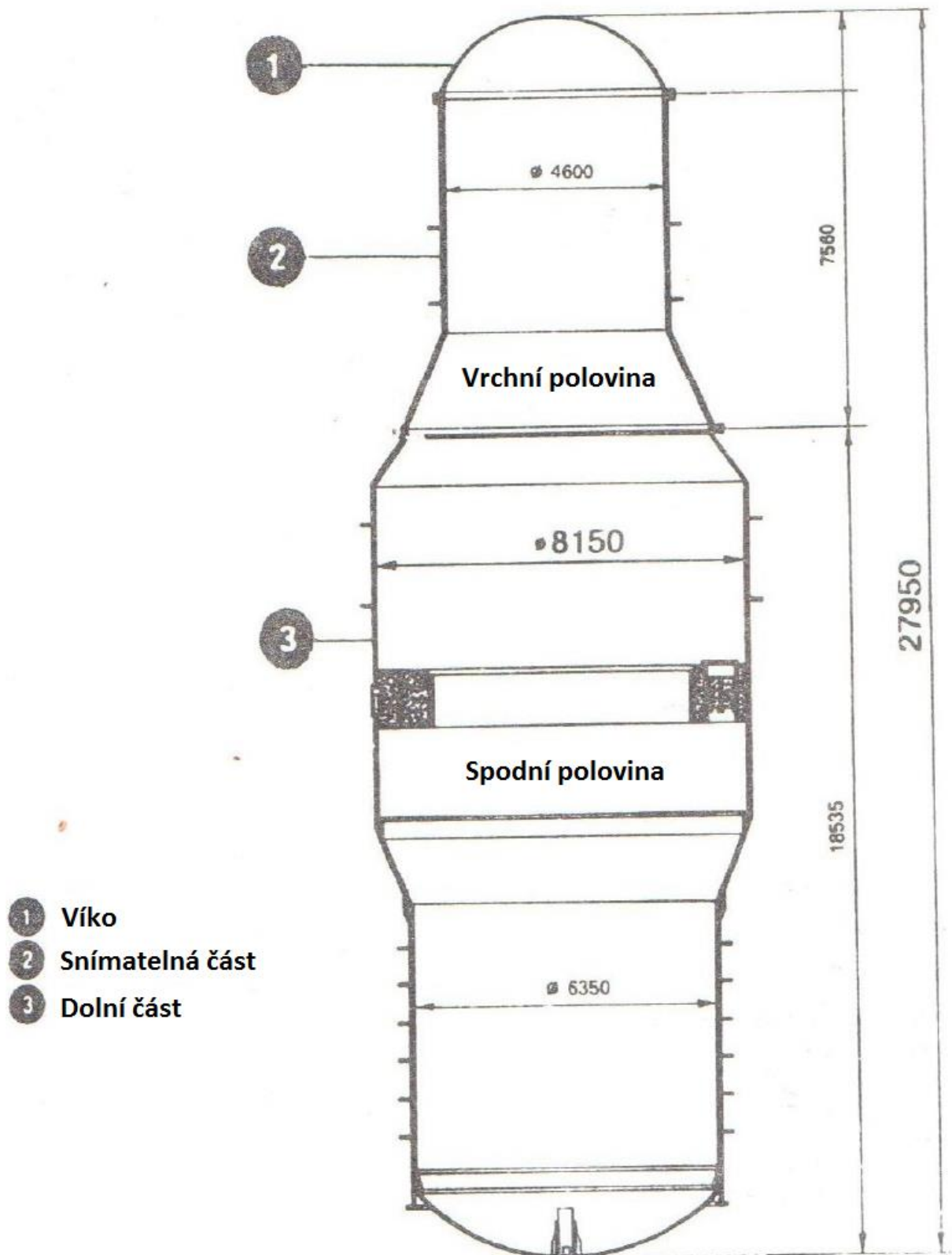
Zdroj: [106]

Obrázek 63: Jaderná výtopna AST-500 - půdorys



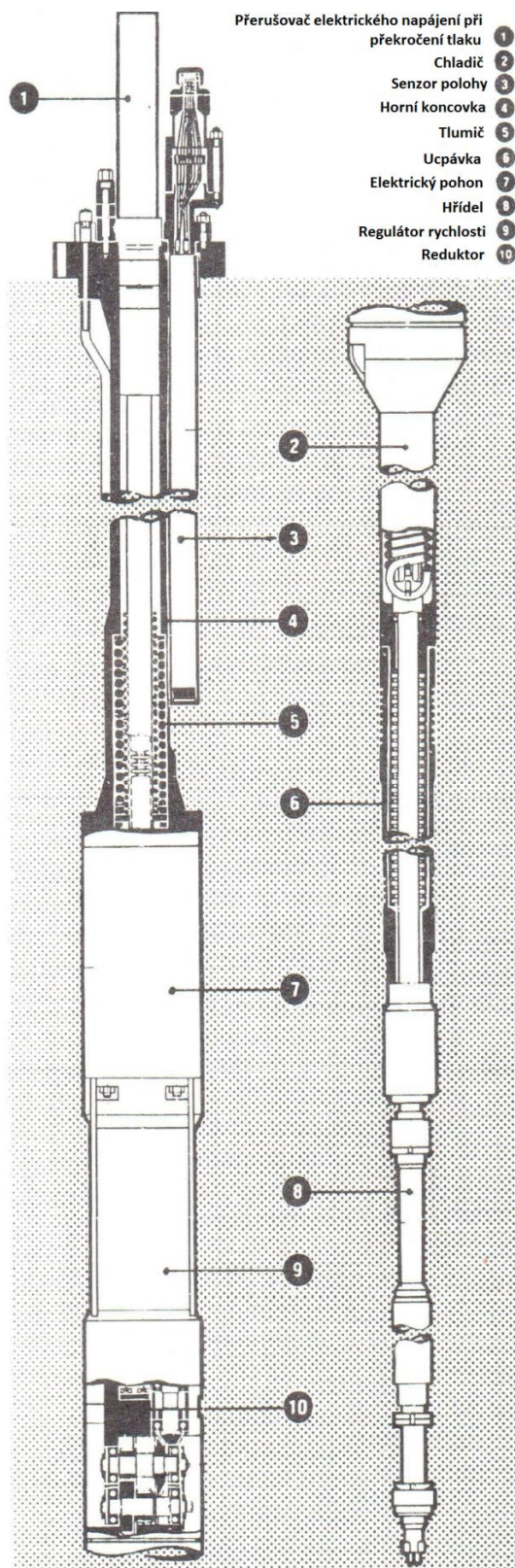
Zdroj: [106]

Obrázek 64: Jaderná výtopna AST-500 – kontejnment (strachovočnej korpus)



Zdroj: [106]

Obrázek 65: Jaderná výtopna AST-500 - mechanismus SKŘ



- 1 - Přerušovač elektrického napájení při překročení tlaku
- 2 - Chladič
- 3 - Senzor polohy
- 4 - Horní koncovka
- 5 - Tlumič
- 6 - Ucpávka
- 7 - Elektrický pohon
- 8 - Hřídel
- 9 - Regulátor rychlosti
- 10 - Reduktor

Zdroj: [106]

Na základě projektu jaderné výtopny AST-500 začala v letech 1982 a 1983 výstavba jaderných tepláren ve městech Gorkij a Voroněž [11]. Na základě neověřených informací byly postaveny a provozovány 2 jaderné výtopny AST-30 pro vojenské účely.

8.2.4.3 Jaderná teplárna AST-500 v Gorkém - FACT

Obrázek 66: Jaderná výtopna AST-500 v Gorkém (Ruská federace)



Zdroj: [107]

Výstavba Gorkovské jaderné výtopny (FACT) se dvěma bloky AST-500 o výkonu 2x500 MW_t započala v roce 1982 v blízkosti vesnice Feďjakovo 4 km jižně od města Gorkij (dnes Nižnyj Novgorod). Bylo plánováno, že po dokončení výtopny bude uzavřeno okolo 300 kotelen různého výkonu s nízkou účinností. Výtopna měla dodávat do sítě CZT vodu o teplotě až 150 °C a 1,6 MPa. Výstavbu negativně ovlivnila Černobylská havárie a nastávající ekonomické problémy v zemi. Na konci osmdesátých let také začalo vystupovat proti výstavbě občanské hnutí. 29.11.1990 byla výstavba ukončena. V momentě ukončení prací byla výtopna dokončena z 85-90 %. Dle neověřených informací byla výtopna přestavěna na lihovar. Zdroj: [107]

8.2.4.4 Jaderná výtopna AST-500 ve Voroněži - BACT

Obrázek 67: Jaderná výtopna AST-500 ve Voroněži (Ruská federace)



Zdroj: [107]

Výstavba Voroněžské výtopny se dvěma reaktory AST-500 o výkonu $2 \times 500 \text{ MW}_t$ započala v roce 1983. Místem výstavby byla zvolena lokalita na jižním předměstí města Voroněž na pravém břehu přehrady asi 6,5 km od města. Jaderná výtopna byla dimenzována pro pokrytí 29 % tepelné potřeby města Voroněž. Na rozdíl od výtopny ve městě Gorkij byla vybavena kontejnmentem [106], [107]. Výstavba byla zastavena v roce 1990 na základě výsledků městského referenda. Dokončenost byla v momentě ukončení prací asi 50 %. Od té doby je výtopna v režimu konzervace. Zdroj: [107]

8.2.5 Další ve světě vyvíjená jaderná zařízení pro teplofikační účely

Tabulka 41: Malá jaderná zařízení pro teplofikační účely vyvíjená ve světě k roku 1990 a jejich parametry

	tepelný výkon MW	typ	primární okruh			vložený okruh		síťová voda	
			teplota °C	tlak MPa	cirkulace	teplota °C	tlak MPa	teplota °C	tlak MPa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Thermos Francie	100	tlako- vodní	144/131	1,3	nucená	137/96	1,0	130/60	cca 1,0
	150		144/125	1,5		127/91	1,0	120/80	
Secure Švédsko	200	varný	120/90	0,7	nucená	110/80	1,0	100/60	1,0
	400	varný	115/90	0,7		110/80	1,0	100/60	1,0
AST 300 SSSR	300	tlako- vodní	200/120	2,0	přirozená	130/75	1,2	120/60	2,0
AST 500	500	varný	200/150	1,6	přirozená	170/90	1,2	150/70	1,6
	500	tlako- vodní	208/131	2,0	přirozená	160/90	1,2	144/64	2,0
SHR Švýcarsko	10	varný	198/185	1,5	přirozená	180/125	1,7	120/60	1,6
GHR Švýcarsko	10	xx	450/250	1,5	nucená	135/95	1,8	120/60	1,5
KWU NSR	200	varný	198/158	1,5	přirozená	185/100	1,7	120/70	..
	500	varný	198/183	1,5	přirozená	180/125	1,7	120/70	..
HERE NSR	300	tlako- vodní	185/115	1,5	přirozená	153/75	1,7	140/60	1,0
Slowpoke Kanada	10	tlako- vodní	95/75	0,17	přirozená	90/70	0,1	85/65	0,1

xx) Pozn.: grafitový, heliem chlazený.

Reaktor	MW	obohacení paliva %	kampaň paliva _p	vyhoření MWd/t	Reaktor	MW	obohacení paliva %	kampaň paliva _p	vyhoření MWd/t
Thermos	100	3,7	4-8	25 000	SHR	10	4,5	12	17 000
	150	3,7	4-8	25 000	GHR	10	20,0	18	85 800
Secure	200	2,6	8	25 600	KWU	200	5,0	20	40 000
	400	2,58	8	27 000		500	..	8,8	..
AST	300	1,6-2,0	6	..	HERE	300	1,23-2,52	20	14 000
varný	500	1,6-2,0	6	15 000	Slowpoke	10	4,9	6	15 000
	500	1,6-2,0	6	14 000					

Zdroj: [116]

Tabulka 42: Přehled návrhů a konceptů integrálních IPWR k roku 1995

Země	Název	Aplikace	Tepelný výkon reaktoru MW _t	Výkon (výstupní)	Stav
Argentina	CAREM	Víceúčelový	-	15-50 MW _e	Koncept
Belgie/ Velká Británie	Vulcain	Pohon ponorek	60	-	Ranný koncept
Francie	SCORE	Pohon ponorek	10	<2 MW _e	Koncept
	CAS-48	Pohon ponorek Rubis / A methyste	48	-	6 bloků v provozu
	THERMOS	CZT	100	-	Koncept
	CAP-70	El. energie	-	70 MW _e	Koncept
SRN	FOR	Pohon ponorek Otto Hahn	38	460 kW _e +11000 shp	Vyřazeno z provozu
	IPWR-38	Víceúčelový	38	6,7 MW _e +10000 m ³ /den	Koncept
	IPWR- 138	Víceúčelový	138	19,5 MW _e +40000 m ³ /den	Koncept
	KWU-NHR	CZT	200	-	Koncept
	IPWR-220	Víceúčelový	220	38,5 MW _e +60000 m ³ /den	Koncept
	EFDR	El. energie	275	100 MW _e	Koncept
Japonsko	DRX	Pohon ponorek	0,75	150 kW _e	Koncept
	MRX	Pohon ponorek	100	-	Koncept
	ISER	El. energie	645	210 MW _e	Koncept
	SPWR	El. energie	1100-1800	350-600 MW _e	Koncept

Ruská federace / SNS	GAMMA	El. energie, prototyp	0.22	6.6 kW _e	V provozu Moskva
	ELENA	CZT, el. energie	3	70 kW _e	Koncept
	ABV-1.5	Kogenerace	12	1,2 MW _e + 5 MW _t	Koncept
	AST-30B	CZT	30	-	Koncept
	ABV-6	Víceúčelový	48	12 MW _e /6 MW _e +14 MW _t	Koncept
	ABV	Víceúčelový	60	9 MW _e + 14000 m ³ /den	Koncept
	ATETS-80	Víceúčelový	250	80 MW _e	Koncept
	AST-500M	CZT	500	-	Koncept
	ATETS-150	Víceúčelový	536	150 MW _e + 70000 m ³ /den	Koncept
	ATETS-200	Víceúčelový	690	200 MW _e + 60000 m ³ /den	Koncept
	B500 SKDI	El. energie	1350	515 MW _e	Koncept
	CHPP	Kogenerace	1650	500 MW _e + 522 MW _t	Nadkritický tlak Koncept
VPBER-600	Víceúčelový	1800	630 MW _e	Koncept	
Švýcarsko	SHR	CZT	10	-	Koncept
Velká Británie/ USA	SIR	Elektřina	1000	320 MW _e	Koncept
USA	NCIR	Elektřina	-	10 MW _e	Koncept
	CNSG-IVa	Pohon ponorek	314	120000 shp	Koncept
	CNSS	Elektřina	1200	400 MW _e	Koncept

Zdroj: [117]

8.2.6 Dílčí závěr kapitoly 8.2

Bylo zjištěno, že ve světě byly realizovány 3 projekty malých jaderných zařízení pro teplárenské účely, jmenovitě AGESTA ve Švédsku, БАЭС (EGP-6) v SSSR a NHR-5 v ČLR. Uvádění jaderné výtopny NHR-5 v ČLR v roce 1989 proběhnulo s československou účastí expertů firmy ŠKODA. Technické řešení jaderných tepláren v švédské Agestě a БАЭС v ruském městě Bilibino je z dnešního pohledu zastaralé. Bylo zjištěno, že obě jaderné teplárny БАЭС i AGESTA byly navrženy jako hlavní zdroj tepla pro soustavu CZT. Bylo zjištěno, že prakticky každá země s rozvinutým jaderným průmyslem měla svůj projekt malého jaderného zařízení pro teplárenské účely v různém stupni rozpracování. Obecně lze říci, že standardem byla jaderná výtopna v integrálním provedení, s tlakovodním reaktorem s nízkými parametry chladiva, přirozenou cirkulací chladiva primárního okruhu, pasivními prvky bezpečnosti a 5ti bariérami ochrany do hloubky napojená na soustavu CZT třemi hydraulickými okruhy.

Nejvýznamnějším počinem v oblasti jaderné teplofikace ve světě byl bezesporu ambiciózní sovětský projekt jaderných výtopen AST-500 s tlakovodním reaktorem, přirozenou cirkulací chladiva v primárním okruhu, nízkými parametry chladiva a prvky pasivní a inherentní bezpečnosti, který předpokládal realizaci jaderných výtopen AST-500 v 30-35 průmyslových a obytných komplexech země. Byly rovněž rozpracovány varianty AST-30 a AST-200 ve spolupráci VNIIAM a ŠKODA. Realizace 2 jaderných výtopen s reaktory AST-500 byla ukončena ve vysokém stupni rozestavěnosti ve městech Nižnyj Novgorod a Voroněž. Oficiálním důvodem byl odpor veřejnosti po havárii na jaderné elektrárně v Černobylu. Bylo zjištěno, že jaderná výtopna ve Voroněži se dvěma bloky AST-500 byla dimenzována pro pokrytí 29 % tepelné potřeby města Voroněž. Lze se s velmi vysokou mírou pravděpodobnosti domnívat, že jaderné výtopny AST-500 byly v SSSR dimenzovány s přihlédnutím k hodnotě součinitele využití jmenovitého výkonu k (v ČR $k=11,9$ %) pro provoz na jmenovitý výkon s ohledem na rovnoměrné vyhoření jaderného paliva a navrhovány jen jako doplňkový zdroj stávajících fosilních zdrojů tepla, čímž je potvrzen závěr kapitoly 6.4.2.4. Dle neověřených a neoficiálních informací byly v SSSR provozovány 2 výtopny AST-30 pro vojenské účely. Z dnešního pohledu je v mnoha ohledech svým technickým řešením koncepce jaderné výtopny AST-500 stále srovnatelná se současnými návrhy SMR ve vysokém stupni rozpracování. Spolehlivé z reaktorů VVER odzkoušené, avšak z hlediska bezpečnosti slabým místem, bylo technické řešení kompenzátoru objemu „vyneseného“ potrubím z kontejnmentu a umístěného v budově reaktoru mimo kontejnment. To bylo dáno také tím, že na rozdíl od dnešních projektů SMR byl kontejnment projektován s co nejmenší mezerou mezi tlakovou nádobou reaktoru, aby odolal uvolnění (a vymrštění) víka či dna tlakové nádoby reaktoru. Pro reaktor jaderné výtopny AST bylo navrženo speciální palivo.

Bylo zjištěno, že v osmdesátých letech mezi českou odbornou veřejností budila nedůvěru otázka stability přirozené cirkulace chladiva v primárním okruhu při tepelném výkonu reaktoru 500MW_t, což může být neoficiálním a skutečným důvodem zastavení ambiciózního projektu jaderných výtopen v SSSR ve vysokém stupni stavební rozestavěnosti.

Dále bylo zjištěno, že dle zdroje [115] bylo obecně odbornou veřejností pokládáno řešení jaderných výtopen s tlakovodním reaktorem a nízkými parametry chladiva za dočasné do doby, než bude technologie reaktorů HTGR dovedena do stupně realizace.

Ačkoli by hypoteticky bylo možné vrátit se k projektu jaderných výtopen AST, pro české teplárenství není jaderná výtopna AST-500 vhodná a její využití by nevedlo k dosažení

vytyčených cílů. Hypotéza, že vědecký úkol by bylo možné řešit využitím některého z historických projektů malých jaderných zařízení ve světě, tedy byla vyloučeno.

8.3 Historie projekty malých jaderných zařízení pro teplofikační vývoj v ČR a Československu

Československo bylo v rámci zemí východního bloku po SSSR zemí s nejvíce rozvinutým jaderným průmyslem. Československo a ČR má zkušenosti s provozem 5 experimentálních reaktorů VR-1, LVR-15, VVR-S, LR-0 a ŠR-0. Československý jaderný průmysl se zabýval řešením malého jaderného zařízení pro teplárenské účely již od šedesátých let dvacátého století s ohledem na problémy Československa se zásobováním velkým množstvím domácího nízkovýhřevného hnědého uhlí a ekologickou situaci vyvolanou těžbou a spalováním hnědého uhlí v neekologických zdrojích tepla. Československá vláda si dobře uvědomovala vážnost problému a spatřovala řešení v jaderné energii. Státní energetická koncepce Československa od konce osmdesátých let počítala s využitím jaderných výtopen pro zásobování teplem soustav CZT, chybělo však vhodné zařízení. Velké naděje byly vkládány do projektu sovětských jaderných výtopen AST-500, které se však svým výkonem ukázaly pro československé podmínky nevhodné. Potenciálně vhodné projekty existovaly na západě, spolupráce však nebyla z politických důvodů možná a proto byl v listopadu roku 1988 zahájen ve spolupráci firem VNIIAM a ŠKODA vývoj jaderných výtopen AST-200. Později na přelomu osmdesátých a devadesátých let byl také ve spolupráci firem ŠKODA a SIEMENS vyvinut projekt jaderné výtopeny NHR-200. Cenným zdrojem poznatků a zkušeností celé jedné generace jaderných inženýrů v Československu jsou paměti pana Ing. Arnošta Komárka.

8.3.1 Počátky úvah o využití malých jaderných reaktorů pro vytápění v 60. letech dvacátého století

Již v 60. letech 20. století byly v Odboru jaderných elektráren Závodů V. I. Lenina provedeny předběžné studie zásobování Závodů V. I. Lenina a města Plzně teplem z jaderné teplárny. Byly posuzovány 2 varianty - experimentální reaktor, jež by kryl pouze část spotřeby tepla a standardní energetický reaktor, který by uspokojil převážně část spotřeby tepla. [111]

8.3.1.1 Jaderná teplárna ve formě experimentálního reaktoru

Za nevýhodu řešení v podobě experimentálního reaktoru byla považována nemožnost provádění veškerých potřebných prací v oboru experimentální reaktorové fyziky a techniky. Za zásadní nevýhodu bylo považováno, že by takový reaktor bylo nutné zvlášť pro tento účel zkonstruovat a do Československa i vcelku dovézt. Z důvodů hospodárného zajištění dodávek tepla do tepelné sítě v případě odstavení reaktoru a zabezpečení provozu reaktoru na dostatečném výkonu mimo topné období byl navržen experimentální reaktor ve formě teplárny. V tepelném oběhu sekundárního okruhu měla být zařazena teplárenská turbína AP-25-2 o výkonu 25 MW_e, pro níž měla být pára přihřívána pomocí fosilního paliva. Toto řešení zabezpečovalo dodávky tepla do sítě při výpadku reaktoru ve výši 30 % nominálního výkonu tepelné sítě. V případě havárie turbíny by byla dodávka tepla do sítě zabezpečena přímým

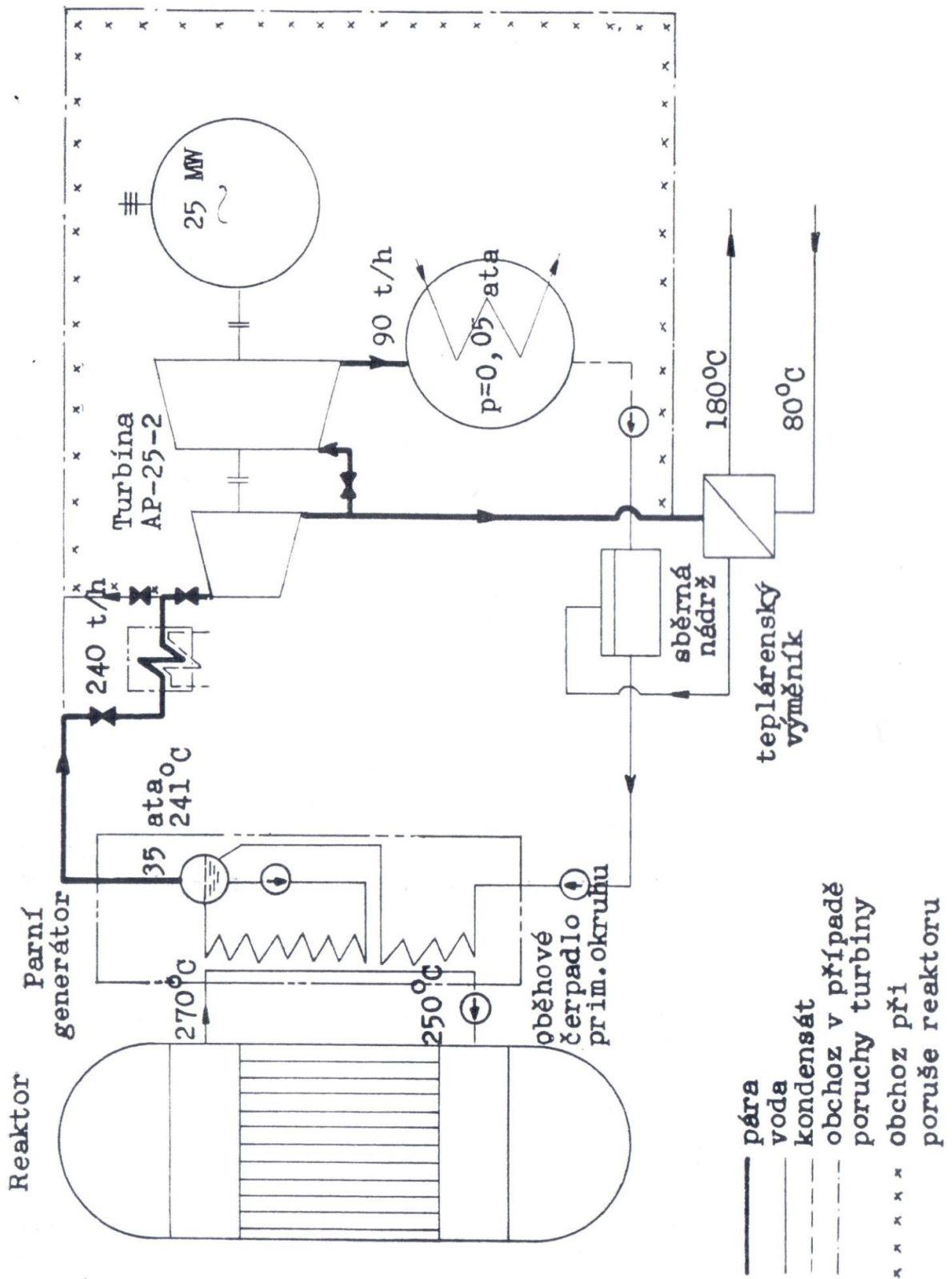
zavedením syté páry z parogenerátoru do síťového výměníku. S ohledem na nutnost použití obohaceného uranu a světový vývoj byl vybrán osvědčený typ tlakovodního reaktoru. Aktivní zóna měla pracovat v rozmezí výkonu 80-152 MW_t, dle stavu odběru. Náklady na palivo (bez nákladů na výrobu, manipulaci a likvidaci) podle amerických zdrojů činily cca 2 halíře/kWh v paritě. [111]

Tabulka 43: Parametry jaderné teplárny ve formě experimentálního reaktoru

Počet bloků	1
Typ reaktoru	Tlakovodní (PWR)
Palivo reaktoru	UO ₂
Obohacení paliva	5 %
Množství paliva	5 000 kg
Vyhoření paliva	10 000 MWd/t
Kampaň	15 měsíců
Tepelný výkon reaktoru	125 MW _t
Výstupní teplota	270 °C
Vstupní teplota	250 °C
Turbína	AP-25-2 o výkonu 25 MW _e
Tlak páry na výstupu z parogenerátoru	35 ata
Teplota páry na výstupu z parogenerátoru	Teplota sytosti
Přehřívání páry	435 °C
Přehřívák	Fosilní 30 % výkonu reaktoru
Tepelný výkon (CZT)	100 MW _t
Teplota vody na vstupu do CZT	180 °C
Teplota vody na výstupu z CZT	80 °C

Zdroj: [111]

Obrázek 68: Schéma jaderné teplárny s experimentálním reaktorem



Zdroj: [111]

8.3.1.2 Jaderná teplárna ve formě energetického reaktoru

Byla uvažována teplárna se dvěma bloky o výkonu $2 \times 200 \text{ MW}_e$ na bázi v Československu tehdy vyvíjeného těžkovodního, oxidem uhličitým chlazeného energetického reaktoru pro potřeby elektrárenství. Každý z reaktorů s příslušným parním generátorem a dvěma turbínami po cca 110 MW měl tvořit samostatný blok. Jedna z turbín bloku měla být protitlaká teplárenská a druhá čistě kondenzační. Toto uspořádání mělo zajistit dodávku tepla i v případě odstavení jednoho z reaktorů. [111]

Tabulka 44: Parametry jaderné teplárny ve formě energetického reaktoru (pro 1 blok)

Počet bloků	2
Typ reaktoru	Těžkovodní, chlazený CO_2
Teplný výkon reaktoru	786 MW_t
Maximální topný výkon obou bloků teplárny, kde teplárenské turbíny pracují v protitlakém provozu	$523,4 \text{ MW}_t$
Teplota plynu na vstupu do reaktoru	$170 \text{ }^\circ\text{C}$
Teplota plynu na výstupu z reaktoru	$458 \text{ }^\circ\text{C}$
Průtok plynu primárním okruhem	2450 kg/s
Příkon oběhových dmychadel	cca 40 MW
Tlak vysokotlaké páry za parogenerátorem	$49,5 \text{ ata}$
Tlak nízkotlaké páry za parogenerátorem	$9,75 \text{ ata}$
Teplota vysokotlaké páry za parogenerátorem	$435 \text{ }^\circ\text{C}$
Teplota nízkotlaké páry za parogenerátorem	$225 \text{ }^\circ\text{C}$
Množství vysokotlaké páry za parogenerátorem	$814,5 \text{ t/h}$
Tlak v kondenzátoru	$0,05 \text{ ata}$
Výkon turbíny na svorkách generátoru v kondenzačním provozu	cca 110 MW_e
I. topný odběr	$2,5 \text{ ata}, 127 \text{ }^\circ\text{C}$
II. topný odběr	$9,5 \text{ ata}, 231 \text{ }^\circ\text{C}$

III. topný odběr	16,0 ata, 295 °C
První ohřívák (vstup/výstup)	70 °C/ 120 °C
Druhý ohřívák (vstup/výstup)	120 °C/165 °C
Třetí ohřívák (vstup/výstup)	165 °C/200 °C

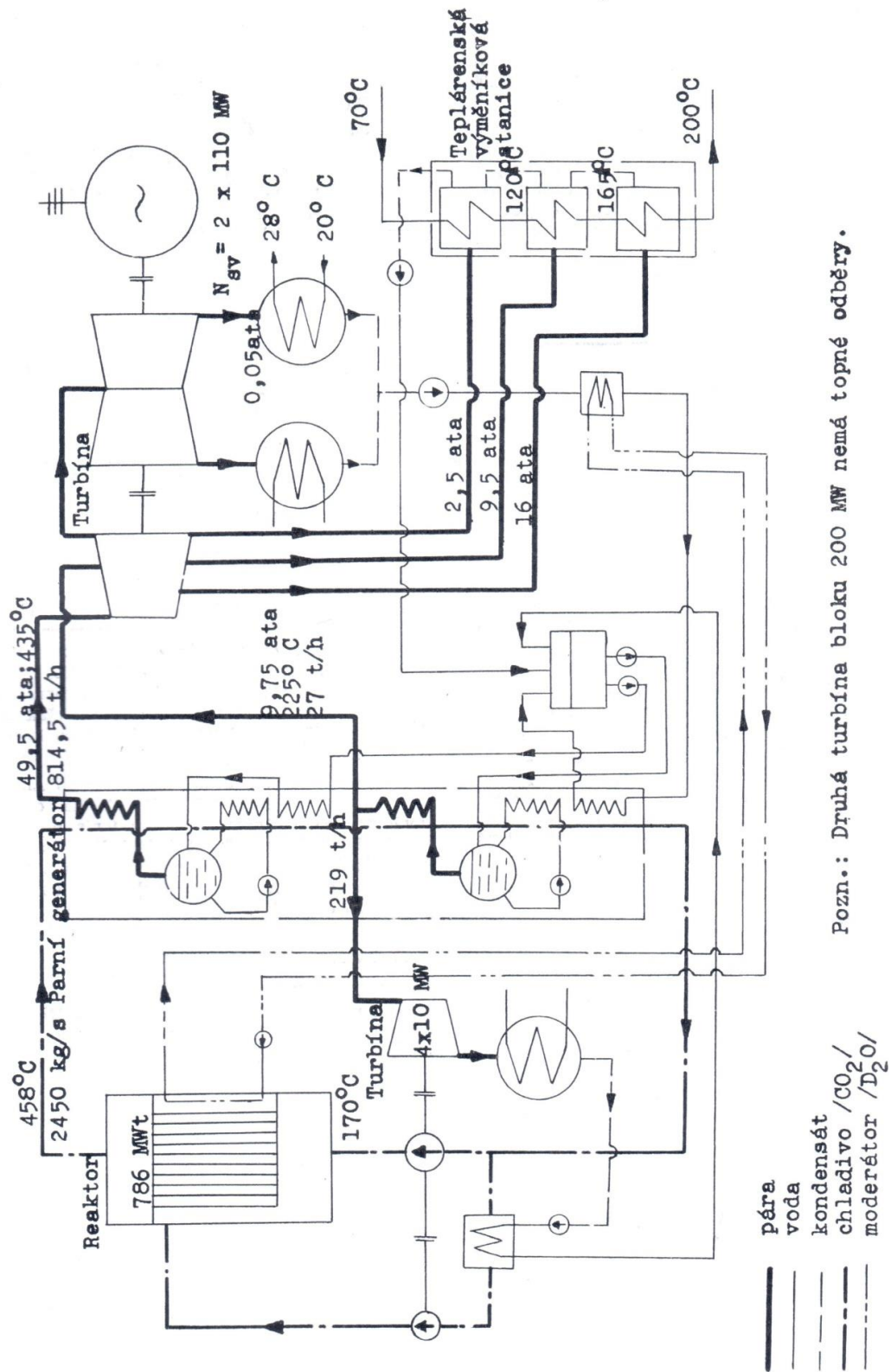
Zdroj: [111]

Tabulka 45: Přehled některých režimů práce teplárny

Maximální dodávka tepla z teplárny (MW)	232,6	348,9	424,5
Doba využití maximální dodávky tepla z teplárny (h/rok)	3670	1450	500
Doba využití teplovodu (vztaženo k maximální dodávce tepla z teplárny) (h/rok)	5850	4750	4000
Výkon na svorkách generátorů (MW)	382	351	325
Vyrobená elektrická energie v teplárně mil. (kWh/rok)	3021	2937	2900
Ztracená elektrická energie (ve srovnání s kondenzačním provozem) mil. (kWh/rok)	339	423	460

Zdroj: [111]

Obrázek 69: Teplné schéma bloku jaderné teplárny 200 MW



Pozn.: Druhá turbína bloku 200 MW nemá topné odběry.

Zdroj: [111]

8.3.1.3 Ekonomické posouzení

Spotřeba tepla byla v roce Československu v roce 1957 více než 2,7krát vyšší než spotřeba elektrické energie. Náklady na teplo se pohybovaly od 21,50-25,80 Kčs/MWh_t ve velkých domovních kotelnách po 51,60-129 Kčs/MWh_t v malých kotelnách. Ačkoli u klasických tepláren výroba tepla způsobuje snížení ceny vyráběné elektrické energie, u jaderné teplárny tomu však bylo naopak, protože teplárenský provoz snižuje množství vyrobené elektrické energie a cenu tepla dodávanou spotřebiteli nebylo možné zatěžovat amortizací poměrně vyšších investic. Zároveň bylo nutné teplárnu z bezpečnostních a hygienických důvodů umístit dále od osídleného centra. Jaderná teplárna zároveň potřebovala asi dvakrát více vody než běžná uhelná teplárna.

Měrná cena tepla z jaderné teplárny s energetickým reaktorem je vypočtena v tabulce 40, podkladem pro výpočet byl tehdy zdroj [10], maximální tepelný výkon sítě CZT se předpokládal cca 698 MW_t. Ve výpočtu bylo uvažováno s cenou dálkového teplovodu s příslušenstvím 6,9 % z celkových investičních nákladů. Celkové odpisy na dálkovou dopravu byly ve výpočtu předpokládány 8,5 %. Při výpočtu bylo předpokládáno, že náklady na rozvod tepla až ke spotřebiteli zvyšují c_t o 35 %. Ačkoli je cena měrného vyrobeného tepla z jaderných tepláren vyšší než z tepláren uhelných, autor předpokládal její rychlý pokles s ohledem na počátek jejich vývoje. Byl zároveň navržen způsob částečné kompenzace pořizovacích nákladů na dálkový teplovod - využití odpadního tepla pro účely zemědělství.

Tabulka 46: Měrná cena tepla

Q (kW)	c_t (Kčs/MWh)	$c_{t,el}$ (Kčs/ MWh)	$c_{t,t}$ (Kčs/ MWh)	$c_{s,p}$ (Kčs/ MWh)
232,6	48,50	36,10	12,40	74,80
348,9	49,80	37,10	12,70	76,50
424,5	53,60	39,10	14,40	82,50

Zdroj: [111]

Q (kW)	Topný výkon teplárny
c_t (Kčs/MWh)	Měrná výstupní cena tepla na výstupu z dálkového teplovodu
$c_{t,el}$ (Kčs/MWh)	Měrná výrobní cena nákladů daní ztracenou elektrickou energií
$c_{t,t}$ (Kčs/MWh)	Investiční složka daná daná investičními náklady teplovodu s příslušenstvím
$c_{s,p}$ (Kčs/MWh)	Měrná výrobní cena tepla u spotřebitele v závislosti na topném výkonu teplárny

Zdroj: [111] (celá kapitola)

8.3.2 Jaderná výtopna AST-200

Na zasedání českých a sovětských specialistů z 14. - 19.11.1988 v Praze v Energoprojektu byl ve spolupráci firem VNIIAM a ŠKODA odsouhlasen vývoj jaderné výtopny o výkonu menším než 300 MW_t. Projekt byl dokončen 24.6.1990. Hlavním konstruktérem projektu byl Ju. Filimonov. Za československou stranu byl vedoucím Josef Kott, za sovětskou I. Ostrecov.

Předpokládáno bylo provedení se třemi bloky AST-200 a jaderné zařízení bylo navrhováno jako doplňkový zdroj tepla ke stávajícím fosilním zdrojům. Pokrytí spotřeby tepla jadernou výtopnou se zjistit nepodařilo. Motivací pro vývoj byly omezené zdroje fosilních paliv zemí východního bloku s výjimkou SSSR a PLR.

Z důvodu potřeby umístění jaderné výtopny v blízkosti aglomerace byly vzaty v úvahu mimořádné bezpečnostní požadavky v porovnání s konvenčními jadernými elektrárenskými bloky. Při návrhu byl kladen důraz zejména na technické řešení zajišťující bezpečnost reaktoru využitím přirozené cirkulace primárního okruhu reaktoru a prvků pasivní bezpečnosti. S ohledem na zvýšené bezpečnostní nároky musela být vyloučena možnost obnažení aktivní zóny při netěsnosti reaktorové nádoby jaderného zařízení a také musely být uvažovány vnější faktory zahrnující zemětřesení, pád letadla a tlakovou vlnu. Při návrhu reaktoru bylo uvažováno i s havarijní událostí způsobenou trhlinou v tlakové nádobě reaktoru odpovídající 0,1násobku tloušťky stěny reaktoru. To odpovídá netěsnosti o ekvivalentním hydraulickém průměru 45 mm. Byly uvažovány i zvýšené nároky na radiační bezpečnost.

Návrh jaderné výtopny AST-200 vycházel z technických řešení použitých při návrhu sovětské jaderné výtopny AST-500. Při návrhu byly vzaty v úvahu názory československých i sovětských specialistů na zvýšení bezpečnosti a ekonomičnosti bloku. Cílem byl návrh co nejvíce bezpečného zařízení s přijatelnými ekologickými ukazateli a také upřesnění vybavení bloku a jeho investičních nákladů s vzetím v úvahu specifik v jednotlivých členských zemích RVHP.

Stejně jako u jaderné výtopny AST-500 bylo zvoleno řešení s "vyneseným" kompenzátozem objemu [14], [22], [62]. Při integraci kompenzátozem objemu přímo do tlakové nádoby reaktoru hrozil výskyt zóny s kondenzací plynů, které by bylo možno jen obtížně regulovat [22]. Bylo proto zvoleno řešení vyzkoušené na reaktorech typu VVER. Velký reflektor mezi aktivní zónou a stěnou tlakové nádoby zabezpečoval nízký tok neutronů na stěnu tlakové nádoby (méně než 1017 n/cm² s energií více než 0,5 MeV za 40let). Vliv neutronového toku neměl prakticky vliv na kritickou teplotu křehkosti.

Kontejnment (strachovočnoj korpus) byl navržen s malou mezerou mezi ním a reaktorovou nádobou a malou netěsností v horní části v oblasti pohonů. Malá mezera mezi kontejnmentem a tlakovou nádobou reaktoru, zajišťovala i při vzniku havarijních událostí a oddělení větších částí reaktorové nádoby v oblasti dna a víka bezpečnost. Realizace kontejnmentu bez netěsnosti se s ohledem na průchod elementů zejména v horní části kontejnmentu jevila nerealizovatelnou úlohou (, což bylo hlavním rozdílem oproti AST, kde byl kontejnment bez netěsnosti a její vznik byl v případě AST-500 nadprojektovou havárií a v případě AST-200 projektovou havárií). Velikost netěsnosti musela zaručovat odvrácení obnažení AZ reaktoru a možnost tavení palivových článků.

Řešení se třemi okruhy bylo zvoleno proto, aby bylo zabráněno šíření radioaktivity do síťového okruhu CZT. Terciální okruh CZT byl vybaven záložními čerpadly, navrženými jako zdroj statického tlaku, pro případ netěsnosti za účelem zamezení možnosti šíření radioaktivity

ke koncovým odběratelům tepla. Mimo to byl terciální okruh vybaven ventily, které okamžitě při ztrátě statického tlaku terciálního okruhu uzavíraly terciální okruh ve směru k reaktoru.

Odvod zbytkového výkonu v případech přerušení odvodu tepla terciálním hydraulickým okruhem nebo v havarijních situacích byl navržen přirozenou cirkulací přes sekundární hydraulický okruh vypařováním vody v zásobníku. Zásoba vody stačila pro chlazení reaktoru po dobu 24 hodin. Pasivní odvod tepla byl uveden do provozu pasivním způsobem.

Záložní způsob pasivního odvodu tepla a chlazení reaktoru byl zajištěn vypařováním zásoby vody v reaktorové nádobě nad aktivní zónou. Tento způsob zajišťoval pasivní odvod tepla při netěsnosti reaktoru a ztrátě chlazení rovněž po dobu 24 hodin.

Pro případ překročení dovoleného tlaku byly na kompenzátoru objemu umístěny 2 skupiny pojistných ventilů propojené přepínacím zařízením snižujícím riziko úniku.

Výpočty bylo ověřeno, že po dobu 24 hodin bez zásahu obsluhy dokáže reaktor odolávat návrhovým haváriím a nedojde k tavení palivových tyčí.

Pro řešení nadprojektových havárií bylo třeba zásahu pomocí aktivních havarijních systémů reaktoru.

Bylo ověřeno, že díky využití kontejnmentu (strachovočnej korpus) (resp. využití celkem 5ti bariér ochrany do hloubky, protože budova reaktoru AST-200 měla vlastnosti prakticky totožné jako kontejnment u velkých jaderných bloků) poskytuje jaderná teplárna AST-200 oproti konvenčním elektrárenským jaderným blokům vyšší stupeň bezpečnosti. Bezpečnost byla zajištěna dokonce i při událostech jako je uvolnění víka nebo dna tlakové nádoby reaktoru.

Vysoký stupeň bezpečnosti jaderné výtopny AST-200 byl zajištěn zejména:

- Nízkými parametry chladiva
- Nízkou výkonovou hustotou zatížení aktivní zóny reaktoru
- Integrálním provedením reaktoru
- Přirozenou cirkulací chladiva primárního okruhu reaktoru
- Zápornou zpětnou vazbou moderátoru na teplotě - záporný teplotní koeficient
- reaktivity aktivní zóny
- Umístění reaktoru uvnitř kontejnmentu
- Tří-okruhovým uspořádáním
- Pasivním systémem havarijního chlazení a jeho pasivním způsobem uvedení do provozu
- Přidáním zařízení k ochraně proti překročení dovoleného tlaku v primárním okruhu
- Zajištěním bezpečnosti i při nadprojektových haváriích aktivními havarijními bezpečnostními systémy

Tabulka 47: Parametry jaderné výtopny AST-200

Počet bloků	2
Typ reaktoru	Tlakovodní (PWR)
Provedení	Integrální
Druh cirkulace chladiva v primárním okruhu	Přirozená
Jmenovitý tepelný výkon reaktoru	200 MW _t
Charakteristika I. okruhu	
Tlak chladiva v reaktoru	1,96 MPa
Teplota chladiva na vstupu do reaktoru	144 °C
Teplota vody na výstupu z reaktoru	200 °C
Hmotnostní průtok vody aktivní zónou	815 kg/s
Způsob kompenzace objemu	Parní s elektrickým ohřívačem
Počet smyček	2
Charakteristika aktivní zóny	
Ekvivalentní průměr	2330 mm
Výška	2000 mm
Počet palivových kazet	85 kusů
Druh paliva	UO ₂
Hmotnost palivové vsázky	27500 kg
Specifická hustota výkonu	23,6 MW _t /m ³
Lineární tepelné zatížení paliva	80 W/cm
Doba provozu při jmenovitém výkonu	5000 h/rok
Počet pohonů SKŘ reaktoru	61
Počet integrovaných výměníků tepla	16
Rozměry reaktoru	
Průměr	4840 mm
Výška	9875 mm
Rozměry kontejneru	
Průměr	5800 mm
Výška	17300 mm
Parametry II. okruhu	
Počet smyček	2

Tlak	1,2 MPa
Teplota na vstupu	80 °C
Teplota na výstupu	140 °C
Hmotnostní průtok chladiva	2×394 kg/s
Způsob kompenzace objemu	Parní s elektrickým ohřívákem
Cirkulace při reaktoru v provozu	Nucená
Parametry okruhu CZT	
Tlak	2 MPa
Teplota na vstupu	70 °C
Teplota na výstupu	130 °C
Hmotnostní průtok	790,8 kg/s

Zdroj: [112]

Vzhledem k nízké koncentraci spotřeby tepla byla shledána možnost využití sovětské jaderné výtopy AST-500 v zemích RVHP jako omezená. Dle předběžných průzkumů byla shledána následující potřeba jaderných výtopen v zemích RVHP:

ČSSR v letech 2005-2030

10 bloků 200 MW_t

7 bloků 100 MW_t

7 bloků 50 MW_t

9 bloků 20 MW_t

BLR v letech 2000-2005

6 bloků 200 MW_t

BLR v letech 2006-2010

6 bloků 200 MW_t

4 bloky 100 MW_t

BLR v letech 2011-2015

4 bloky 200 MW_t

2 bloky 100 MW_t

V SSSR byl vyhodnocen celkový potřebný výkon jaderných výtopen malého výkonu v těžko dostupných regionech na 3000 MW_t do roku 2010. Jiné státy RVHP zájem o jaderné výtopny neprojevaly.

Výstavba prvního bloku byla plánována ve městě Plzeň s ohledem na situaci se zásobováním teplem a tradici jaderného průmyslu. Jaderná výtopna AST-200 však nebyla realizována zejména s ohledem na změnu politické situace po roce 1989, dalším důvodem bylo pravděpodobně ukončení projektu AST-500 v SSSR, jaderná výtopna AST-200 byla konstruována se speciálním palivem stejně jako AST-500 a AST-30.

Zdroj: [112], [106] (celá kapitola)

8.3.3 Jaderná výtopna ŠKODA - SIEMENS NHR-200

Ve spolupráci firem ŠKODA a SIEMENS byl v dubnu roku 1991 dokončen návrh jaderné výtopny ŠKODA SIEMENS NHR-200. Bylo předpokládáno, že jaderná výtopna v Plzni bude prototypovým zařízením pro Československo i SRN. Jednalo se o technologii integrálního „polovarného“ reaktoru s přirozenou cirkulací chladiva primárního okruhu a 5ti bariérami ochrany do hloubky. Reaktor byl navržen na bázi varného reaktoru s integrovanými výměníky tepla, integrovaným kompenzátorem objemu, hydraulickými pohony regulačními tyčemi a rekombinátory vodíku v tlakové nádobě reaktoru. Jaderná výtopna měla 3 hydraulické okruhy, sekundární okruh byl vložen za účelem oddělení primárního a terciálního hydraulického okruhu a tedy ochrany odběratelů tepla, stejně jako u reaktoru AST-500, AST-200 a NHR-5. Havarijní dochlazování reaktoru bylo uskutečňováno přirozenou cirkulací jak na primární tak sekundární straně výměníku tepla I./II. okruhu. Odvod tepla do atmosféry byl v případě havarijní události navržen pasivním principem 3 na sobě nezávislými okruhy výměníků voda(pára)/vzduch uváděnými do provozu otevřením ventilů s motorickými pohony. Doba chlazení bez zásahu obsluhy nebyla zjištěna, je však předpokládáno, že byla neomezená.

Jaderná výtopna NHR-200 byla navržena k pokrytí 81,3 % spotřeby tepla v roce 1996 a 69,1 % tepla v roce 2010 s předpokládaným rozvojem sítě CZT a navýšení odběru tepla. Hodnota 81,3 % se jeví zejména pro jadernou teplárnu s jedním blokem velmi vysoká, zejména v porovnání s BACT, kde dimenzování bylo přiměřené technickému řešení. Výkon 200 MW_t byl dle studie proveditelnosti [80] stanoven na základě vyhodnocení potřeby sítě CZT v Plzni s uvažováním jejího budoucího rozvoje, nicméně i pokrytí 69,1 % je v porovnání s BACT neúměrně vysoké a dle názoru autora vedlo k problému s nerovnoměrným vyhořením paliva.

Při návrhu jaderné výtopny bylo využito standartní jaderné palivo běžně užívané ve velkých jaderných blocích, což je z dnešního pohledu nespornou výhodou.

Bylo vyhodnoceno 5 potenciálních lokalit pro stavbu jaderné výtopny:

- 1) Zábělá
- 2) Chrást
- 3) Chlum
- 4) Dýšina
- 5) Přívětice u Radnic (neověřená informace)

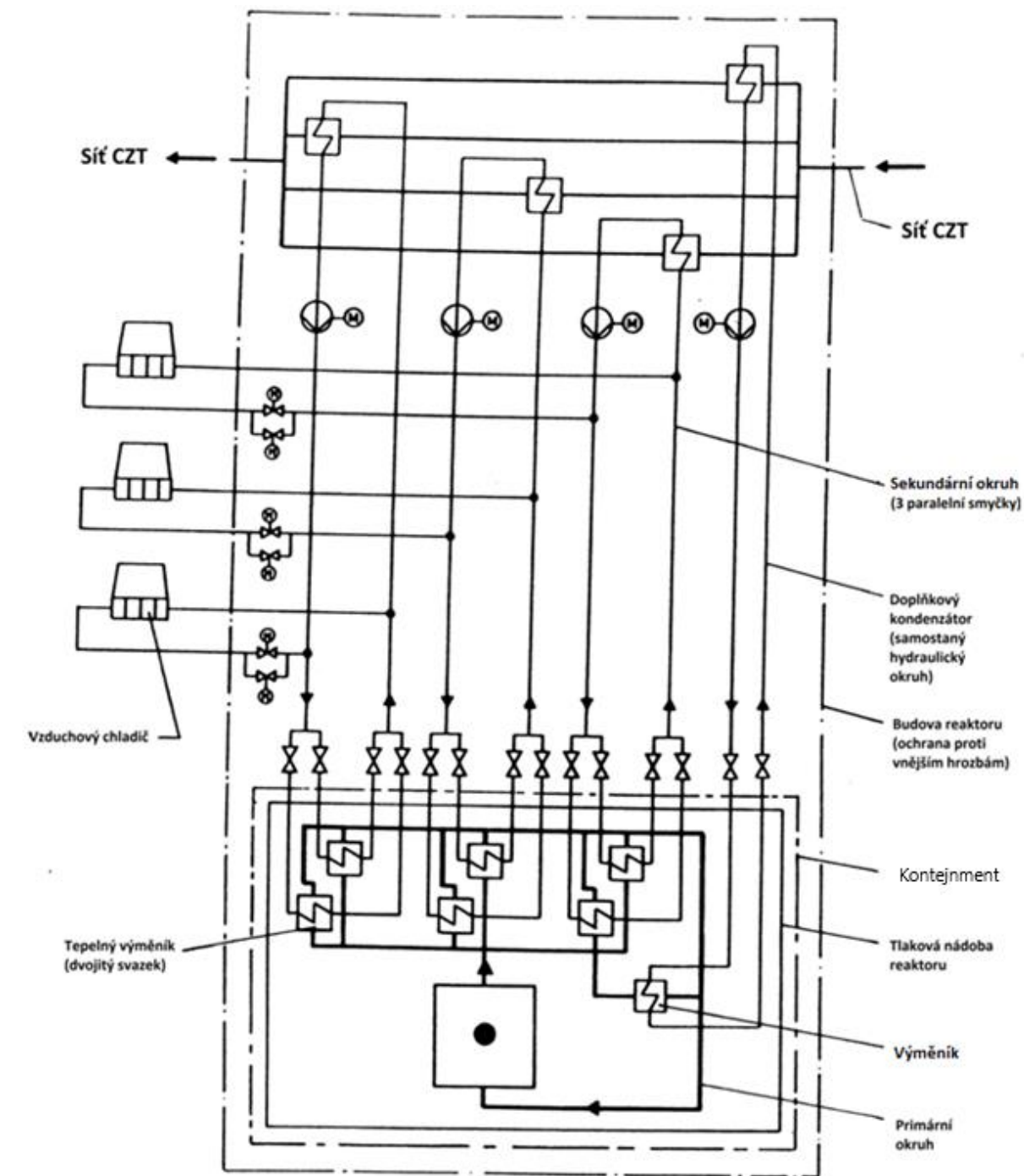
Dle neověřených informací jsou stále v územním plánu těchto obcí lokality pro malý jaderný zdroj tepla rezervovány.

Tabulka 48: Technické parametry jaderné výtopny ŠKODA - SIEMENS NHR-200

Tepelný výkon	200 MW _t
Počet bloků	3
Obohacení paliva	<5 %
Střední vyhoření paliva	33 GWd/t (uvažováno navýšení až na 40 MWd/t)
Tlak v primárním okruhu	1,5 MPa
Výstupní / Vstupní teplota do I. okruhu	198/158 °C
Hmotnostní průtok I. okruhem	1030 kg/s
Počet palivových článků	180
Účinná délka palivových článků	2,35 m
Celková teplosměnná plocha AZ	964,4 m ²
Střední hustota tepelného toku	19,9 W/m ²
Střední hustota výkonu	20 kW/l
Střední obsah parních bublin na výstupu z AZ	26 %
Střední výkon palivového článku	76,9 W/m
Vstupní a výstupní teplota II. okruhu	100/165 °C
Hmotnostní průtok II. okruhu	720 kg/s
Vstupní a výstupní teplota III. síťového okruhu	70/120 °C
Hmotnostní průtok III. síťového okruhu	951 kg/s

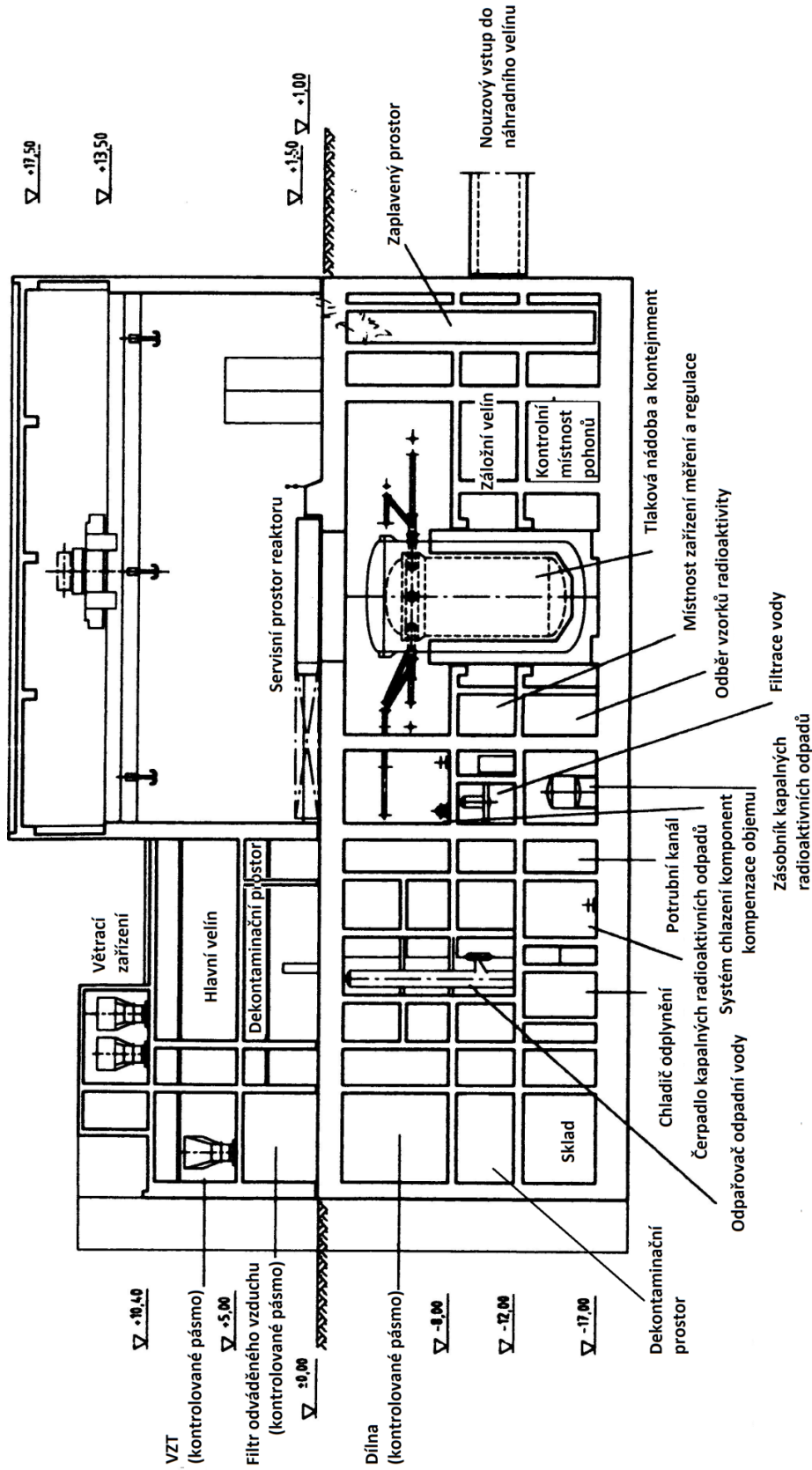
Zdroj: [30]

Obrázek 70: Tepelné schéma jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200



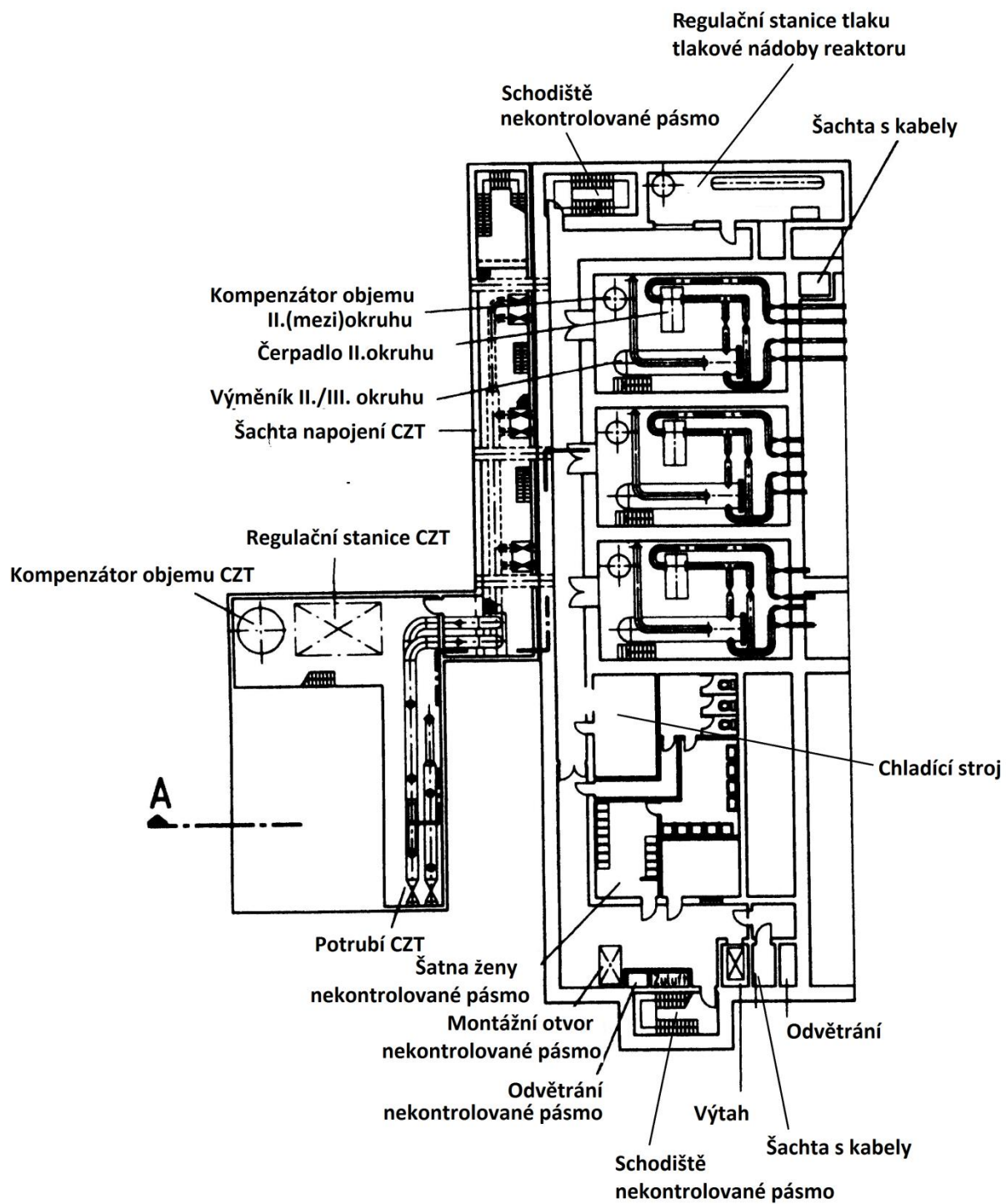
Zdroj: [30]

Obrázek 73: Jaderná výtopna ŠKODA-SIEMENS NHR-200 řez II



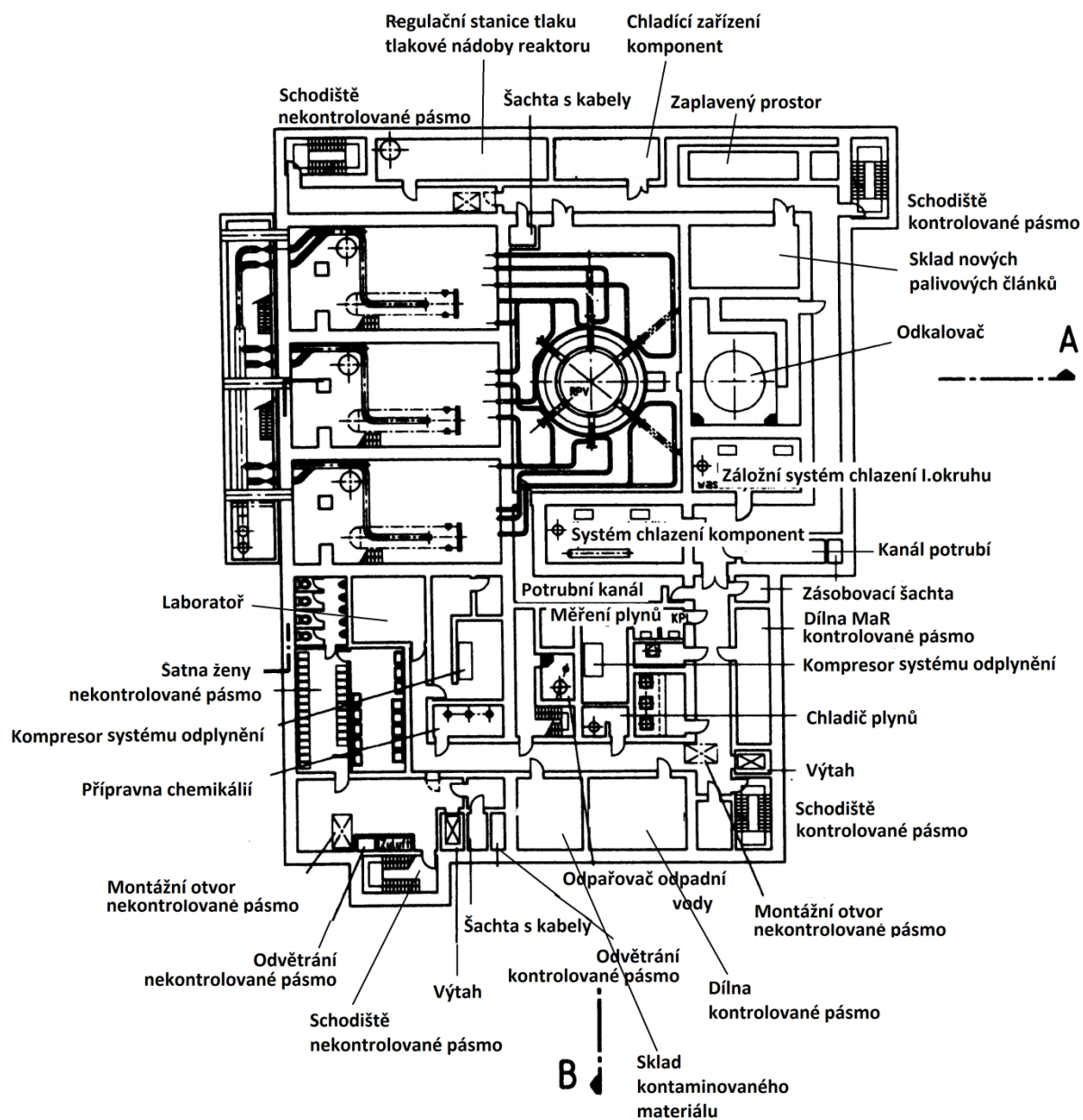
Zdroj: [30]

Obrázek 74: Jaderné výtopna ŠKODA-SIEMENS NHR-200 půdorys -4,50m



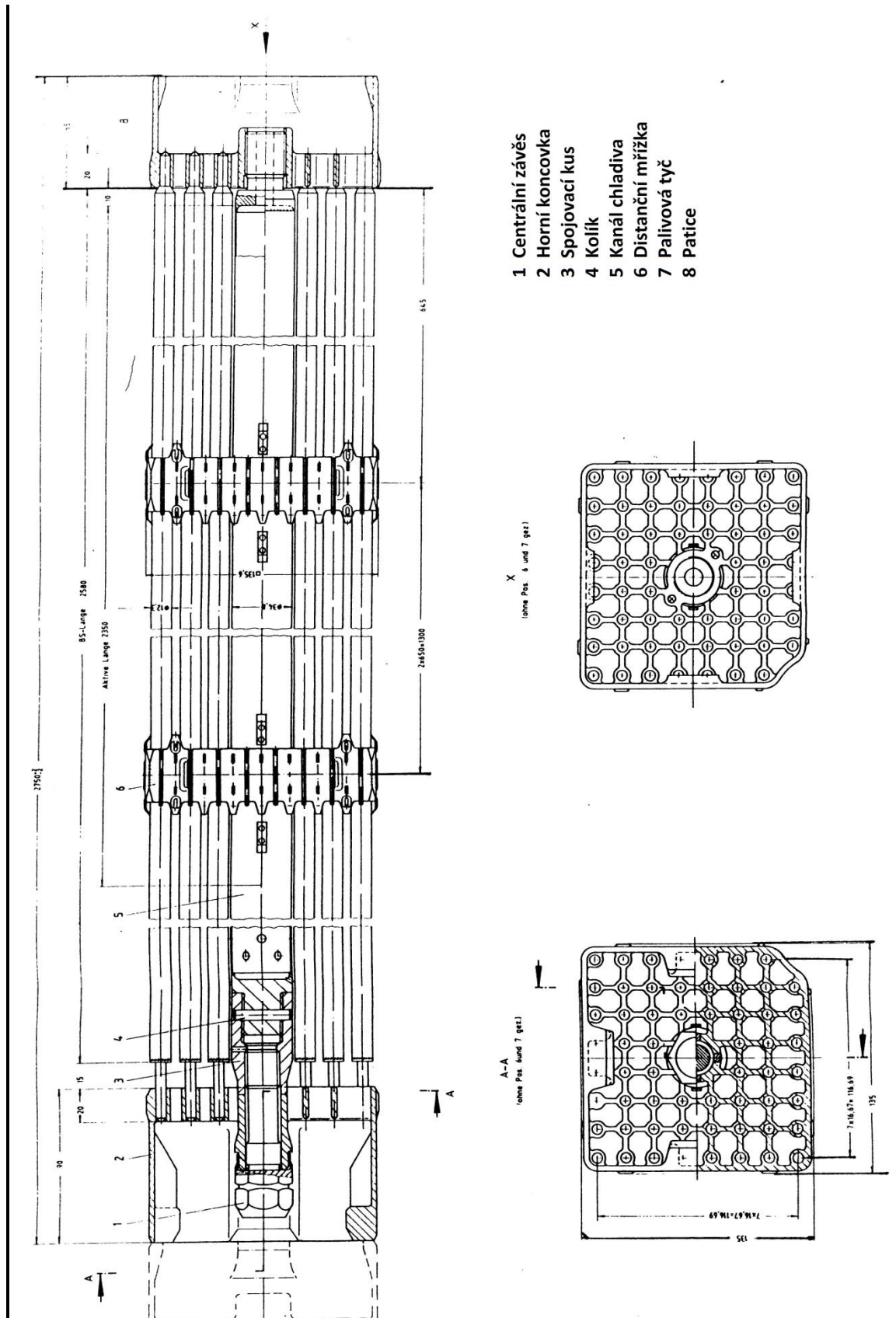
Zdroj: [30]

Obrázek 75: Jaderné výtopna ŠKODA-SIEMENS NHR-200 půdorys -8m



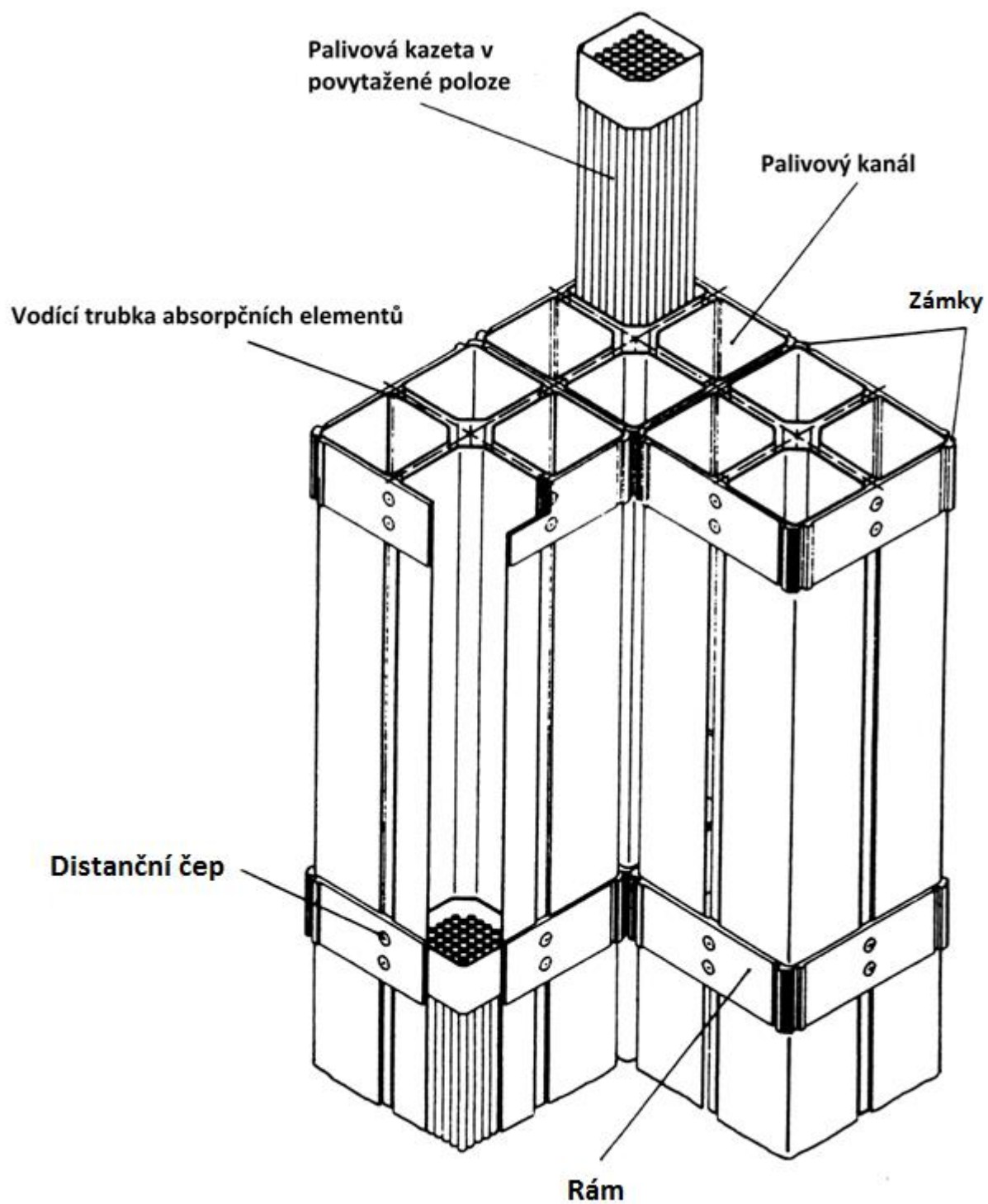
Zdroj: [30]

Obrázek 76: Palivová kazeta jaderné výtopy ŠKODA-SIEMENS NHR-200



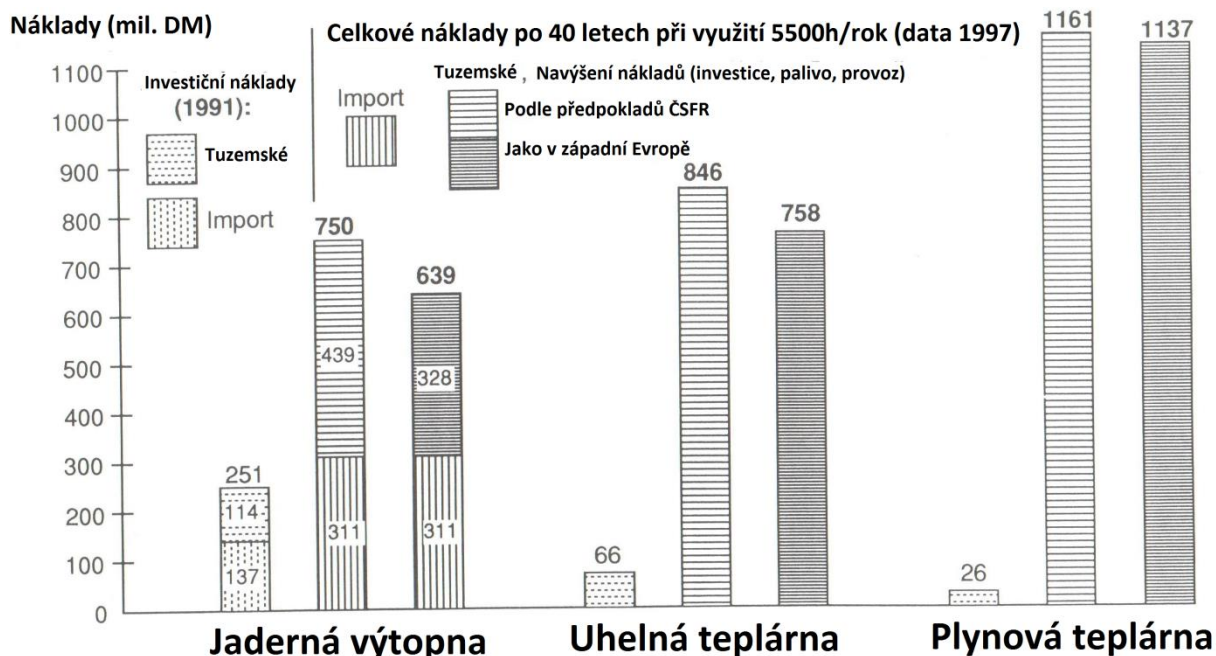
Zdroj: [30]

Obrázek 77: Aktivní zóna jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200



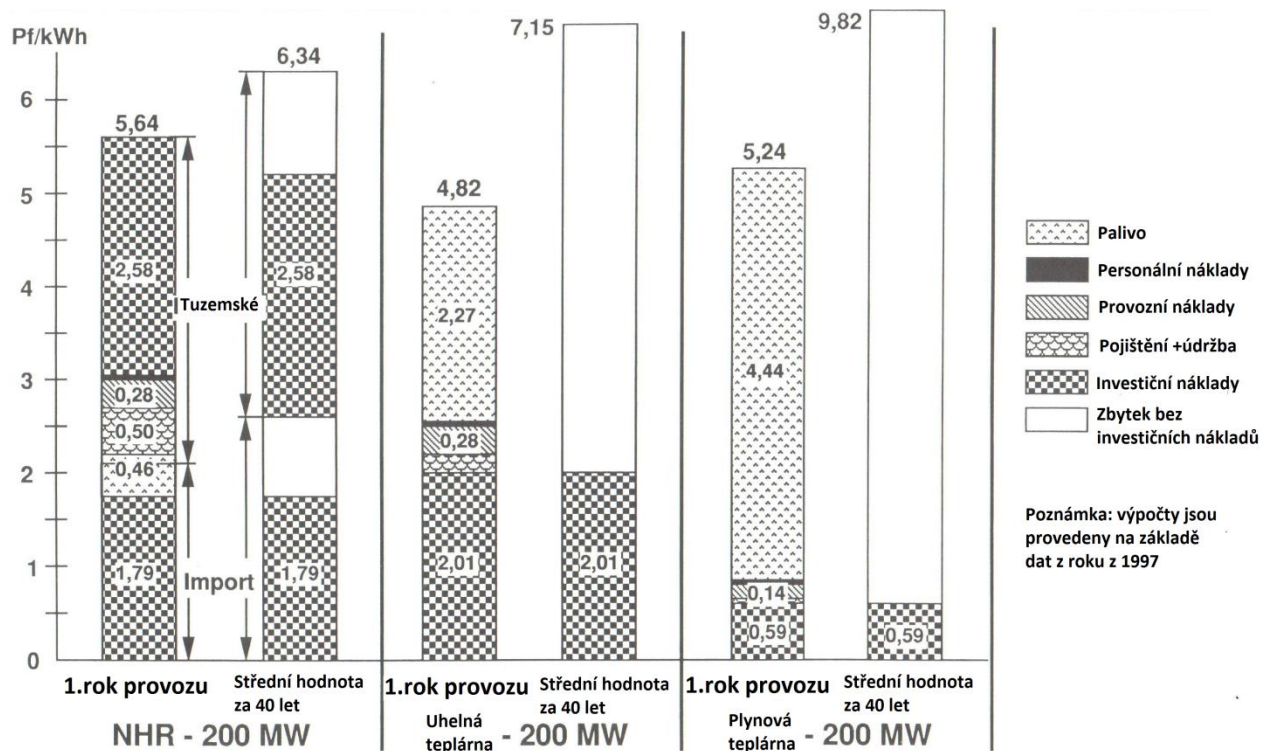
Zdroj: [30]

Obrázek 79: Porovnání investičních nákladů rozdílných zdrojů tepla a NHR-200



Zdroj: [30]

Obrázek 80: Náklady na výrobu tepla při využití 5500 h/rok a jejich skladba



Zdroj: [30]

Obrázek 82: Česko-německé jednání mezi konsorciem zpracování návrhu jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200 pro město Plzeň v roce 1991 při předání Studie proveditelnosti na magistrátu města Plzně



Obrázek 83: Ředitel Odboru nových reaktorů firmy SIEMENS Dr. Schulz předává primátoru města Plzně Prof. Mračkovi Studii proveditelnosti jaderné výtopny ŠKODA SIEMENS NHR-200



Obrázek 84: Studie proveditelnosti jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200



Zdroj: [104] obrázek 80 až obrázek 82

Návrh jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200 byl z dnešního pohledu neobvyklý svou koncepcí integrálního "polovarného" reaktoru. Velkou výhodou z dnešního pohledu oproti reaktoru AST-200 je využití standartního jaderného paliva užívaného u velkých bloků. Reaktor měl moderní integrální design s pěti bariérami ochrany do hloubky odpovídající dnešním SMR, všechny komponenty byly integrovány přímo do tlakové nádoby reaktoru. Takové řešení je velmi elegantní, ovšem integrace kompenzátoru objemu do tlakové nádoby reaktoru přináší i možné provozní problémy a takové řešení je prozatím v neodzkoušené, pokud nebylo provozováno u vojenských aplikací. Kontejnment byl na rozdíl od AST-200 navržen bez netěsnosti s integrovanými pohony SKŘ. Neobvyklým bylo nejen "polovarné" provedení, ale i havarijní chlazení, které nebylo, tak jako u jiných projektů uskutečňováno zásobou vody v nádrži, ale přímo výměníky ochlazovanými vzduchem s přirozenou cirkulací v I. i II. okruhu. Doba chlazení bez zásahu obsluhy nebyla zjištěna, je však předpokládáno, že byla neomezená. Systém havarijního chlazení byl uváděn do provozu ventily s motorickými pohony. Jaderná výtopna s reaktorem NHR-200 byla dle názoru autora pro Plzeň významně předimenzována což by se negativně projevilo v nerovnoměrném vyhoření paliva. V SSSR byla jaderné výtopny navrhovány pro pokrytí cca 1/3 tepla, zatímco NHR-200 předpokládal pokrytí až 3/4 spotřeby tepla. Důvodem mohla být snaha společnosti SIEMENS, případně i ŠKODA odzkoušet v Plzni prototyp vhodný svým výkonem i pro jiná větší města. Z dnešního pohledu by se k projektu jaderné výtopny HHR-200 bylo po technické stránce možné s úpravami projektu opět vrátit, nicméně by nebylo možné využitím tohoto projektu dosáhnout vytýčeného cíle.

8.3.4 Dílčí závěr kapitoly 8.3

První úvahy o využití malých jaderných zařízení pro teplofikační účely proběhly v Československu již v 60. letech, kdy byly rozpracovány v závodech V. I. Lenina (dnes ŠKODA) 2 studie jaderné teplárny pro Město Plzeň s využitím experimentálního a energetického reaktoru.

Na konci osmdesátých let dvacátého století byl ve spolupráci firem VNIIAM a ŠKODA rozpracován návrh jaderné výtopny AST-200 s tlakovodním reaktorem v integrálním provedení, nízkými parametry chladiva, pasivními prvky bezpečnosti a 5ti bariérami ochrany do hloubky. Předpokládáno bylo provedení o 3 blocích a využití v dalších zemích RVHP. Projekt AST-200 vycházel ze sovětského projektu jaderné výtopny AST-500.

Na začátku devadesátých let byl ve spolupráci firem ŠKODA – SIEMENS rozpracován projekt jaderné výtopny NHR-200. Bylo předpokládáno jednoblokové provedení a výstavba prototypového zařízení ve městě Plzeň, která by sloužila jako prototyp pro ČSFR I SRN. Jaderná výtopna NHR-200 měla polovarný tlakovodní reaktor v integrálním provedení, nízkými parametry chladiva, pasivními prvky bezpečnosti a 5ti bariérami ochrany do hloubky. Využito bylo standartní jaderné palivo z velkých jaderných bloků.

Zatímco v SSSR byly jaderné výtopny AST 500 se dvěma bloky dimenzovány pro pokrytí spotřeby tepla 29 %, v Československu byla jaderná výtopna ŠKODA-SIEMENS navržena v jednoblokovém provedení pro pokrytí 3/4 spotřeby tepla. Stejně tomu evidentně bylo také pro město Plzeň u projektu AST-200, ačkoli koncept jaderné výtopny AST-200 byl navržen se třemi bloky. Lze se tedy domnívat, že svým jmenovitým výkonem byly jaderné výtopny AST-200 a NHR-200 pro české teplárenství významně předdimenzované, což by v případě jejich realizace vyvolalo problém s nerovnoměrným vyhořením paliva.

Z dnešního pohledu by se po technické stránce bylo možné vrátit k projektu jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS NHR-200, což by však nevedlo k dosažení vytyčených cílů a neodpovídalo potřebám českého teplárenství. Využití některého z historických projektů malých jaderných zařízení v Československu bylo vyloučeno.

8.4 Současné projekty malých jaderných zařízení ve světě a jejich využitelnost v teplárenství ČR

8.4.1 Definice SMR a účelné zaměření této technologické cesty

Pro dělení reaktorů dle výkonu neexistuje jednotná metodika. V tabulce 49 je uvedeno dělení dle IAEA a US DOE.

Tabulka 49: Rozdělení reaktorů dle výkonu

	IAEA	US DOE
Mini-reaktory	Nejsou definovány	Do 50 MW _e Do 250 MW _t
Malé reaktory	Do 300 MW _e	Do 1000 MW _t

Střední reaktory	300-700 MW _e	1000-2000 MW _t
Velké reaktory	Nad 700 MW _e	Nad 200 MW _t

Zdroj: [17]

Uplatnění SMR bylo primárně předpokládáno při výrobě elektrické energie a tepla v odlehlých oblastech a rozvojových zemích bez rozvinuté infrastruktury, dále při výrobě procesního tepla a odsolování mořské vody, ale také pro pohon ledoborců. Nabízí se však otázka, za by některý z projektů bylo možné využít, případně přizpůsobit potřebám českého teplárenství. Za tím účelem byl vypracován přehled projektů SMR ve vysokém stupni technického rozpracování, který je uveden v tabulce 50.

8.4.2 Přehled systémů SMR ve světě po roce 2000

Tabulka 50: Lehkovodní SMR s produkcí elektrické energie

Název	Výkon	Společnost	Země	Provedení	Konvekce
ELENA	3,3 MW _t /0,07 MW _e	RRC KI	RUSKÁ FEDERACE	I	Přirozená
SHELF	28 MW _t /6 MW _e	RIPE	RUSKÁ FEDERACE	I	Nucená
UNITERM	30 MW _t /6,6 MW _e	RIPE	RUSKÁ FEDERACE	I	Přirozená
ABV-6M	38 MW _t /8,6 MW _e	OKBM AFRIKANTOV	RUSKÁ FEDERACE	I	Přirozená
CAREM	100 MW _t /27 MW _e	CNEA	ARGENTINA	I	Přirozená
FBNR	134 MW _t /72 MW _e	FURGS	BRAZÍLIE	I	Nucená
KLT-40S	150 MW _t /35 MW _e	OKBM AFRIKANTOV	RUSKÁ FEDERACE	M	Nucená
NUSCALE	165 MW _t /45 MW _e	NUSCALE POWER INC.	USA	I	Přirozená
RITM-200M	165 MW _t /45 MW _e	OKBM AFRIKANTOV	RUSKÁ FEDERACE	I	Přirozená
ACP 100	310 MW _t /100 MW _e	CNNP& GUODIAN	ČLR	I	Nucená
SMART	330 MW _t /100 MW _e	KAERI	JIŽNÍ KOREA	I	Nucená

mPOWER	500 MW _t /180 MW _e	BABCOCK AND WILCOX	USA	I	Přirozená
FLEXBLUE	530 MW _t /160 MW _e	DCNS	FRANCIE	I	Nucená
VK-300	750 MW _t /250 MW _e	RDIPE	RUSKÁ FEDERACE	I	Přirozená
WESTINGHOUSE SMR	800 MW _t /225 MW _e	WESTINGHOUSE	USA	I	Přirozená
DMS	840 MW _t /300 MW _e	Hitachi - GE Nuclear Energy	JAPONSKO	I	Přirozená
VVER-300	850 MW _t /300 MW _e	OKBM GIDROPRESS	RUSKÁ FEDERACE	N	Nucená
VBER-300	150 MW _e 250 MW _e 917 MW _t /325 MW _e 460 MW _e 600 MW _e	OKBM AFRIKANTOV	RUSKÁ FEDERACE	M	Nucená
CNP-300	999 MW _t /325 MW _e	CNNC	ČLR	N	Nucená
IMR	1000 MW _t /350 MW _e	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES	JAPONSKO	I	Přirozená
IRIS	1000 MW _t /335 MW _e	IRIS	MEZINÁRODNÍ KONSORCIUM	I	Přirozená

Tabulka 51: Lehkovodní SMR bez produkce elektrické energie

Název	Výkon	Společnost	Země
MASTER	1-30 MW _t	IATE	RUSKÁ FEDERACE
RUTA-70	70 MW _t	NIKIET	RUSKÁ FEDERACE
AST-500	100-500 MW _t	ROSATOM	RUSKÁ FEDERACE
DHR-400	400 MW _t	CNNC	ČLR

Tabulka 52: Těžkou vodou moderované SMR

Název	Výkon	Společnost	Země
-------	-------	------------	------

PHWR-220	755 MW _t /236 MW _e	NPCIL	INDIE
AHWR300-LEU	920 MW _t /304 MW _e	BARC	INDIE
EC6	2084 MW _t /740 MW _e	AECL	KANADA

Tabulka 53: Plynem chlazené SMR

Název	Výkon	Společnost	Země
Xe-100	100 MW _t /35 MW _e	X-Energy	USA
HTMR-100	100 MW _t	STL	JAR
MHR-100	215 MW _t /87 MW _e	OKBM Afrikantov	RUSKÁ FEDERACE
PBMR-400	400 MW _t /165 MW _e	PBMR Pty	JAR
HTR-PM	500 MW _t /211 MW _e	TSINGHUA UNIVERSITY	ČLR
EM²	500 MW _t /240 MW _e	GENERAL ATOMICS	USA
GT-MHR	600 MW _t /285 MW _e	GENERAL ATOMICS	USA
GT-HTR300	600 MW _t /300 MW _e	JAPAN ATOMIC ENERGY AGENCY	JAPONSKO
GT-MHR	600 MW _t /285 MW _e	OKBM Afrikantov	RUSKÁ FEDERACE
MHR-T	600 MW _t /205,5 MW _e	OKBM Afrikantov	RUSKÁ FEDERACE
SC-HTGR (Antares)	625 MW _t /272 MW _e	AREVA	FRANCIE

Tabulka 54: Tekutými kovy chlazené SMR

Název	Výkon	Společnost	Země
4S	30 MW _t /10 MW _e	TOSHIBA	JAPONSKO
CEFR	65 MW _t /20 MW _e	CNEIC	ČLR
HPM	70 MW _t /25 MW _e	HYPERION POWER GENERATION INC.	USA
Leadir-PS100	100 MW _t /36 MW _e	NORTHERN NUCLEAR	KANADA
SVBR-100	280 MW _t /101 MW _e	AKME ENGINEERING	RUSKÁ FEDERACE
PRISM	471 MW _t /155 MW _e	GE-HITACHI	USA

BREST-OD-300	700 MW _t /300 MW _e	RDIFE	RUSKÁ FEDERACE
PFBR-500	1250 MW _t /500 MW _e	IGCAR	INDIE

Tabulka 55: SMR na bázi reaktorů s roztavenými solemi

Název	Výkon	Společnost	Země
Fuji MSR	450 MW _t /200 MW _e	ITHMSI	JAPONSKO - RUSKÁ FEDERACE - USA
Integral Molten Salt Reactor	450 MW _t /192 MW _e	TERRESTRIAL ENERGY	KANADA
MSTW	750 MW _t /300 MW _e	MOLTEX ENERGY	VELKÁ BRITÁNIE
ThorCon	557 MW _t /250 MW _e	MARTINGALE	MEZINÁRODNÍ KONSORCIUM
Stable Salt Reactor	750 MW _t /300 MW _e	MOLTEX ENERGY	VELKÁ BRITÁNIE
SmAHTR	125 MW _t /?? MW _e	ORNL	USA
Liquid Fluoride Thorium Reactor	600 MW _t /250 MW _e	FLIBE ENERGY	USA
Mk1 PB-FHR	236 MW _t /100 MW _e	UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY	USA
ENERGY WELL	20 MW _e	ÚJV ŘEŽ	ČR

Zdroj: [106, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 155]

8.4.3 RITM-200M (ROSATOM, Ruská federace)

Bylo zjištěno, že s velkou mírou pravděpodobnosti je vhodným reaktorovým systémem pro české teplárenství, splňujícím stanovená kritéria, reaktorový systém RITM-200 viz. obrázek 85. Parametry reaktorového systému RITM-200M jsou uvedeny v tabulce 56, barevně zvýrazněny jsou hodnoty přepočtené dle tabulky 36 a tabulky 37 pro 1 blok RITM-200M tak, aby odpovídaly potřebě uhlíkově neutrálního mixu výroby elektrické energie a tepla v ČR k roku 2040. Lze však předpokládat, že reálně by byl stupeň využití každého bloku vyšší než předpokládaných 51 %, což představuje minimální hodnotu pro zajištění vyrovnané bilance výroby a spotřeby elektrické energie na úrovni ČR. Vhodné technické řešení sekundárního a terciálního okruhu by mělo být pro podmínky teplárenství navrženo na nominální parametry horkovodních sítí 165/70 °C, s možností odběru páry v případě potřeby.

Obrázek 85: Reaktor RITM-200



Tabulka 56: Parametry reaktoru RITM-200M

Konstrukční kancelář	OKBM Afrikantov (ROSATOM)
Typ reaktoru:	Tlakovodní reaktor
Provedení:	Integrovaný
Počet bariér ochrany do hloubky:	5
Pravděpodobnost radiační havárie bloku:	Menší než 10^{-7} /rok
Pravděpodobnost vážné havárie bloku:	Menší než 10^{-7} /rok
Chladivo/moderátor:	Lehká voda
Pracovní přetlak:	15,7 MPa
Výstupní teplota:	313 °C
Cirkulace I. okruhu:	Nucená 0-100 % výkonu (0-30 % přirozená při LOFA)

Tepelný výkon reaktoru:	165 MW _t
Elektrický výkon:	45 MW _e (kondenzační režim)
Rychlost změny výkonu:	0,1 %/s (0 až 100 % za 16,7 min.)
Váha zařízení v kontejneru:	1100 t
Rozměry zařízení v kontejneru:	6 m x 6 m x 15,5 m
Projektová životnost:	60 let
Palivo:	UO ₂
Obohacení paliva:	19,5 %
Množství paliva:	3500 kg
Průměrné vyhoření:	100 MWd/kg
Palivový cyklus:	6-10 let
Koeficient využití	90 %
Množství tekutých radioaktivních odpadů	40 m ³ / pal. cyklus (1x za 6 – 10 let)
Množství pevných radioaktivních odpadů	10 m ³ (1x za 20 let výměna parogenerátorů)
Doba výstavby:	3 roky
Stav:	Reaktor ve zkušebním provozu na ledoborci Arktika, je předpokládáno, že pevninská aplikace bude uvedena do provozu v roce 2027
Doplňující informace:	Předpokládáno 2 blokové provedení
Plocha areálu teplárny (předpoklad):	0,06 km ²
Odolnost proti zemětřesení:	0,1 g (projektové zemětřesení) 0,25 g (maximální projektové zemětřesení) Odolnost reaktoru 3 g umožňuje přizpůsobit projekt vyšším hodnotám zemětřesení dle potřeby zákazníka
Potenciál v ČR:	233 bloků

Střední celková výroba energie včetně ztrát:	2,65 PJ/rok blok 0,0307 TWd/rok
Střední výroba dálkového tepla:	431 TJ/rok blok
Střední výroba el. energie technologií KVET:	34,3 GWh/ rok blok
Střední výroba el. energie v kondenzačním režimu provozu:	169,5 GWh/rok blok
Střední výroba odpadního tepla:	1,4 PJ/rok blok
Využití celkového jmenovitého výkonu:	51 %/blok
Střední doba palivové kampaně:	11,4 roku/blok

Zdroj: [113], [119] vlastní výpočet autora

Je předpokládáno, že v rámci uhlíkově neutrálního mixu výroby elektrické energie a tepla ČR by jaderné teplárny zajišťovaly stabilitu přenosové sítě elektrického napětí s využitím akumulační schopnosti sítí CZT. To by sekundárně vedlo ke snížení nákladů na výrobu tepla. V případě teplárenského provozu je zásadním požadavkem maximální délka palivové kampaně, spolehlivost, minimální nároky na obsluhu a servis zařízení, vysoká rychlost změny výkonu, manévrovatelnost, možnost odstavení zařízení a neomezená doba bez zásahu obsluhy v případě havarijní události. Bylo zjištěno, že požadavky na vlastnosti reaktorového systému vhodného pro české teplárenství se prakticky shodují s vlastnostmi reaktorového systému pro pohon ledoborců s palivem o obohacení 19,5 % a vyhořením 100 MWd/t, kterým se reaktorový systém RITM-200M odlišuje od konkurenčních reaktorových systémů se standardním palivem o obohacení 5 % o vyhoření cca 55 MWd/kg (předpoklad stejné vyhoření jako pro reaktor VVER) a svými parametry se RITM-200 přibližuje reaktorovým systémům IV. generace. V podmínkách ČR lze s využitím speciálního paliva o obohacení 19,5 % očekávat délku palivové kampaně 6 až 10 let a úsporu celkového množství vyhořelého paliva oproti reaktorovým systémům se standardním palivem o obohacení 5 %, ve výši 45 %, což významně snižuje nároky na skladování, manipulaci a transport vyhořelého jaderného paliva. Délka palivové kampaně také významně snižuje množství kapalných radioaktivních odpadů.

Reaktor RITM-200M návrhově vychází ze zkušeností z konstrukce a provozu civilních sovětských reaktorů pro pohon ledoborců OK-150 o výkonu 90MW_t, OK-900 o výkonu 159 MW_t a OK-900A o výkonu 171 MW_t. Pevninská aplikace byla primárně určena pro odlehlé oblasti Ruské federace.

Za výhodu je považováno využití nejen pasivních, ale také osvědčených aktivních prvků bezpečnosti, založených na principech používaných u velkých jaderných bloků typu VVER. Při posuzování otázek jaderné bezpečnosti lze využít zkušenosti z velkých jaderných bloků, což může významně usnadnit proces získání povolení k výstavbě a provozu a může zvýšit pravděpodobnost jeho kladného výsledku. Další výhodou je skutečnost, že reaktor RITM-

200M je již instalován v ledoborcích Arktika a Sibir. Uvedení do provozu první pevninské aplikace je sice předpokládáno až v roce 2027, v té době již však budou k dispozici reálné zkušenosti z provozu jaderného reaktoru z ledoborců, což opět zvyšuje pravděpodobnost kladného výsledku povoloovacího procesu teplárenského zařízení.

Reaktorový systém RITM-200M má integrální provedení a 5 bariér ochrany do hloubky. Od reaktorového systému AST-500, který měl rovněž 5 bariér ochrany do hloubky se odlišuje umístěním kompenzátoru objemu přímo do kontejnmentu. U většiny ostatních SMR tlakovodního typu v integrálním provedení je kompenzátor objemu zpravidla integrován přímo do tlakové nádoby reaktoru. Lze se domnívat, že technické řešení kompenzátoru objemu bylo zvoleno konzervativně s přihlédnutím ke zkušenostem s provozem reaktorových systémů pro ledoborce s ohledem na vyloučení provozních problémů, jak bylo předpokládáno také v případě reaktoru AST-200. Na rozdíl od reaktoru AST-500 s „vyneseným“ kompenzátozem objemu došlo u RITM-200M integrací kompenzátoru objemu přímo do kontejnmentu k řešení problematického prostupu potrubí kontejnmentem. Z veřejně dostupných podkladů není možné posoudit, zda kontejnment plní stejně jako v případě reaktoru AST-500 také funkci zachycení uvolněných částí tlakové nádoby reaktoru, nebo je zvětšení objemu důsledkem vyšších parametrů chladiva.

Slabinou technického řešení pasivního systému chlazení reaktoru RITM-200M, znázorněného na obrázku 86, je ztráta havarijního chlazení reaktoru pasivním systémem v případě porušení potrubí mezi parogenerátory a zásobníkem vody, jak vyplývá z obrázku 86. Stejný princip je ovšem použit nejen u historických projektů jako např. AST-500, ale také současných tlakovodních SMR s výjimkou SMR NuScale, kde je tato slabina elegantně odstraněna umístěním reaktorového modulu přímo do zásobníku s vodou, který je dle dostupných podkladů ohraničen přímo bazénem a stěnami nádoby, jak je znázorněno na obrázku 93, obrázku 94, obrázku 95, obrázku 96, obrázku 97 a obrázku 98. Slabinou tohoto technického řešení je ovšem současná ztráta 3 (ze 6ti) bariér ochrany do hloubky (budova reaktoru, zásobník vody, otevření ventilů mezi tlakovou nádobou reaktoru a kontejnmentem) a ztráta chlazení bez možnosti použití prvků aktivní bezpečnosti v případě porušení stěny budovy reaktoru a stěny bazénu. Taková situace může nastat nejen v důsledku teroristického činu, ale také například zemětřesení. V takovém případě je reaktorový modul ochlazován již jen přirozenou cirkulací vzduchu. Z dostupných podkladů však není možné blíže určit, zda je přirozená cirkulace vzduchu k odvedení zbytkového tepla reaktorových modulů dostatečná. Takové řešení není prozatím odzkoušené v praxi a může být komplikací procesu povolení k výstavbě a provozu (zejména jedná-li se o umístění v blízkosti aglomerace) a to v době, kdy řešení problému náhrady hnědého uhlí závisí zejména na rychlosti uvedení malých jaderných zařízení do provozu. Ačkoli má reaktorový systém RITM-200 o 1 bariéru ochrany do hloubky méně než reaktorový systém NuScale, v případě poškození budovy reaktoru ještě stále brání úniku radioaktivních produktů 4 bariéry ochrany do hloubky. V případě poškození pasivního systému odvodu zbytkového tepla, jsou stále u reaktorového systému RITM-200M k dispozici aktivní systémy havarijního dochlazování reaktoru.

Bylo zjištěno, že historické projekty jaderných výtopen byly, s ohledem na bezpečnost, konstruovány s přirozenou cirkulací chladiva primárního okruhu. Nepodařilo se však nalézt žádný funkční prototyp, s výjimkou jaderné výtopny s reaktorem NHR-5 a dle nepotvrzených informací také jaderné výtopny AST-30 (obě s nízkým výkonem). Reaktorový systém RITM-200 využívá při provozu nucenou cirkulaci chladiva primárního okruhu reaktoru a v případě havárie LOFA využívá přirozenou cirkulaci chladiva až do výkonu 30 %. Pokud budeme považovat

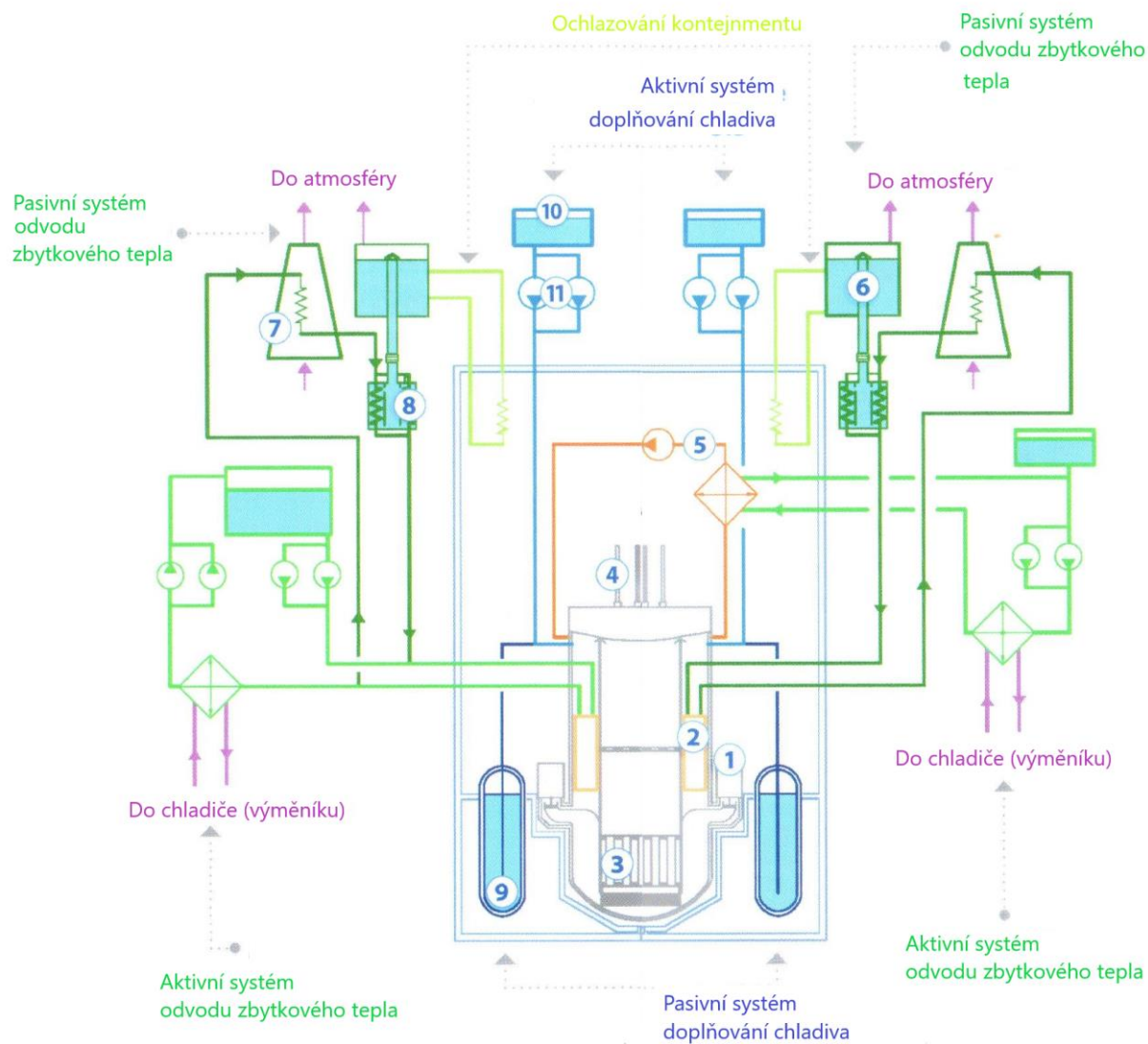
zastavení štěpné řetězové reakce pádem havarijních tyčí do AZ reaktoru za spolehlivé, pak výkon 30 % nemůže být překročen. Lze se tedy na základě dostupných informací domnívat, že reaktorový systém RITM-200M spojuje výhody nucené i přirozené cirkulace, tedy stabilitu proudění a dobrou regulovatelnost za běžného provozu a bezpečné uchlazení reaktoru přirozenou cirkulací v případě havárie LOFA. Sekundárně díky využití nucené cirkulace chladiva vychází menší rozměr tlakové nádoby reaktoru.

Český jaderný průmysl by se mohl podílet na přizpůsobení projektu reaktorového systému RITM-200M potřebám českého teplárenství, podmínkám atomového zákona a podílet se na výrobě, případně výrobu v licenci přímo zajistit v plném rozsahu.

Alternativou reaktoru RITM-200M pro zákazníky s požadavkem na přirozenou cirkulaci primárního okruhu je reaktorový systém ABV-6M o nižším jmenovitém výkonu, který však v dané chvíli existuje jen ve stupni projektu. Využití reaktorového systému ABV-6M by však ve větší míře znamenalo s ohledem na potřebu výkonu českého teplárenství nereálné množství jaderných zařízení.

Nabízí se samozřejmě otázka využití některého z projektů SMR IV. generace. Pro specifické potřeby teplárenství v českých klimatických podmínkách je ovšem těžko představitelné využití reaktorových systémů chlazených tekutými kovy nebo roztavenými solemi, které jsou navrženy pro nepřetržitý provoz po dobu palivové kampaně a vyžadují v případě odstavení zajištění externího ohřevu chladiva. Takové systémy mohou být vhodné pro arktické oblasti nebo specifické aplikace v průmyslu. Vhodný by svými vlastnostmi byl vysokoteplotní reaktor IV. generace chlazený plynem, kde však s ohledem na měrnou tepelnou kapacitu v úvahu připadá prakticky jen problematické helium. S ohledem na nevyhnutelnou potřebu řešení problému zajištění náhrady hnědého uhlí pro české teplárenství nejspíše do roku 2040 připadá v úvahu v současné chvíli jen tlakovodní reaktor.

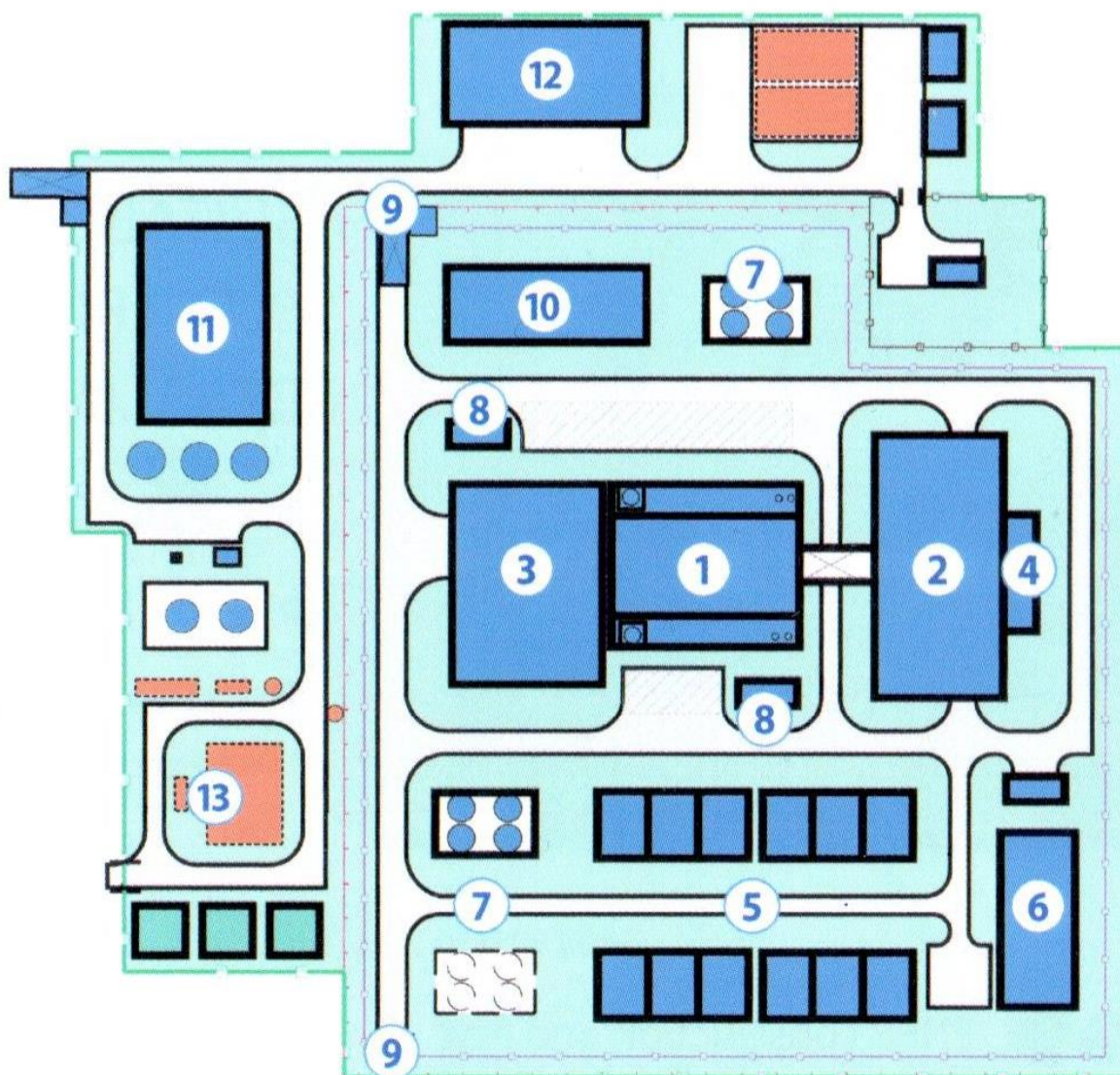
Obrázek 86: Schéma bezpečnostních systémů reaktoru RITM-200



1 — HCC; 2 — Integrovaný parogenerátor; 3 — AZ; 4 — SKŘ reaktoru; 5 — Okruh chemické úpravy kvality a čištění chladiva; 6 — Zásobníky vody; 7 — Výměník voda / vzduch; 8 — Výměník voda / voda; 9 — Hydraulické akumulátory; 10 — Zásobníky vody; 11 — Doplňovací čerpadla

Zdroj: [105]

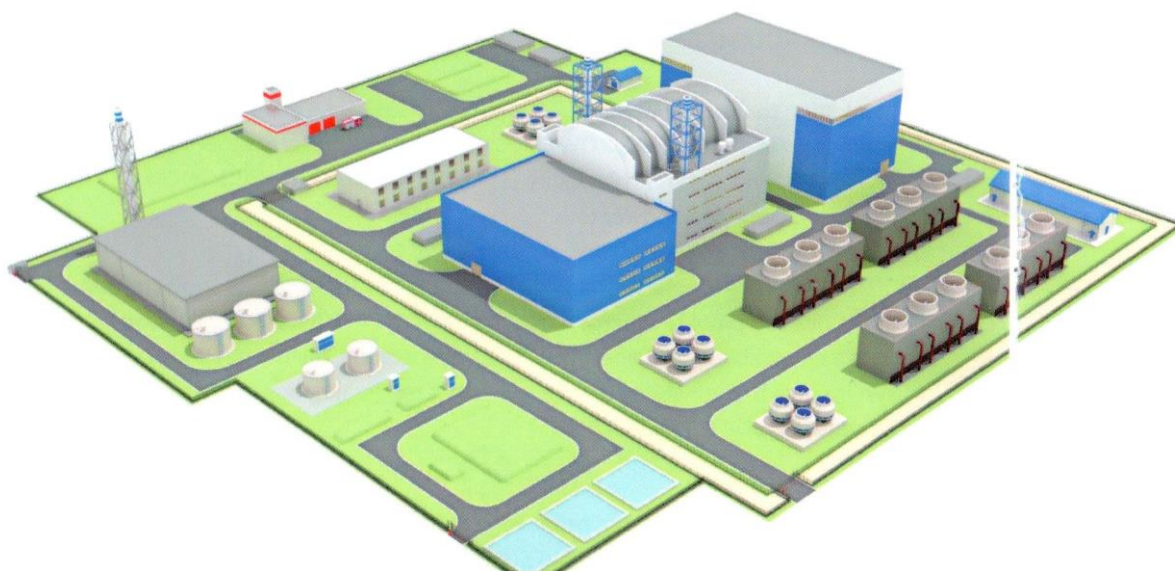
Obrázek 87: Půdorys areálu teplárny s reaktorem RITM-200



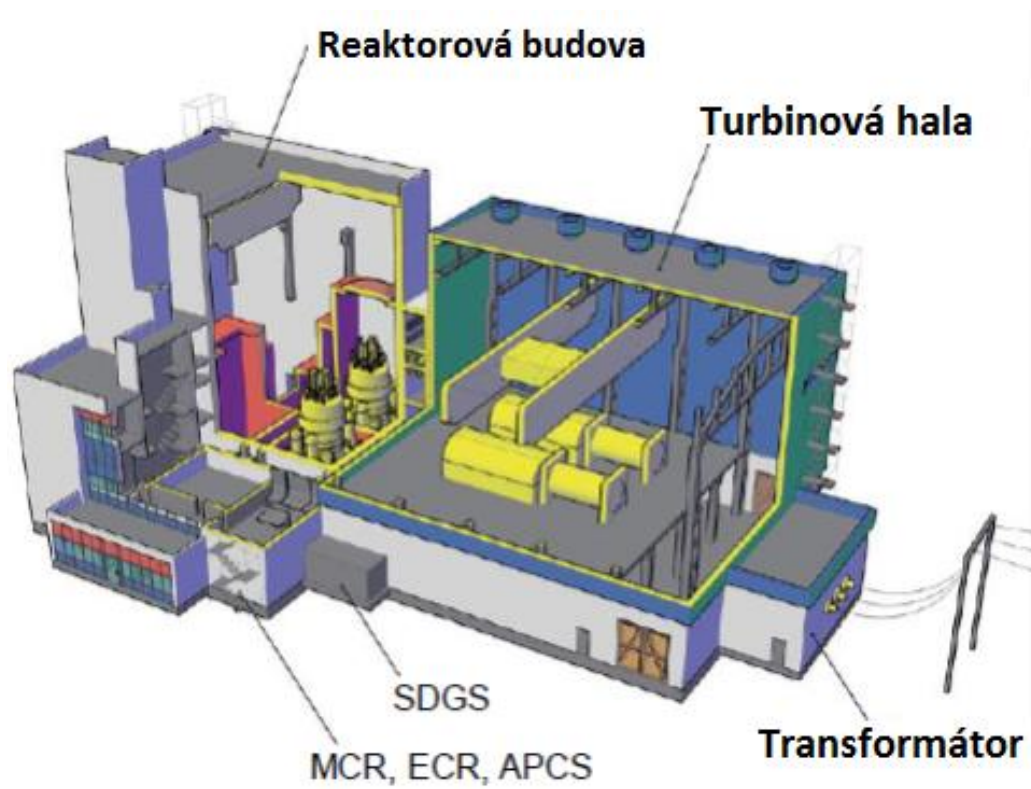
1— Budova reaktoru; 2 — Turbinová hala; 3 — Sklad radioaktivního materiálu; 4 — Rozvodna; 5 — Chladící věže; 6 — Čerpadla chladící vody; 7 — Chladící věže bezpečnostního chlazení; 8 — Záložní generátory; 9 — Bezpečnostní brána; 10 — Administrativní budova; 11 — Budova úpravny vody, 12— Požární stanoviště, 13 — Čistička odpadních vod

Zdroj: [105]

Obrázek 88: Vizualizace areálu teplárny s reaktorem RITM-200



Obrázek 89: Řez stavbou SMR RITM-200



Zdroj: [105]

Obrázek 90: Tlaková nádoba reaktoru RITM-200



Zdroj: [126]

Obrázek 91: Tlaková nádoba reaktoru RITM-200



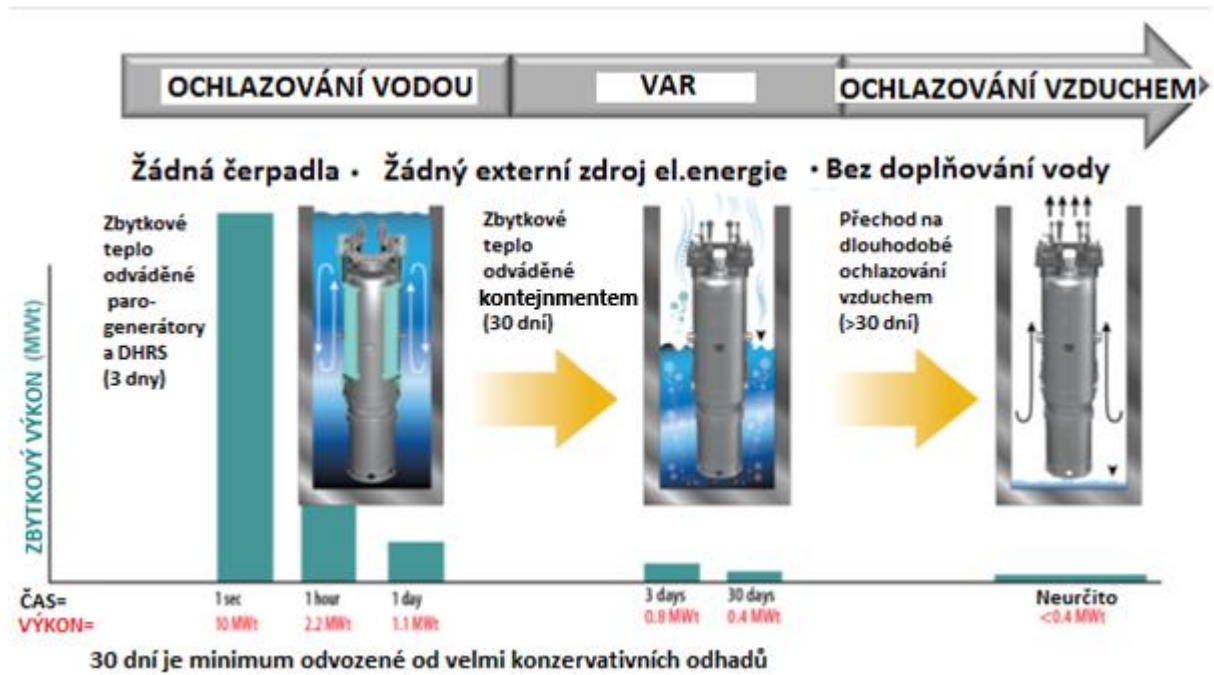
Zdroj: [125]

Obrázek 92: Ukládání reaktoru RITM-200 do ledoborce Arktika



Zdroj: [127]

Obrázek 93: Havarijní chlazení reaktoru NuScale - časový diagram



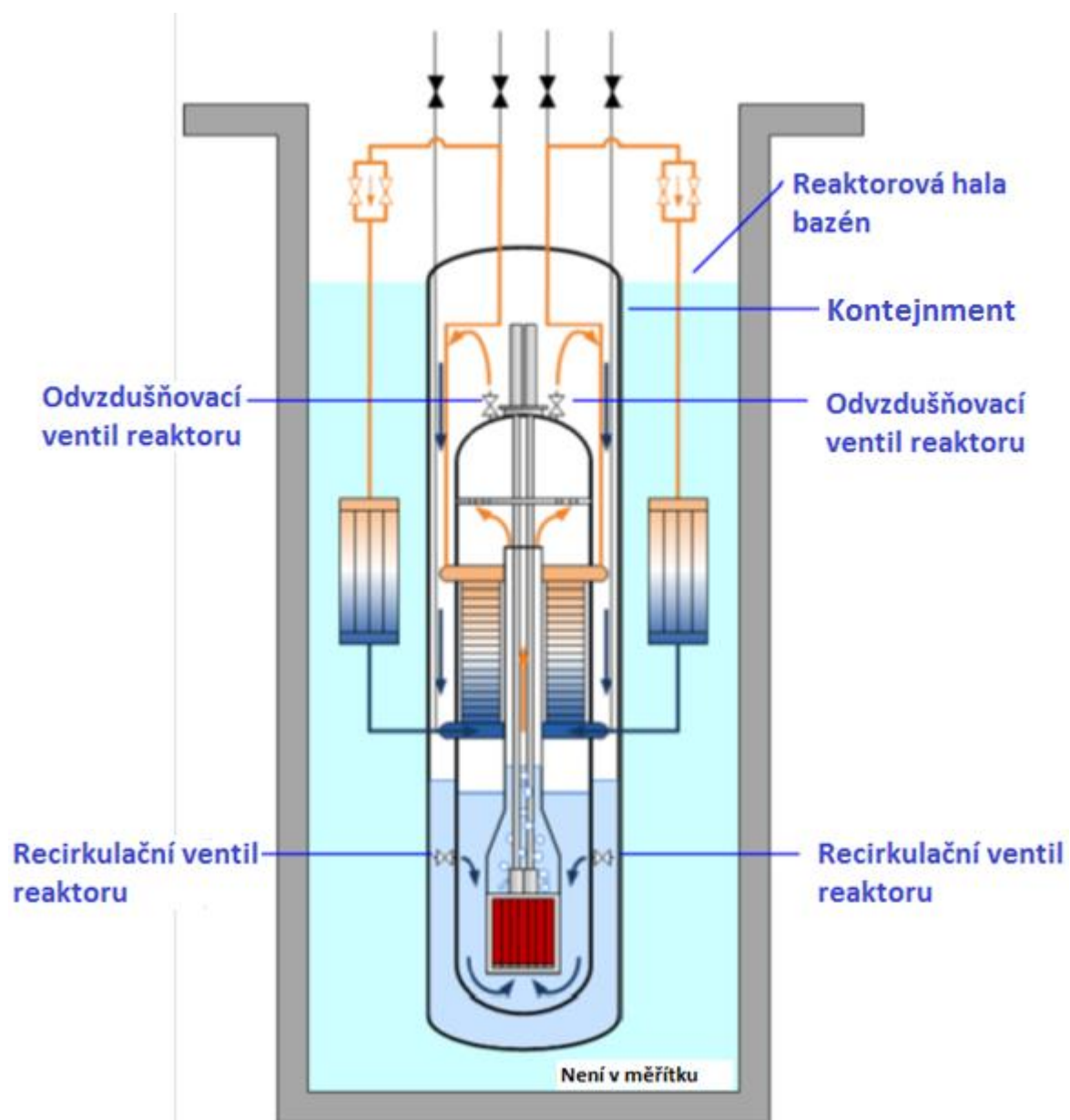
Zdroj: [128]

Obrázek 94: Ochrana do hloubky reaktorového systému NuScale



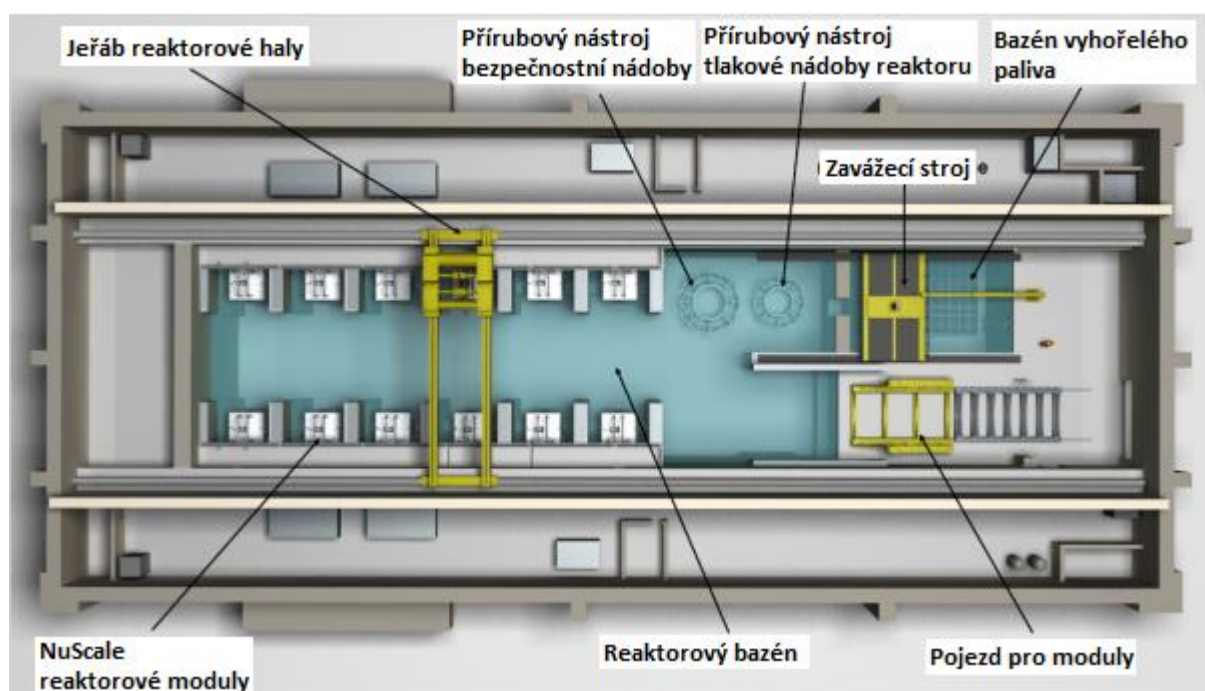
Zdroj: [128]

Obrázek 95: Systém havarijního chlazení reaktoru NuScale



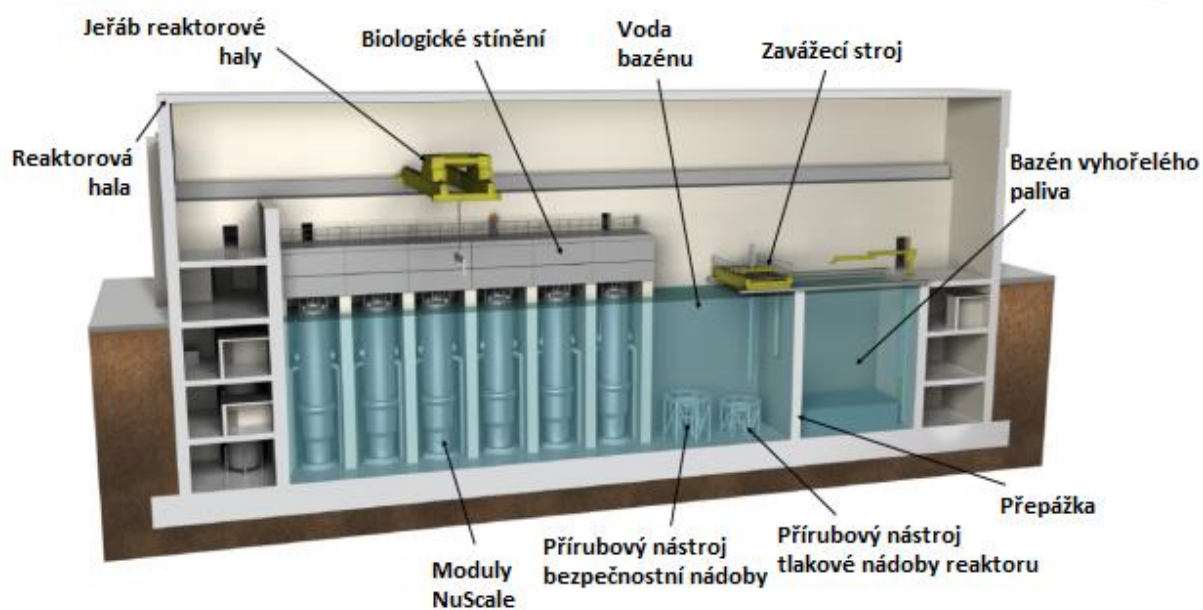
Zdroj: [128]

Obrázek 96: Uspořádání reaktorové haly NuScale



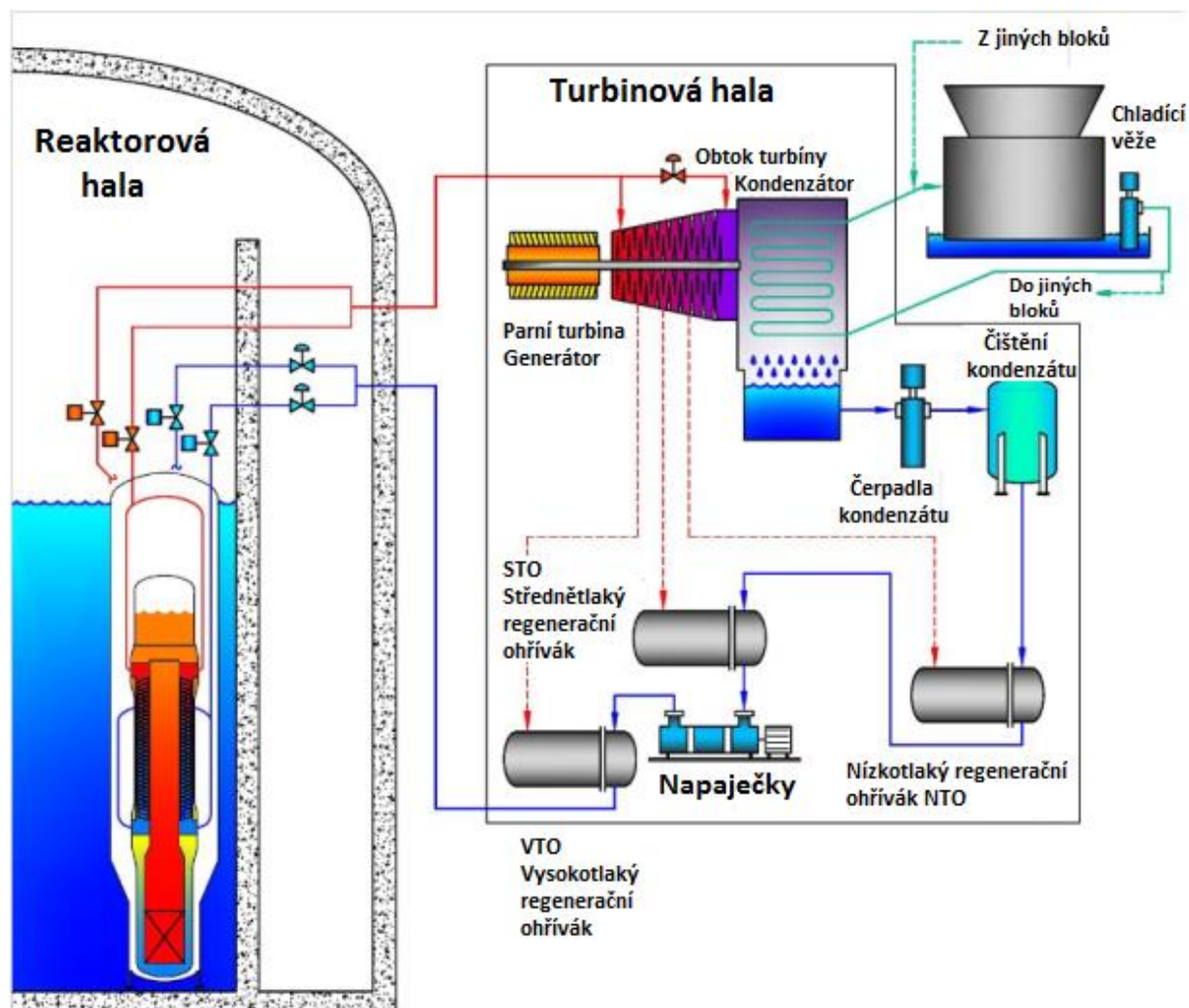
Zdroj: [128]

Obrázek 97: Uspořádání reaktorové haly NuScale



Zdroj: [128]

Obrázek 98: Hydraulické schéma NuScale



Zdroj: [128]

8.4.4 Potenciál českých firem

Česká republika má dlouhou tradici v oblasti strojírenského a jaderného průmyslu, disponuje rovněž vědeckými, konstrukčními a výzkumnými kapacitami. České firmy v oblasti jaderného průmyslu jsou sdruženy do aliance CPIA a jejich seznam je přílohou disertační práce č. 6.

Český jaderný průmysl se může podílet na výrobě a servisu malých jaderných zařízení s jaderným ostrovem s reaktorem RITM-200 a to primární, sekundární i terciální části. Konstrukční a projekční firmy by se mohly podílet na přizpůsobení projektu RITM-200, primárně určenému pro pohon ledoborců a pro odlehlé oblasti, potřebám českého teplárenství a normativním požadavkům atomového zákona a to zejména sekundární a terciální části.

8.4.5 Dílčí závěr kapitoly 8.4

Bylo zjištěno, že s velkou mírou pravděpodobnosti vhodným jaderným zařízením splňujícím stanovená kritéria, kterým by bylo možné řešit zajištění palivové základy českého teplárenství nejpozději do roku 2040, je dle dostupných informací reaktorový systém RITM-200M ve vysokém stupni rozpracování, určený primárně pro pohon ledoborců. Reaktor RITM 200 je provozován ve zkušebním režimu na ledoborci Arktika. Novým konstrukčním návrhem by s ohledem na potřebu řešení problému nejpozději do roku 2040 nebylo možné problém řešit. Byla tedy s vysokou mírou pravděpodobnosti potvrzena hypotéza, že vědecký úkol je projekční a nikoli konstrukční. Velkou příležitostí pro český energetický průmysl je nejen výroba reaktorového systému, ale také přizpůsobení podmínkám českého teplárenství, zejména pak sekundární a terciální části s využitím jaderného ostrova. Do roku 2030 by bylo možné pravděpodobně realizovat výstavbu několika reaktorů, do roku 2040 pak několika desítek reaktorů, což by vedlo k vyřešení náhrady hnědého uhlí a významnému zlepšení kvality životního prostředí v lokalitě Severních Čech. Konstrukčním úkolem však může být vývoj nového reaktorového systému IV. generace, který bude využitelný nejdříve po roce 2050. Perspektivním se s přihlédnutím ke specifickým požadavkům sektoru teplárenství jeví vysokoteplotní plynem chlazený reaktor, do kterého však vkládala velké naděje odborná veřejnost již před třiceti lety.

8.5 Dílčí závěr 8. kapitoly

Byla stanovena kritéria vhodného malého jaderného zařízení pro české teplárenství. Bylo zjištěno, že není možné využít žádný z historických projektů malých jaderných zařízení ve světě ani v Československu.

Bylo zjištěno, že s velkou mírou pravděpodobnosti je vhodným jaderným zařízením splňujícím stanovená kritéria, kterým by bylo možné řešit zajištění palivové základy českého teplárenství nejpozději do roku 2040, reaktorový systém RITM-200M ve vysokém stupni rozpracování, určený primárně pro pohon ledoborců. Reaktor RITM-200 je provozován ve zkušebním režimu na ledoborci Arktika. Novým konstrukčním návrhem by s ohledem na potřebu řešení problému nejpozději do roku 2040 nebylo možné problém řešit. Byla tedy s vysokou mírou pravděpodobnosti potvrzena hypotéza, že vědecký úkol je projekční a nikoli konstrukční. Velkou příležitostí pro český energetický průmysl je nejen výroba reaktorového systému, ale také přizpůsobení podmínkám českého teplárenství, zejména pak sekundární a terciální části s využitím jaderného ostrova. Do roku 2030 by bylo možné realizovat výstavbu několika reaktorů, do roku 2040 pak několika desítek reaktorů, což by vedlo k vyřešení náhrady hnědého uhlí a významnému zlepšení kvality životního prostředí v lokalitě Severních Čech. Konstrukčním úkolem však může být vývoj nového reaktorového systému IV. generace, který bude využitelný nejdříve po roce 2050. Perspektivním se s přihlédnutím ke specifickým požadavkům sektoru teplárenství jeví vysokoteplotní plynem chlazený reaktor, do kterého však vkládala velké naděje odborná veřejnost již před třiceti lety.

9 Disertabilní stanovisko, přínos práce pro obor a závěr

9.1 Posouzení pracovních hypotéz

- 1) Byla vyvrácena hypotéza, že výsledkem vědeckého úkolu není malé jaderné zařízení, potřeby českého teplárenství je možné zajistit využitím OZE, druhotných zdrojů energie a úsporných opatření. Bylo zjištěno, že potenciál OZE a ekonomicky a technicky opodstatněných úsporných opatření není dostatečný k nahrazení fosilních paliv v sektoru výroby tepla.
- 2) Byla vyvrácena hypotéza, že výsledkem vědeckého úkolu není malé jaderné zařízení, potřeby českého teplárenství je možné zajistit využitím fosilních zdrojů, OZE, druhotných zdrojů energie a úsporných opatření. Potřeby českého teplárenství je sice možné zejména s pomocí černého uhlí, ale také OZE, druhotných zdrojů a úsporných opatření zajistit, využití černého uhlí je však v rozporu se SEK ČR a v rozporu se závazkem ČR k uhlíkové neutralitě do roku 2050.
- 3) Hypotéza, že vědecký úkol je konstrukční a v současné době neexistuje vhodné malé jaderné zařízení pro české teplárenství ve vysokém stupni rozpracování, byla s vysokou mírou pravděpodobnosti vyvrácena. Při řešení vědeckého úkolu bylo potvrzeno, že vhodným malým jaderným zdrojem odpovídajícím potřebám českého teplárenství je s vysokou mírou pravděpodobnosti tlakovodní reaktor RITM-200 v integrálním provedení, primárně určený pro pohon ledoborců. Konstrukční návrh nového reaktorového systému by tedy s vysokou mírou pravděpodobnosti nebyl přínosem oboru a s ohledem na časovou potřebu řešení problému mezi lety 2020 až 2040 by s jistotou nebyl řešením problému. Reaktor RITM-200 je instalován na ledoborci ARKTIKA a v současné době je ve fázi zkušebního provozu. Konstrukční část vědeckého úkolu spočívá jen v přizpůsobení projektu RITM-200M potřebám českého teplárenství, tedy v konstrukčním řešení turbinového ostrova a bezpečnostních systémů s využitím projektu jaderného ostrova. K tomu, aby tento úkol byl řešen je však třeba mít k dispozici technickou dokumentaci reaktorového systému RITM-200M, která není veřejně dostupná.
- 4) Byla s vysokou mírou pravděpodobnosti potvrzena hypotéza, že vědecký úkol je projekční, vhodné malé jaderné zařízení ve vysokém stupni rozpracování pro české teplárenství již s vysokou mírou pravděpodobnosti existuje, nebylo však primárně pro takový účel navrženo. Vědeckým bádáním bylo potvrzeno, že vhodným malým jaderným zařízením je s vysokou mírou pravděpodobnosti reaktorový systém RITM-200M. Kritéria vhodnosti malého jaderného zařízení byla stanovena vyhodnocením modelu uhlíkově neutrální energetiky v roce 2040 s využitím statistických dat, strategických vládních dokumentů, legislativy a mnoha dalších zdrojů. Aby bylo možné s jistotou potvrdit, že technické řešení reaktorového systému RITM-200M odpovídá podmínkám atomového zákona, bylo by třeba mít k dispozici technickou dokumentaci reaktorového systému RITM-200M, která však není veřejně dostupná.
- 5) Byla vyvrácena hypotéza, že vhodným malým jaderným zařízením pro české teplárenství je jaderná výtopena s nízkými parametry chladiva. Vědeckým bádáním bylo zjištěno, že využitím jaderných výtopen s nízkými parametry chladiva není možné dosáhnout vytyčeného cíle a zajistit uhlíkově neutrální bilanci výroby tepla a elektrické energie ČR. S ohledem na průměrné využití jmenovitého výkonu zdrojů tepla pro sítě CZT v ČR ve výši 11,9 % by využitím technologie jaderných výtopen dimenzovaných

jako hlavní zdroj tepla vzniknul problém s nerovnoměrným vyhořením jaderného paliva, případně velkého množství reaktorů o nízkém jednotkovém výkonu. Dále vzniká problém s vysokými investičními náklady vůči nízkému množství vyrobeného tepla. Bylo zjištěno, že jaderné výtopny byly v minulosti navrhovány jako doplňkový zdroj tepla ke stávajícím fosilním zdrojům s podílem na pokrytí tepla do 30 %. Deficit výroby elektrické energie po odstavení stávajících fosilních kogeneračních zdrojů tepla by bylo nutné řešit výstavbou dalších velkých jaderných bloků a stabilitu přenosové sítě elektrické energie řešit výstavbou přečerpávacích elektráren s čímž jsou spojeny vysoké finanční náklady a rovněž vlivy na životní prostředí. Opodstatněné by bylo rovněž snižování energetické náročnosti budov zásobovaných dálkovým teplem s čímž jsou spojeny další externí náklady a vlivy na životní prostředí.

- 6) Byla vyvrácena hypotéza, že pro české teplárenství je možné využít historické projekty jaderných výtopen AST-200 a NHR-200 z přelomu osmdesátých a devadesátých let dvacátého století. Bylo zjištěno, že by se sice po technické stránce bylo možné vrátit k projektu jaderné výtopny ŠKODA-SIEMENS AST-200, tato však neodpovídá potřebám českého teplárenství ani vytyčeným cílům.
- 7) Hypotéza, že vhodným malým jaderným zařízením pro české teplárenství je technické řešení vycházející z kompaktního integrálního tlakovodního reaktoru určeného pro vojenské využití, přizpůsobeného teplárenskému provozu byla s vysokou mírou pravděpodobnosti potvrzena. Reaktor RITM-200M vychází z kompaktního integrálního tlakovodního reaktoru určeného původně pro vojenské účely. Bylo zjištěno, že ve vojenských aplikacích, především pak u ponorek probíhala výměna celého reaktoru, spolu s palivem, což bylo vyvoláno potřebou, aby ponorky byly opět okamžitě v bojové pohotovosti. Dále to bylo umožněno tím, že výměna probíhala v docích, kam bylo možné ponorku do místa s veškerou infrastrukturou dopravit po vodě. Z hlediska využití v teplárenství je však převoz celého reaktoru hustě osídlenou oblastí do závodu k výměně paliva problematický, proto již i jaderné výtopny AST-500 byly navrhovány s infrastrukturou pro výměnu paliva a meziskladem vyhořelého jaderného paliva. S ohledem na použité palivo je u reaktoru RITM-200M doba palivové kampaně až 10,8 let a množství paliva a vyhořelého jaderného paliva je přibližně jen 55 % oproti reaktoru se standardním jaderným palivem o obohacení 5 %, čímž je zcela minimalizováno množství skladovaného i převáženého vyhořelého paliva a stejně tak četnost manipulace a skladování. Transport celého reaktoru do závodu k výměně jaderného paliva si lze představit prakticky jen u minireaktorů. Potřebě českého teplárenství na úrovni státu však odpovídá reaktor o celkovém tepelném výkonu okolo 150MW – 200MW.
- 8) Hypotéza, že vhodným malým jaderným zařízením pro české teplárenství je jen technické řešení vycházející z reaktoru IV. generace chlazeného tekutým kovem, například SVBR-100, nebylo potvrzeno. Reaktor chlazený tekutým kovem či roztavenými solemi je vhodným zdrojem pro lokalitu s konstantním odběrem výkonu, tedy oblasti Arktidy, pro některé průmyslové aplikace, případně výrobu elektrické energie, nikoli však teplárenství v ČR, které má průměrné využití jmenovitého výkonu během roku 11,9 % a předpokládané využití jmenovitého výkonu malého jaderného zdroje 51 % a více. Problematický je pak zejména externí ohřev chladiva, či udržování reaktoru stále v chodu. Bylo zjištěno, že srovnatelné parametry s reaktory IV. generace poskytuje již v současné době dostupný reaktorový systém RITM-200M s palivovou kampaní 6 až 10 let využívající osvědčenou technologii tlakovodního

reaktoru s aktivními i pasivními prvky jaderné bezpečnosti. V současné době není k dispozici reaktorový systém IV. generace ve vysokém stupni technického rozpracování s vhodnými vlastnostmi pro teplárenství ČR. Ačkoli bylo zjištěno, že již před více než 30 lety česká odborná veřejnost spatřovala řešení ve vysokoteplotním plynem chlazeném reaktoru, přestože v této oblasti probíhal výzkum, máme stále i po 30 letech k dispozici jen tlakovodní reaktor a to zejména s ohledem na problematické udržení drahého a vzácného helia v chladícím okruhu.

- 9) Hypotéza, že s pomocí malých jaderných zařízení je možné v kombinaci s OZE nahradit fosilní paliva v českém teplárenství a zajistit vyrovnanou bilanci výroby a spotřeby elektrické energie ČR byla potvrzena. Potenciál malých jaderných zařízení, OTE a druhotných zdrojů energie v uhlíkově neutrálním energetickém mixu ČR k roku 2040 je uveden v tabulce 36 a v tabulce 37.
- 10) Hypotéza, že využití malých jaderných zařízení v teplárenství může být alternativou dostavby JETE a JEDU byla z části potvrzena. S ohledem na dimenzování výkonu malých jaderných zdrojů s ohledem na nominální tepelnou kapacitu sítí CZT je předpokládáno využití malých jaderných kogeneračních zdrojů tepla na úrovni 51 %, což při předpokládaném instalovaném elektrickém výkonu 7,7 GW poskytuje dostatečnou rezervu pro náhradu elektrického výkonu 1 až 2 bloků JETE nebo JEDU.
 - 11) Hypotéza, že výstavba malého jaderného zařízení není na základě platné legislativy ČR v současné době možná, nebyla s vysokou mírou pravděpodobnosti potvrzena. Správní povolovací proces malého jaderného zařízení je problematikou, která v ČR nebyla doposud řešena a výsledek správního povoloovacího procesu závisí na stanovisku orgánů státní správy, které lze jen predikovat. Vědeckým bádáním však bylo zjištěno, že náhrada stávajících fosilních zdrojů ve stávající lokalitě s využitím stávající infrastruktury malým jaderným zařízením je s velmi vysokou mírou pravděpodobnosti s využitím současné platné legislativy ČR možná v případě výstavby jednotlivých zařízení. V případě výstavby více než jednotek bloků by podmínkou úspěšného povoloovacího procesu byla s vysokou mírou pravděpodobnosti změna SEK ČR a Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR.
- 12) Hypotéza, že problém alternativního zdroje pro české teplárenství by bylo možné řešit s využitím průmyslu ČR byla potvrzena. Ačkoli ČR disponuje vědeckým, konstrukčním, projekčním i výrobním potenciálem k návrhu vlastního projektu malého jaderného zařízení pro české teplárenství, s ohledem na naléhavou potřebu řešení záměny stávajících uhelných teplárenských bloků ideálně do roku 2030, nejpozději však okolo roku 2040, není návrh vlastního jaderného zařízení reálně možný a nevedl by k řešení problému. Je třeba v úvahu vzít nejen čas potřebný pro návrh zařízení, ale také proces výstavby pilotního projektu, správní povolovací proces, certifikaci všech komponent jaderného zařízení a další. Pro specifické potřeby teplárenství by bylo třeba rovněž použít speciální typ paliva. Český průmysl by se však mohl významně podílet na konstrukčním přizpůsobení jaderného zařízení s reaktorem RITM-200M, určeným primárně k pohonu ledoborců, podmínkám českého teplárenství a podílet se na výrobě, výstavbě a servisu a to včetně jaderného ostrova. Sekundárně velký potenciál pro český energetický průmysl představují energetická zařízení využívající OZE, druhotné zdroje energie a zařízení pro uhlíkově neutrální výrobu tepla v sektoru DCZT.

Z hlediska vývoje vlastního zařízení má český průmysl potenciál podílet se na výzkumu a vývoji malého jaderného zařízení IV. generace využitelném po roce 2050.

Velký potenciál pro teplárenství představuje vývoj vysokoteplotního plynem chlazeného reaktoru.

9.2 Přínos práce pro obor

- 1) Předložená disertační práce je úvodní prací do tématu malých jaderných zařízení pro teplárenské účely a je podkladem pro navazující ekonomické, právní, environmentální a technické práce. V práci byla stanovena kritéria vhodného malého jaderného zařízení a identifikována slabá místa celého procesu využití malých jaderných zařízení pro teplárenské účely v energetice ČR na úrovni státu, která je třeba dále podrobně rozpracovat. Práce prokázala, že využití malých jaderných zařízení v teplárenství ČR je nevyhnutelné a určila na základě veřejně přístupných zdrojů informací směr dalších kroků v oblasti jaderné teplofikace.
- 2) V předložené disertační práci byly stanoveny s využitím statistických dat, strategických vládních dokumentů a veřejně přístupných informací cíle, kterých je s využitím malých jaderných zařízení pro české teplárenství možné dosáhnout. Byly stanoveny podmínky, za kterých je možné realizovat bezuhlíkovou energetiku v oblasti výroby elektrické energie a tepla po výstupu ČR z vlastní fosilní energetiky a z toho vyplývající nároky na malé jaderné zařízení vhodné pro české teplárenství, které jsou zřejmé až z pohledu na energetiku ČR jako celek.
- 3) V předložené disertační práci bylo prokázáno, že problém náhrady hnědého uhlí v teplárenství ČR do roku 2040 není možné zcela řešit využitím OZE, druhotných zdrojů energie a úsporných opatření. Bylo prokázáno, že import fosilních paliv je riskantní a problematický. Problém je možné řešit jen kombinací opatření na straně spotřeby tepla společně s využitím malých jaderných zdrojů tepla v kombinaci s OZE a druhotnými zdroji.
- 4) Předloženou disertační prací bylo s velmi vysokou mírou pravděpodobnosti prokázáno, že již v současnosti existuje vhodné malé jaderné zařízení pro české teplárenství ve vysokém stupni technického rozpracování (reaktor je již ve zkušebním provozu na ledoborci Arktika), umožňující již v současnosti zahájit řešení problémů bezuhlíkové náhrady stávajících fosilních bloků po výstupu ČR z vlastní fosilní energetiky. Uvedené je nejen významným přínosem pro obor, ale také významným přínosem pro životní prostředí ČR, zejména regionu Severních Čech, pro který je zcela zásadní otázkou doba realizace. Práce také prokázala, že vývoj reaktorového systému IV. generace by nevedl s ohledem na časové hledisko k vyřešení problému, mohl by však být v budoucnu po roce 2050 alternativou tlakovodním reaktorům v integrálním provedení. Perspektivním směrem dalšího vývoje je s ohledem na specifické provozní požadavky teplárenství zejména vysokoteplotní plynem chlazený reaktor.
- 5) Předloženou disertační prací bylo prokázáno, že technologie jaderných výtopen s nízkými parametry chladiva nepředstavuje vhodné řešení pro teplárenství ČR a to zejména s ohledem na nízký stupeň využití jmenovitého výkonu zdroje tepla v podmínkách ČR během roku 11,9 % a s tím spojené problémy s nerovnoměrným vyhořením jaderného paliva, vysokými investičními náklady vůči nízkému množství vyrobeného tepla. Jaderné výtopy byly na přelomu osmdesátých a devadesátých let navrhovány jen jako doplňkový zdroj pokrytí přibližně 30% spotřeby dálkového tepla.
- 6) Předloženou disertační prací bylo prokázáno, že problém náhrady hnědého uhlí v českém teplárenství není možné řešit s využitím projektů jaderných výtopen z přelomu osmdesátých a devadesátých let (ŠKODA – VNIIAM) AST-200 a ŠKODA –

SIEMENS NHR-200, ačkoli po technické stránce by se k projektu jaderné výtopny NHR-200 bylo možné vrátit.

- 7) Předloženou disertační prací byl stanoven potenciál malých jaderných kogeneračních zařízení pro teplárenské účely v energetice ČR k roku 2040 ve výši 38,4 GW celkového instalovaného tepelného výkonu.
- 8) V předložené disertační práci bylo stanoveno celkové roční množství potřebného jaderného paliva a vyprodukovaného vyhořelého paliva, dále bylo stanoveno celkové množství vyhořelého jaderného paliva, které je možné ušetřit využitím technologie KVET a využitím jaderného paliva s obohacením 19,5 % oproti standartnímu jadernému palivu o obohacení 5 %.
- 9) Předloženou disertační prací bylo prokázáno, že s využitím malých jaderných zařízení pro teplárenské účely v ČR je možné zajistit uhlíkově neutrální bilanci výroby elektrické energie a tepla a zajistit stabilitu přenosové soustavy elektrického napětí náhradou stávajících fosilních zdrojů elektrické energie a tepla a s využitím stávajících lokalit a infrastruktury.
- 10) Předloženou disertační prací bylo s velmi vysokou mírou pravděpodobnosti prokázáno, že stávající legislativa ČR umožňuje využití malých jaderných kogeneračních zdrojů tepla v jednotlivých případech. Realizace většího množství bloků by však byla s vysokou mírou pravděpodobnosti byla podmíněna změnou SEK ČR a aktualizací Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR. Bylo sestaveno schéma správního povolovacího procesu a určena slabá místa správního povolovacího procesu a uvedeny zákonné lhůty. Jako s velmi vysokou mírou pravděpodobnosti proveditelná byla doporučena náhrada stávajících fosilních kogeneračních zdrojů tepla malými jadernými zařízení s využitím stávající lokality a stávající infrastruktury. Klíčovým je splnění požadavků atomové legislativy a řešení otázky vyhořelého jaderného paliva. S jistotou však lze posoudit splnění požadavků současné atomové legislativy jen na základě kompletní technické dokumentace reaktorového systému RITM-200M, která však není veřejně přístupná.
- 11) V předložené disertační práci bylo prokázáno, že v ČR existuje dostatek vhodných stávajících lokalit s fosilními zdroji tepla. Byly zjištěny potenciálně vhodné sítě CZT a potenciálně vhodné lokality s fosilními zdroji tepla a elektrické energie.
- 12) Bylo zjištěno, že sítě CZT lze rozdělit do 19ti širších lokalit s tepelnou kapacitou těchto širších lokalit vyšší než 200 MW_t.
- 13) V práci byly zdokumentovány historické aplikace a projekty jaderných zařízení pro teplárenské účely v ČR a ve světě.

9.3 Závěr

Bylo splněno zadání disertační práce v bodech 1) až 7) a s vysokou mírou pravděpodobnosti prokázáno s využitím veřejně dostupných zdrojů informací, že již existuje vhodný alternativní zdroj tepla pro vytápění středních a velkých měst, reaktorový systém RITM-200M, primárně určený pro pohon ledoborců. Vědeckým bádáním bylo z veřejně dostupných informací zjištěno, že se s vysokou mírou pravděpodobnosti nejedná o konstrukční vědecký úkol, jak bylo prvotně předpokládáno, ale o úkol projekční, který je s vysokou mírou pravděpodobnosti možné řešit přizpůsobením již existujícího projektu reaktorového systému RITM-200M, ve vysokém stupni technického rozpracování, prvotně určeného pro pohon

ledoborců. Přizpůsobení spočívá zejména v návrhu sekundární a terciální části jaderné teplárny tak, aby odpovídala potřebám českého teplárenství a požadavkům atomového zákona. V případě, že závěry předložené disertační práce budou potvrzeny, bylo by možné realizovat výstavbu prvních bloků (náhradu stávajících fosilních bloků) do roku 2030, výstavbu desítek bloků pak do roku 2040, což by vedlo k řešení problému zajištění palivové základy českého teplárenství a významnému zlepšení, respektive dokonce přímo záchraně životního prostředí v lokalitě Severních Čech.

9.4 Směřování dalších kroků

- 1) Je třeba provést feasibility study pro předběžně navržené potenciálně vhodné lokality a upřesnit potenciál SMR v ČR uvažovaný z pohledu úrovně státu s uvažováním místních podmínek. Posoudit možnost propojení jednotlivých sítí CZT ve vytypovaných širších lokalitách s přihlédnutím k řešení problematiky tepelné zálohy.
- 2) Je třeba provést technicko-právní analýzu splnění podmínek atomového zákona na základě detailní konstrukční dokumentace RITM-200M.
- 3) Vyhodnotit potenciál zásobování dálkovým teplem z velkých jaderných bloků, stanovit maximální vzdálenost dopravy dálkového tepla s přihlédnutím k technickým, environmentálním a ekonomickým kritériím.
- 4) Provést ekonomickou analýzu využití malých jaderných zdrojů v českém teplárenství z pohledu státu i z regionálního pohledu jednotlivých lokalit se zahrnutím externích nákladů a schopnosti regulace stability přenosové sítě elektrického napětí.
- 5) Provést analýzu možnosti zajištění stability přenosové sítě elektrické energie s využitím malých jaderných kogeneračních zdrojů v teplárenství ČR.
- 6) Provést detailní právní analýzu slabých míst povoloovacího správního procesu malých jaderných zařízení v teplárenství ČR.
- 7) Ověřit teoretický potenciál tepelných čerpadel v oblasti DCZT, ověřit instalovaný tepelný spád topných soustav budov a vyhodnotit vliv hluku na životní prostředí.
- 8) Ověřit a upřesnit potenciál úsporných opatření na straně budov na úrovni ČR.
- 9) Řešení problematiky jaderné bezpečnosti a radiační ochrany velkého množství sériově vyráběných malých jaderných zařízení s totožnými vlastnostmi, provozovaných totožným způsobem z pohledu státu.
- 10) Řešení problematiky jaderné bezpečnosti a radiační ochrany velkého množství malých jaderných zařízení s vysokou úrovní jaderné i radiační bezpečnosti.
- 11) Koncepce nakládání s vyhořelým palivem i jaderným odpadem z malých jaderných zařízení v případě realizace bezuhlíkové energetiky.
- 12) Výzkum a vývoj vysokoteplotního reaktoru IV. generace chlazeného plynem, který by mohl být po roce 2050 alternativou malých jaderných zdrojů s tlakovodním reaktorem v integrálním provedení.
- 13) Ověřit potenciál trvale udržitelné biomasy z pohledu ČR v DCZT i CZT s přihlédnutím k místním podmínkám jednotlivých lokalit.
- 14) Realizovatelnost malých jaderných zařízení v lokalitách se stávajícími fosilními bloky v oblasti Severních Čech, zejména s ohledem na seismicitu a zdroje podzemních vod.
- 15) Optimalizace způsobu uhlíkově neutrálního tepelného zálohování malých jaderných zdrojů tepla.

10 Citovaná literatura

[1] MPO: Posouzení potenciálu vysoce účinné kombinované výroby tepla a elektřiny a účinného dálkového vytápění a chlazení za Českou republiku, Prosinec 2015

[2] MPO: Státní energetická koncepce ČR, Praha 12/2014

[3] Lyčka Zdeněk, Kontroly teplovodních kotlů na pevná paliva, LING Vydavatelství s.r.o., ISBN 978-80-904914-3-4

[4] Lyčka Zdeněk, malé teplovodní kotle na pevná paliva, 2012 LING Vydavatelství s.r.o., ISBN 978-80-904914-2-7

[5] Lyčka Zdeněk, Dřevní peleta peleta mýtů zbavená, 2011 LING Vydavatelství s.r.o., ISBN 978-80-904914-0-3

[6] Lyčka Zdeněk, Dřevní peleta peleta II spalování v malých zdrojích tepla, 2011 LING Vydavatelství s.r.o., ISBN 978-80-904914-1-0

[7] Návod kotle BLAZE HARMONY PRAKTIK

[8] Návod kotle VIADRUS U24

[9] Odbor statistiky průmyslu, stavebnictví a energetiky: Spotřeba paliv a energií v domácnostech, 23.2.2017 ČSÚ Praha, Kód publikace 150189-16

[10] TSČR: Teplárny České republiky v tabulkách a grafech, dostupné na:

www.naseteplo.cz/?id=2010&1584476399#

[11] Heat Roadmap Europe: European cities with district heating systems [population], mapa, dostupné na:<http://www.heatroadmap.eu/maps.php>

[12] ERÚ, Klement Ondřej: Výroba a rozvod tepla, statistická data platná k 9.2.2018

[13] Zajíček Miroslav, Chvalková Jana, Mičůch Marek, Mejstřík Michal, Schwarz Jiří, Slavíček Ján, Vondráš Jan: Studie stavu teplárenství, studie pro MPO, Národohospodářská fakulta, Vysoká škola ekonomická, 2/2011

[14] MPO: Analýza potřeby dodávek hnědého uhlí pro teplárenství s ohledem na navržené varianty úpravy územně-ekologických limitů těžby, studie, Praha – červen 2015

[15] Průcha Jaroslav: Bez uhlí to v ČR nepůjde!, analýza, iUHLÍ.cz, publikováno 14.6.2015

dostupné na: <http://iuhli.cz/analyza-bez-uhli-to-v-cr-nepujde/>

[16] Starý Jaromír, Sitenský Ivo, Mašek Dalibor, Hodková Tereza, Vaněček Mirko, Novák Jaroslav, Kavina Pavel: Surovinové zdroje České republiky - nerostné suroviny 2017 Statistické údaje do roku 2016, 25. vydání, Česká geologická služba, říjen 2017

[17] Wikipedia: Územní limity těžby hnědého uhlí v severních Čechách, dostupné na: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C3%A9zemn%C3%AD_limity_t%C4%9B%C5%BEby_hn%C4%9Bd%C3%A9ho_uhl%C3%AD_v_severn%C3%ADch_%C4%8Cech%C3%A1ch

[18] ČT24: Schválit těžbu na dole Bílina až do roku 2035 je možné. Těžaři ale musí splnit 31 podmínek ministerstva, publikováno 30.7.2019, dostupné na:

<https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/2882852-schvalit-tezbu-na-dole-bilina-az-do-roku-2035-je-mozne-tezari-ale-musi-splnit-30>

[19] Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí: Kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů (externích nákladů) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR, Studie zpracovaná pro MPO, 8/2015, Praha

[20] Jirásek Jakub, Sivek MArtin, Láznička Petr: Ložiska nerostů ČR, Hornicko-geologická fakulta VŠB 2008, ANAGRAM: ISBN 978-80-7342-206-6

[21] Majling Eduard: Historie a současnost těžby uranu v ČR, článek, publikováno 24. ledna 2017, OENERGETICE.cz,

[22] Bárta Jiří: Z dolu Rožná vyjel poslední vozík s rudou, těžba uranu v Česku končí, článek, publikováno 27.4.2017, Dostupné na: https://jihlava.idnes.cz/z-uranoveho-dolu-v-dolni-rozince-vyjel-posledni-vozik-s-rudou-p6q/jihlava-zpravy.aspx?c=A170427_154025_jihlava-zpravy_mv

[23] EU Science Hub: Introduction to the web-based Fast Scenario Screening Tool (TM5-FASST), The European Commission's science and knowledge service

dostupné na: <https://ec.europa.eu/jrc/en/event/workshop/introduction-web-based-fast-scenario-screening-tool-tm5-fasst>

[24] ČHMÚ: Grafická ročenka 2016, dostupné na:

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/16groc/gr16cz/png/o1.png>

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/16groc/gr16cz/png/o11.png>

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/16groc/gr16cz/png/o1V1-17.png>

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/16groc/gr16cz/png/o1V7-9.png>

[25] iDNES.cz, ČTK: Křetínský ukončí dovoz uhlí z Německa do Česka. Uklidní tím aktivisty, článek, 31.7.2015, dostupné na: https://ekonomika.idnes.cz/eph-prestane-dovazet-hnede-uhli-z-nemecka-fp7-eko_euro.aspx?c=A150731_160523_eko_euro_nio

[26] Jégl Pavel: Jak si Rusové udělali byznys z polské nezávislosti na Rusku, článek, publikováno 1.6.2015, dostupné na: <https://finmag.penize.cz/ekonomika/300718-jak-si-rusove-udelali-byznys-z-polske-nezavislosti-na-rusku>

[27] Wikipedia: Ropovod Ingolstadt – Kralupy nad Vltavou – Litvínov, dostupné na: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ropovod_Ingolstadt_%E2%80%93_Kralupy_nad_Vltavou_%E2%80%93_Litv%C3%ADnov

[28] Černocho Filip, Dančák Břetislav, Leshchenko Anna, Osička Jan, Šebek Václav, Vlček Tomáš, Zapletalová Veronika, ve spolupráci s Ośrodek Studiów Wschodnich (OSW): Budoucnost ropovodu Družba jako strategická výzva pro Českou a Polskou republiku, Výzkumná zpráva projektu 03_2011_czpl_iips, 3/2011

dostupné na: https://www.mzv.cz/file/816898/vyzkumna_zprava_03_2011_czpl_iips.pdf

[29] Euracoal: Coal in Europe 2016, Euracoal statistics - Coal and lignite production and imports in Europe, Dostupné na: <https://euracoal.eu/info/euracoal-eu-statistics/>

- [30] Objective Mind: Nabucco – hot air instead of natural gas, článek, publikováno 3.1.2012, dostupné na: <http://www.objectivemind.org/en/focus/perspectives/nabucco-hot-air-instead-of-natural-gas/>
- [31] Klička Jan: Ropa a plyn. Zásobníky jsou skoro plné, článek, publikováno 23.6.2014, DENÍK.cz, dostupné na: <https://www.denik.cz/ekonomika/ropa-a-plyn-zasobniky-jsou-skoro-plne-20140623.html>
- [32] Dostupné na: <http://www.roconsulboston.com/Pages/InfoPages/Businesspages/Oilmaps/EUGasNet.html>
- [33] Dostupné na: <http://www.roconsulboston.com/Pages/InfoPages/Businesspages/Oilmaps/EUOilNet.html>
- [34] Dostupné na: http://www.moneymorning.com.au/images/mmw20120505a_lge.jpg
- [35] Alhadeff Iakovos: The Myth of the Iran-Iraq-Syria Pipeline, článek, publikováno 14.8.2016, dostupné na: <https://iakal.wordpress.com/2016/08/14/the-myth-of-the-iran-iraq-syria-pipeline/>
- [36] ČSÚ: Spotřeba paliv a energií v domácnostech, Průmysl a energetika , Praha 23.2.2017, Kód publikace: 150189-16, Č.j.: 266/2017-51
- [35] ČSÚ: Historická ročenka statistiky a energetiky, Praha 2012, ISBN 978-80-250-2320-4, Č.j.: 1863/207-51
- [36] MPO: Energetická bilance OZE, vývoj mezi roky 2003-2017, Výsledky statistických zjišťování, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, listopad 2018
- [37] MPO: Obnovitelné zdroje energie v roce 2018, Výsledky statistického zjišťování, vývoj mezi roky 2003-2017, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, září 2019
- [38] MPO: Podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé konečné spotřebě energie 2010–2018, metodika Eurostat – SHARES, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, prosinec 2019
- [39] MPO: Malá spalovací zařízení na pevná paliva pro domácnosti Kamna, krbové vložky, sporáky a teplovodní kotle, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, únor 2016
- [40] MPO: Malá spalovací zařízení na pevná paliva pro domácnosti Kamna, krbové vložky, sporáky a teplovodní kotle, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, únor 2016
- [41] MPO: Druhotné zdroje energie, Statistika energetického využívání odpadů 1905–2009, Výsledky statistického zjišťování, Oddělení surovinové a energetické statistiky, březen 2010
- [42] MPO: Druhotné zdroje energie, Statistika energetického využívání odpadů 1905–2009, Výsledky statistického zjišťování, Oddělení surovinové a energetické statistiky, březen 2010
- [43] MPO: Druhotné zdroje energie, Statistika energetického využívání odpadů

a alternativních paliv 1989–2018, Výsledky statistických zjišťování, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, duben 2019

[44] MPO: Tepelná čerpadla – výsledky statistického zjišťování MPO, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí – A. Bufka, M. Modlík, J. Veverková

[45] MPO: Obnovitelné zdroje, Tepelná čerpadla v letech 1981–2018, Výsledky statistického zjišťování, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, květen 2018

[46] MŽP: Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2018, CENIA, Česká informační agentura životního prostředí, ISBN 978-80-87770-81-8

[47] MPO: Vývoj hrubé výroby elektřiny a tepla k prodeji v energetické bilanci ČR výroba a dodávky v letech 2010–2018, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, Leden 2020

[48] MPO: KONCEPCE NAKLÁDÁNÍ S RADIOAKTIVNÍMI ODPADY A VYHOŘELÝM JADERNÝM PALIVEM V ČESKÉ REPUBLICE schválená 26. srpna 2019 usnesením vlády České republiky č. 597/2019, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, Leden 2020

[49] MPO: Souhrnná energetická bilance České republiky, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, únor 2020

[50] MPO: Energetická statistika Uhlí v České republice 2010-2018, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí, Leden 2020

[51] MPO: Zpráva o plnění nástrojů Státní energetické koncepce ČR do roku 2019

[52] MPO: Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2018, oddělení analýz a datové podpory koncepcí

[53] Porsenna: Studie potenciálu úspor a energie v obytných budovách do roku 2050, studie pro Hnutí DUHA, 9/2007, dostupné na:
http://hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/typo3/uspory_obytne_budovy_final_v3.pdf

[54] Antonín Jan: Průzkum fondu budov a možností úspor energie, Rešerše stávajících studií a výpočtové ověření pro rezidenční budovy, MPO 12/2013, dostupné na:
https://www.mpoefekt.cz/upload/7799f3fd595e88e1fa66875530f33e8a/ef13_3116_crp_sb_pru-zkum_fondu_budov_a_moznosti_u-spor_energie.pdf

[55] Palivo Pavlíkov: Ceník, dostupné na: <http://www.palivopavlikov.cz/cenik/>

[56] Novák Jan: Výhřevnosti a měrné jednotky palivového dřeva, výpočtová pomůcka, portál TZB-info.cz

dostupné na: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/12-vyhrevnosti-a-merne-jednotky-palivoveho-dreva>

[57] Zvoleno dle uvážení autora

[58] Dřevo Borač: Výhřevnost dřeva, tabulka

dostupné na: <http://www.drevoborac.cz/prednosti-palivoveho-dreva/vyhrevnost-palivoveho-dreva/>

[59] MŽP: Sdělení odboru ochrany ovzduší ke způsobu výpočtu očekávaných efektů při náhradě stávajících kotlů v rodinných domech moderními zdroji vytápění pro účely

zpracování analýzy proveditelnosti k žádostem v rámci krajů v rámci SC 2.1 Prioritní osy 2 OPŽP 2014-2020

[60] MŽP: Sdělení odboru ochrany ovzduší ke způsobu výpočtu očekávaných efektů při náhradě stávajících kotlů v rodinných domech moderními zdroji vytápění pro účely zpracování analýzy proveditelnosti k žádostem v rámci krajů v rámci SC 2.1 Prioritní osy 2 OPŽP 2014-2020

[61] MPO: Metodika podle „Rozhodnutí komise 2013/114/EU, kterým se stanoví pokyny pro členské státy pro výpočet energie z obnovitelných zdrojů z tepelných čerpadel využívajících různé technologie tepelných čerpadel podle článku 5 směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES.

[62] Lyčka Zdeněk: Jak moc využívá tepelné čerpadlo vzduch/voda obnovitelnou energii?, Odborný článek, Časopis Z+i (Zprávy a informace ČKAIT) 1/2020

[62] Ceník společnosti CDP Ekopaliva

[63] Ceník dálkového tepla společnosti Plzeňská teplárenská a.s. Dostupné na:

<https://www.pltep.cz/ceny-tepla/>

[64] https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/03/tableta_6.html

[65] <https://tyndp-2018-scenarios.netlify.com/newchapters/chapter31>

[66] <https://www.kurzy.cz/kursy-men/nejlepsi-kursy/EUR-euro/>

[67] Plzeňská teplárenská a.s.: Teplárny bojují o miliardovou dotaci. Bez ní hrozí zdražení tepla a rozpad systému CZT, varují, článek, dostupný na:

<https://www.pltep.cz/teplarny-bojuji-o-miliardovou-dotaci-bez-ni-hrozi-zdrazeni-tepla-a-rozpat-systemu-czt-varuji/>

[68] Klastř Česká peleta, Stupavský Vladimír: Nový český rekord: výroba pelet dosáhla 400 tisíc tun, článek uveřejněný na portálu TZB-info.cz dne 1.4.2020, dostupné na:

<https://oze.tzb-info.cz/peletky/20454-novy-cesky-rekord-vyroba-pelet-dosahla-400-tisic-tun>

[69] Viessmann: Projekční návod tepelného čerpadla VITOCAL 300A

[70] Nibe Energy Systems CZ: Výsledky testů tepelných čerpadel země-voda švédské energetické agentury, článek, publikováno 20.6.2014, portál TZB-info.cz

<https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/11374-vysledky-testu-tepelnych-čerpadel-zeme-voda-svedske-energeticke-agentury>

[71] Viessmann: Kompaktní ceník 2016CZ

[72] Klimavex: Chlazení topení ceník a katalog 2017/2018

[73] Daniel Redek: Palivovým dřevem topí téměř čtvrtina domácností, časopis Statistika&My 2/2017, měsíčník ČSÚ

[74] Matuška Tomáš: Solární tepelné soustavy, Sešit projektanta - pracovní podklady, STP 2009

- [75] Viessmann: Solární termické systémy, projekční příručka, 11/2009, společnost Viessmann
- [76] Kadlec J., Kašák F., Krett V.: Problémy a stav jaderného teplárenství, Report ÚJV 5493 - T, Rež, červen 1981
- [77] Bundes Verband Wärmepumpe e.V.: JAZ-RECHNER, výpočtová pomůcka pro výpočet SCOP, dostupné na: <https://www.waermepumpe.de/jazrechner/>
- [78] Teplárna v České republice, provozní data byla zveřejně pod podmínkou, že zdroj nebude uveden
- [79] Vaverka Jiří a kolektiv: Stavební tepelná technika a energetika budov, VUT v Brně, Nakladatelství VUTIUM 2006, ISBN 80-214-2910-0
- [80] ČSFR/Siemens: NHR 200 MWth Pilsen ČSFR / SIEMENS (JADERNÁ VÝTOPNA 200MW - Plzeň), Machtbarkeitstudie (studie proveditelnosti) 5/1991
- [81] Vaverka Jiří a kolektiv: Stavební tepelná technika a energetika budov, VUT v Brně, Nakladatelství VUTIUM 2006, ISBN 80-214-2910-0
- [82] VIESSMANN: Základy tepelných čerpadel, str.9 diagram Pokrytí monoenergetického způsobu provozu, projekční návod, rok vydání nezjištěn, označeno 5825519 CZ
- [83] www.kurzy.cz: Vývoj kurzu silové elektřiny
- [84] Novák Libor: Posuzování vlivů záměrů na životní prostředí včetně výkladu o aktuálních významných změnách legislativy na tomto úseku, Pracovní materiály k semináři, 18.4.2019 Hotel Populus, Praha, Ekomonitor
- [85] Klobouček Eduard: Právní aspekty dostavby jaderné elektrárny Temelín, rigorózní práce, 20. května 2015, Univerzita Karlova v Praze, Právnická fakulta
- [86] SÚJB: Legislativa, dostupné na: <https://www.sujb.cz/legislativa/>
- [87] Šmíd František: Optimalizace technologie skladu vyhořelého jaderného paliva, disertační práce, 2015, KKE FS ZČU v Plzni
- [88] Mišák Jozef, Applicability of IAEA Safety Standards for SMR and Other Relevant IAEA Activities, Small Modular Reactors 2020 Conference Prague, 13 February 2020, Czech Technical University, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering
- [89] Antonín Jan: Průzkum fondu budov a možností úspor energie, Rešerše stávajících studií a výpočtové ověření pro rezidenční budovy, MPO 12/2013, dostupné na: https://www.mpoefekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3116_crp_sb_pru-zkum_fondu_budov_a_moz-nosti- u-spor_energie.pdf
- [90] Vláda ČR: Analýza slabých míst výstavby 3. a 4. bloku jaderné elektrárny Temelín, dokument, 2011
- [91] Portál státní správy CENIA: Schéma schvalovacího procesu EIA, dostupné na: https://portal.cenia.cz/eiasea/dokumenty/dokumentSoubor/54/SCH%C3%89MA_Povolovac%C3%AD%20proces%20z%C3%A1m%C4%9Br%C5%AF%20v%20C4%8CR%20od%202015%20v%203_15.pdf

- [92] ČKAIT: Vybrané předpisy stavebního práva podle stavu k 1.6.2013, Edice: Řada A – Základní knižnice odborných činností ve výstavbě 1. vydání, Informační centrum ČKAIT s.r.o. červenec 2013 Praha, ISBN 978-80-87438-42-8
- [93] Wikipedia: Ågesta Nuclear Plant , článek,
dostupné na: https://en.wikipedia.org/wiki/%C3%85gesta_Nuclear_Plant
- [94] Vattenfall: The Swedish line , článek
- [95] Атомная энергия: Плавающая АТЭС сменил Билибинскую станцию на Чукотке, článek z 27.8.2014 dostupné na: <http://www.atomic-energy.ru/news/2014/08/27/51050>
- [96] Wikipedia: Informace o reaktoru EGP-6, internetová stránka, dostupné na: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1412595>
- [97] Атомная энергия: Плавающая АТЭС сменил Билибинскую станцию на Чукотке, článek z 27.8.2014 dostupné na: <http://www.atomic-energy.ru/news/2014/08/27/51050>
- [98] Wikipedia: Билибинская АЭС, článek 18:23, 8.9 2016, dostupné na: http://o-ili-v.ru/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%90%D0%AD%D0%A1
- [99] Концерн Росэнергоатом: Internetová stránka Bilibinské jaderné teplárny, dostupné na:
http://rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-bilibinskoy-aes/
- [100] Jintong Li: China's Nuclear Power Program, Presentation to the Canadian Nuclear Society, AECL CRL Beijing 25 January 2007
- [101] Dazhong Wang, Wenxiang Zheng, Jianguo Lin, Changwen Ma, Duo Dong, Dazhi Xue: Research and Development of Nuclear Heating Reactors in China, INET Tsinghua University, Beijing 100084, dostupné na:
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6078133>
- [102] Zhang Dafang, Dong Duo, Su Qingshan: Five MW Nuclear Heating Reactor, Institute of Nuclear Energy and Technology, Tsinghua University, Beijing, China XA9745334, dostupné na:
http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/076/28076305.pdf
- [103] Xue Dazhi, Li Jicai, Chang Dafeng: An Integral Design of NHR-200, Institute of Nuclear Energy and Technology, Tsinghua University, Beijing, China XA9745974, dostupné na:
http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/29/009/29009800.pdf
- [104] Kott Josef: Soukromý archiv
- [105] Neznámý autor: Теплофикационные установки - Атомные электрические станции и их оборудование, страна 25/38, učebnice, dostupné na:
<http://leg.co.ua/arhiv/generaciya/atomnye-elektricheskie-stancii-i-ih-oborudovanie-25.html>

- [106] ОКБМ - ОКБМ Mechanical Engineering: Атомная станция теплоснабжения, Энергоисточник нового поколения гарантированной безопасности, firemní publikace, (pravděpodobně) 1991 ОКБМ
- [106] Wikivisually.com: АСТ-500, článek,
Dostupné na odkazu: <https://wikivisually.com/lang-ru/wiki/%D0%90%D0%A1%D0%A2-500>
- [107] www.atomic-energy.ru: Призраки атомной энергетики: недостроенные АЭС России, článek, 11.5.2017, Dostupné na odkazu: <http://www.atomic-energy.ru/SMI/2017/05/11/75654>
- [108] Галушко О.М.: Оборудование АЭС, učební text pro profesi strojník, 2.3.2013
dostupné na: <http://lib.znate.ru/docs/index-70318.html?page=8>
- [109] Kovačev Milko: Nuclear Power Solutions Based on Small Modular reactors, Prezentace, Konference Malé jaderné reaktory, Praha FJFI 2017
- [110] Chlumský Václav, Komárek Arnošt: Perspektivy jaderných elektráren v Československu. Technický zpravodaj pro techniku i ekonomiku, Závody V.I.Lenina v Plzni, 1/1964
- [111] Hůlavec Jan, Komárek Arnošt: Perspektivy jaderných tepláren v Československu. Technický zpravodaj pro techniku i ekonomiku, Závody V.I.Lenina v Plzni, 1/1964
- [112] Временный советско-чехословацкий коллектив по реализации задания 3.2.1.4 проблемы 3.2.1 КП НТП СЭВ, Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт атомного энергетического машиностроения (АО ВНИАМ), предприятие "ШКОДА": Установка реакторная - Пояснительная записка ВТ 60425.00.000 ПЗБ, 1990
- [113] ROSATOM: Upřesňující odpověď na doplňující otázky, písemná korespondence
- [114] Komárek Arnošt: Jaderné výtopny v Československu, Studie pro TES Praha, 1982
- [115] Komárek Arnošt: Paměti, Karton 71, kapitola 7, strany 1-3
- [116] Vlach Josef: Využití tepla z jaderných zdrojů, Příručka pro lektorský sbor ČSKAE II, Ústav jaderných informací 1990, ISBN 80-7073-011-0
- [117] IAEA: Small reactors with simplified design, Proceedings of a Technical Committee meeting held in Mississauga, Ontario, Canada, 15-19 May 1995
- [118] ROSATOM: SMR SOLUTIONS RITM SERIES, brožura, 8/2019
- [119] Pospíšil Vít: Teze Dizertační práce, KKE ZČU 2015
- [120] Losa Evžen: Svět SMR 2017, prezentace Konference SMR, FJFI Praha 2017
- [121] Atominfo.ru: Теплоснабжение по-китайски, článek, publikováno 14.12.2017, dostupné na: <http://atominfo.ru:17000/hl?url=webds/atominfo.ru/newsr/y0233.htm&mime=text/html&charset=windows-1251>
- [122] CNNC: CNNC launches pool-type low-temperature heating reactor, článek, aktualizováno 2017-12-12, dostupné na: http://en.cnncc.com.cn/2017-12/12/c_118604.htm

- [123] Beijing Revue: Clean Heating - China's first commercial nuclear heating solution will help the country heat more and emit less, článek, publikováno 4.1.2018, dostupné na: http://www.bjreview.com/Nation/201712/t20171229_800113368.html
- [124] Harutyunyan David, Pilát Josef, Ruščák Martin: Energy Well, prezentace, Konference Malé jaderné reaktory, Praha FJFI 2018
- [125] Атомная энергия: Производство реакторной установки «РИТМ-200» для атомного ледокола «Арктика», článek publikovaný 25.4.2016
dostupné na: <http://www.atomic-energy.ru/photo/64455?page=1031>
- [126] Livejournal: ЗИО-Подольск сварил корпус нового транспортного реактора, článek publikovaný 1.12.2015 dostupné na: <https://tnenergy.livejournal.com/30625.html>
- [127] 24РосИнфо: На «Арктику» начали устанавливать реакторную установку РИТМ-200, článek publikovaný 3.9.2016
dostupné na: http://24ri.ru/down/o-356.html?_utl_t=vk
- [128] Chvala Ondřej: SMR development and applications in North America, přednáška, Konference Malé Reaktory, 2. února 2017 FJFI Praha
- [129] MPO: Seznam českých dodavatelů působících v oblasti jaderné energetiky, dostupné na: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/novy-jaderny-zdroj/zapojeni-ceskeho-prumyslu/moznosti-zapojeni-prumyslu-cr-v-pripravovanych-projektech-noveho-jaderneho-zdroje-v-cr-a-dalsich-zemich--231986/>
- [130] CPIA: Alliance of Czech Suppliers for Nuclear power Plants, broužura
dostupné na: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/novy-jaderny-zdroj/zapojeni-ceskeho-prumyslu/2017/12/Profil_CPIA_11_2017.pdf
- [131] Fialová Zdeňka: Novela stavebního zákona ve vazbě na energetické stavby a projekty společného zájmu, prezentace, 21. celostátní konference o územním plánování a stavebním řádu, Plzeň, 12. – 13. října 2017
- [132] Hezoučký František: SMALL MODULAR REACTORS (LWR DESIGNS) Comparison of some SMR designs, What to expect from them in the Czech Republic ?, prezentace, Konference Malé jaderné reaktory, Praha FJFI 2020
- [133] Pikh Svyatoslav: Overview of ongoing activities on FOAK SMR with RITM-200 reactor in Russia, prezentace, Konference Malé jaderné reaktory, Praha FJFI 2020
- [134] Larionov Artem: Rosatom SMR solutions for the market, prezentace, Konference Malé jaderné reaktory, Praha FJFI 2020
- [135] Larionov Artem: Rosatom SMR solutions for the market, prezentace, Konference Malé jaderné reaktory, Praha FJFI 2020
- [136] Peteříková Renáta: Počátky jaderného průmyslu v Plzni 1955-1965, rigorózní práce, Fakulta filozofická ZČU v Plzni 2017
- [137] Беляев В.М., Кузнецов Л.Е., Шаманин И.Е.: Перспективные проекты реакторных установок малой и средней мощности, prezentace 2011 Moskva

- [138] Беляев В.М., Петрунин В.В., Гуреева Л.В., Фадеев Ю.П., Шмелев И.В., Лепехин А.Н., Удалищев С.В.: Перспективы развития атомных станций малой и средней мощности, prezentace, přednáška 8-12.4.2014 KKE ZČU Plzeň
- [139] Neumann Jan: Začátky jaderné energetiky v Československu, ÚJV Řež 2005, 1. vydání, ISBN 80-239-4380-4
- [140] Šimáně Čestmír: Život mezi atomy aneb jak to u nás i jinde začínalo, ÚJV ŘEŽ 2005, 1. vydání, ISBN 80-239-4345-6
- [141] MPO: Možnosti zapojení průmyslu ČR v připravovaných projektech NJZ v ČR a dalších zemích v jednotlivých projektech, udržení odborného zázemí dodavatelů z ČR pro výstavbu NJZ a budoucí servis, dokument, dostupné na:
<https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/novy-jaderny-zdroj/zapojeni-ceskeho->
- [142] ENERGOPROJEKT: Perspektivní studie zásobování teplem města Brna jadernou teplárnou. Praha, 1969.
- [143] Konference Jaderné vytopy: Sborník referátů. Gottwaldow. Praha: Dům techniky ČSVTS Praha 1., Gorkého nám. 23, 1981
- [144] EGP: Studie o zásobování teplem města Plzně, 1958, EGP
- [145] Wikipedia: Informace o reaktoru EGP-6, internetová stránka, dostupné na:
<https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1412595>
- [146] CNNC: CNNC launches pool-type low-temperature heating reactor, článek, aktualizováno 2017-12-12, dostupné na: http://en.cnncc.com.cn/2017-12/12/c_118604.htm
- [147] Beijing Revue: Clean Heating - China's first commercial nuclear heating solution will help the country heat more and emit less, článek, publikováno 4.1.2018, dostupné na: http://www.bjreview.com/Nation/201712/t20171229_800113368.html
- [148] 24РосИнфо: На «Арктику» начали устанавливать реакторную установку РИТМ-200, článek publikovaný 3.9.2016, dostupné na:
http://24ri.ru/down/o356.html?_utl_t=vk
- [149] ЗиО-Подольск : ЗиО-Подольск успешно провел гидроиспытания второго реактора для ледокола нового поколения «Арктика», článek publikovaný 1.6.2016, dostupné na: <http://aozio.ru/mediacenter/news/zio-podolsk-uspeshno-provel-gidroispytaniya-vtorogo-reaktora-dlya-ledokola-novogo-pokoleniya-%C2%ABarktika%C2%BB.html>
- [150] Атомная энергия: Производство реакторной установки «РИТМ-200» для атомного ледокола «Арктика», článek publikovaný 25.4.2016
dostupné na: <http://www.atomic-energy.ru/photo/64455?page=1031>
- [151] Kovačev Milko: Nuclear Power Solutions Based on Small Modular reactors, Prezentace, Konference Malé jaderné reaktory, Praha FJFI 2017
- [152] Атомная энергия: Взлет атомного дракона, článek, publikováno 11.4.2014
dostupné na: <http://www.atomic-energy.ru/smi/2014/03/11/47239>

[153] Běláč J.: Palivo pro SMR, prezentace, Prezentace na konferenci „Small Modular Reactors“, JFI Praha 2017

[154] Černoch Filip, Dančák Břetislav, Leshchenko Anna, Osička Jan, Šebek Václav, Vlček Tomáš, Zapletalová Veronika, ve spolupráci s Ośrodek Studiów Wschodnich (OSW): Budoucnost ropovodu Družba jako strategická výzva pro Českou a Polskou republiku, Výzkumná zpráva projektu 03_2011_czpl_iips, 3/2011,

dostupné na:

https://www.mzv.cz/file/816898/vyzkumna_zprava_03_2011_czpl_iips.pdf

[155] Георгий Тошинский: Жидкотопливный интерес, ATOMINFO.RU, publikováno 20.01.2017, dostupné na: <https://tnenergy.livejournal.com/94392.html>

[156] Петрунин В. В., Гуреева Л. В., Фадеев Ю. П., Шмелев И. В., Лепехин А.Н., Удалищев С. В.: Перспективы развития атомных станций малой и средней мощности, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013

[157] Кузнецов Ю. Н., Колесников К. Э., Хрилев Л. С., Браулов В. П., Курский А. С., Широков В., И.: Анализ условий масштабного, технически, экономически и коммерчески эффективного внедрения когенерационных станций атомных энергоисточников в региональную энергетику, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013

[158] Кодочигов Н. Г., Головкин В. Ф., Абросимов Н. Г., Ганин М. Е., Арбеков А. Н., Суровцев И. Г., Русаков Д. Д.: Установки малой мощности с замкнутым газотурбинным циклом, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013

[159] Атомэнергопроект: Области применения реакторных установок малой мощности, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013

[160] Билашенко В. П., Смоленцев Д. О.: Анализ границ эффективности технико-Установки малой мощности с замкнутым газотурбинным циклом, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013

[161] Кудинович И. В., Шкляр Н. В., Сутеева А. Ж.: Атомная теплоэлектростанция малой мощности на базе транспортабельного реакторного блока с установкой типа АБВ-6, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013

[162] Кузнецов В. П., Смоленцев Д. О.: Атомная энергетическая система на основе транспортабельных атомных энергетических установок, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013

- [163] Кузнецов В. П., Шмелев В. М.: Производство атомных станций малой мощности как международный проект, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [164] Golub Sal.: U.S. Advanced Small Modular Reactor Research and Development, SNPP Conference, December 2013, Moscow
- [165] AZIZ Ferhat.: Opportunity and Chalnges of Small Nuclear Power Plants for Indonesia, SNPP Conference, December 2013, Moscow
- [166] Кузнецов В. П., Демин В. Ф., Макаров В. И., Шмелев В. П., Амелина М. Е., Кутумов А. М., Молчанов А. С.: Вопросы гражданской ответственности за ядерный ущерб при строительстве и эксплуатации атомных станций малой мощности, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [167] Чумак Д. Ю., Щепетина Т. Д.: Риски атомно-энергетических проектов, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [168] Курский А. С.: Комплексное обеспечение безопасности на атомных ТЭЦ с корпусными кипящими реакторами, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [169] Дяков А. Ф., Перминов Э. М.: Децентрализованная и возобновляемая энергетика – важная компонента улучшения энергоснабжения и повышения энергобезопасности страны, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [170] Шурочков М. В.: Плавучие атомные теплоэлектростанции: состояние и перспективы, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [171] Каширин В. И., Чугунов Н. А., Афанасьев В. А., Дрягин Д. О.: Оценка обеспечение безопасной эксплуатации энергоблоков Билибинской АЭС с учётом анализа аварии на АЭС Фукусима, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [172] Чумак Д. Ю., Щепетина Т. Д.: Система малых АЭС для гармонизации топливно–энергетического комплекса страны. Подходы к реализации проектов, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [173] Струев Вячеслав, Малышев Сергей.: Новый облик морских объектов атомной энергетики малых и средних мощностей, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013

- [174] Бахметьев А. М., Былов И. А., Линьков С. П., Бакланов А. В., Ефимкина И. Э., Котихина Ю. В.,: Результаты вероятностного анализа безопасности 1 уровня энергоблока плавучей атомной теплоэлектростанции с реакторной установкой КЛТ-40С, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [175] Волков Ю. Н., Гераскин Н. И.,: Вопросы кадрового обеспечения системы атомной энергетики на основе транспортабельных атомных установок, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [176] Петроченко В. В., Кондауров А. В., Комлев О. Г., Джангобегов В.В., Степанов В. С., Говердовский А. А., Русанов А. Е., Мартынов П. Н., Тошинский Г. И.,: Свинцово-висмутовый быстрый реактор СВБР-100 для региональной атомной энергетики, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [176] Мельников Н. Н., Конухин В. П., Наумов В. А., Гусак С. А.,: Оценка перспектив использования атомных станций малой мощности (АСММ) при освоении месторождений полезных ископаемых в удаленных регионах Арктики, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [177] Алексеев А. И., Гольцов Е. Н., Гречко Г. И., Еремеев Д. В., Пепа В. Н.,: АСММ УниTERM – Одно из направлений развития атомной энергетики, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [178] Фадеев Ю. П.,: Реакторные установки для перспективных атомных плавучих теплоэлектростанций и судов, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [179] Степанов В., Е.,: Аспекты радиационной экологической безопасности и экономической эффективности атомных станций малой мощности в условиях Якутии, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [180] Макарова А. С., Панкрушина Т. Г., Хоршев А. А., Шаров Е. И.,: Эффективные направления и масштабы развития атомной теплофикации на основе АСММ в России, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [181] Макарова А. С., Панкрушина Т. Г., Хоршев А. А., Шаров Е. И.,: Эффективные направления и масштабы развития атомной теплофикации на основе АСММ в России, Международная конференция Атомные станции малой и средней мощности актуальное направление развития атомной энергетики, г. Москва, 3-5 декабря 2013
- [182] Lokhov Alexey, Sozoniuk Vladislav, Cameron Ron: Economics and Market for Small Modular Reactors, SNPP Conference, December 2013, Moscow

[183] Subki Hadid M.: Design and technology Development for small and Medium-sized Reactors, SNPP Conference, December 2013, Moscow

[184] Šimáček Zdeněk.: Kdo chce jadernou výtopnu, někdo platí, řídí koordinuje, tajemná lobby., deník Nová pravda, 30.7.1991

[185] Иванов Т. В., Черняховская Ю. В.: Методология финансирования как составляющая успешной реализации проектов сооружения АЭС, Вестник ИГЭУ Вып. 2 2010 г., УДК 621.039.003

11 Publikovaná literatura a odborné aktivity během studia

11.1 Práce publikované publikace v průběhu studia související s tématem disertační práce

Pospíšil Vít: Máme začít využívat v české energetice malé jaderné reaktory?, časopis PRO-ENERGY, 9/2015

Pospíšil Vít: Alternativní zdroj tepla pro vytápění středních a velkých měst, teze disertační práce, 93 stran, 9/2014

Pospíšil Vít: Alternative Thermal Energy Sources for middle and Large Cities, Sborník, 17th conference on Power System Engineering, Thermodynamics & Fluid Flow - PSE 2018 June 12 - 14, 2018, Pilsen Czech Republic, publikováno 28.11.2018, AIP Conference Proceedings 2047, 020018 (2018); <https://doi.org/10.1063/1.5081651>

11.2 Přednášková činnost

Pospíšil Vít: Energetická náročnost budov, seminář ČKAIT, SPŠ Stavební Plzeň 21.10.2014

Pospíšil Vít: SMR a jejich uplatnění v teplárenství ČR, seminář EGÚ - Energetické zdroje a trendy technologického vývoje, přednáška a příspěvek ve sborníku s názvem: "SMR a jejich uplatnění v teplárenství ČR"

Pospíšil Vít: Alternative Thermal Energy Sources for middle and Large Cities, 17th conference on Power System Engineering, Thermodynamics & Fluid Flow - PSE 2018 June 12 - 14, 2018, Pilsen, Czech Republic

11.3 Absolvované konference:

7.9.2011 IAPWS 2011 Annual Meeting & Symposium Plzeň

Energetické stroje a zařízení, termodynamika a mechanika tekutin, Srní 2012, KKE ZČU

Energetické stroje a zařízení, termodynamika a mechanika tekutin, Plzeň 2013, KKE ZČU

Small Modular Reactors Malé jaderné reaktory pro energetiku a potenciál jejich využití pro Českou republiku, 12.2.2015 FJFI, ČVUT v Praze

Small Modular Reactors, FJFI Praha 2016

Small Modular Reactors, FJFI Praha 2018

Small Modular Reactors, FJFI Praha 2019

Small Modular Reactors, FJFI Praha 2020

Smart City - Plzeň, 16. 3. 2015, FEL ZČU v Plzni

TEPKO 2015 - Rozvoj a udržitelnost teplárenství – uhlí za limity nebo alternativní řešení, Kaiserštejnský palác Praha 2015

NE•RS 2017 - "Jak postavit jadernou elektrárnu?", Kaiserštejnský palác Praha 8. listopadu 2017

11.4 Absolvované odborné přednášky související s tématem dizertační práce:

Tošinskij Georgij Iljič: Zkušenosti s provozem reaktorů chlazených směsí olova a bismutu na jaderných ponorkách a možnost použití v civilní jaderné energetice, SVBR-100 – modulární rychlý reaktor s pasivními bezpečnostními systémy, 27.3.2013 KKE ZČU, Plzeň

Vjačeslav M. Beljajev: "Perspektivy rozvoje jaderných elektráren s reaktory malého a středního výkonu", 10.12.2014 FST ZČU v Plzni

Novák Libor: Posuzování vlivů záměrů na životní prostředí včetně výkladu o aktuálních významných změnách legislativy na tomto úseku, 18.4.2019 Praha

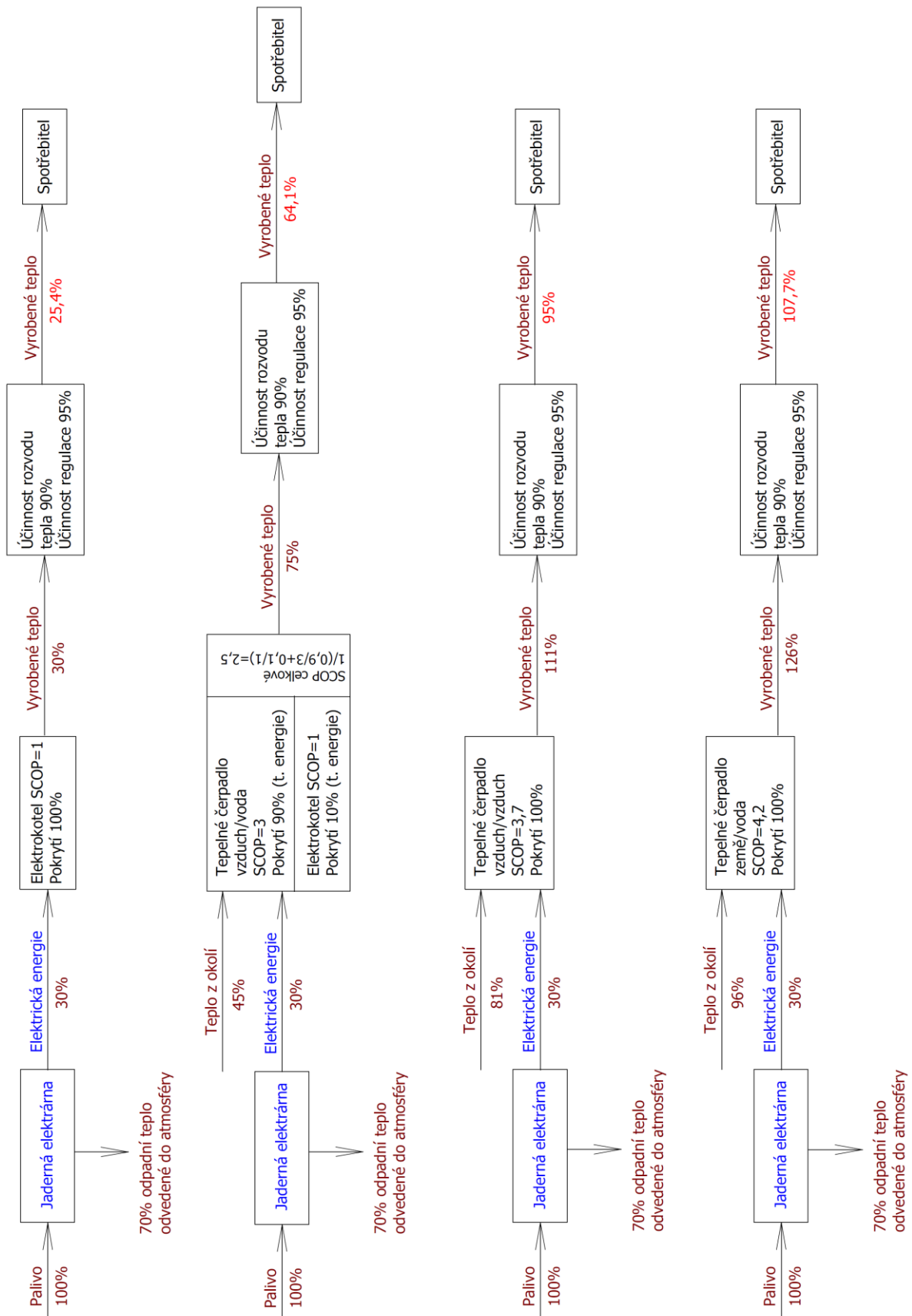
Odborné přednášky a webináře ČKAIT zaměřené na právní problematiku ve stavebnictví

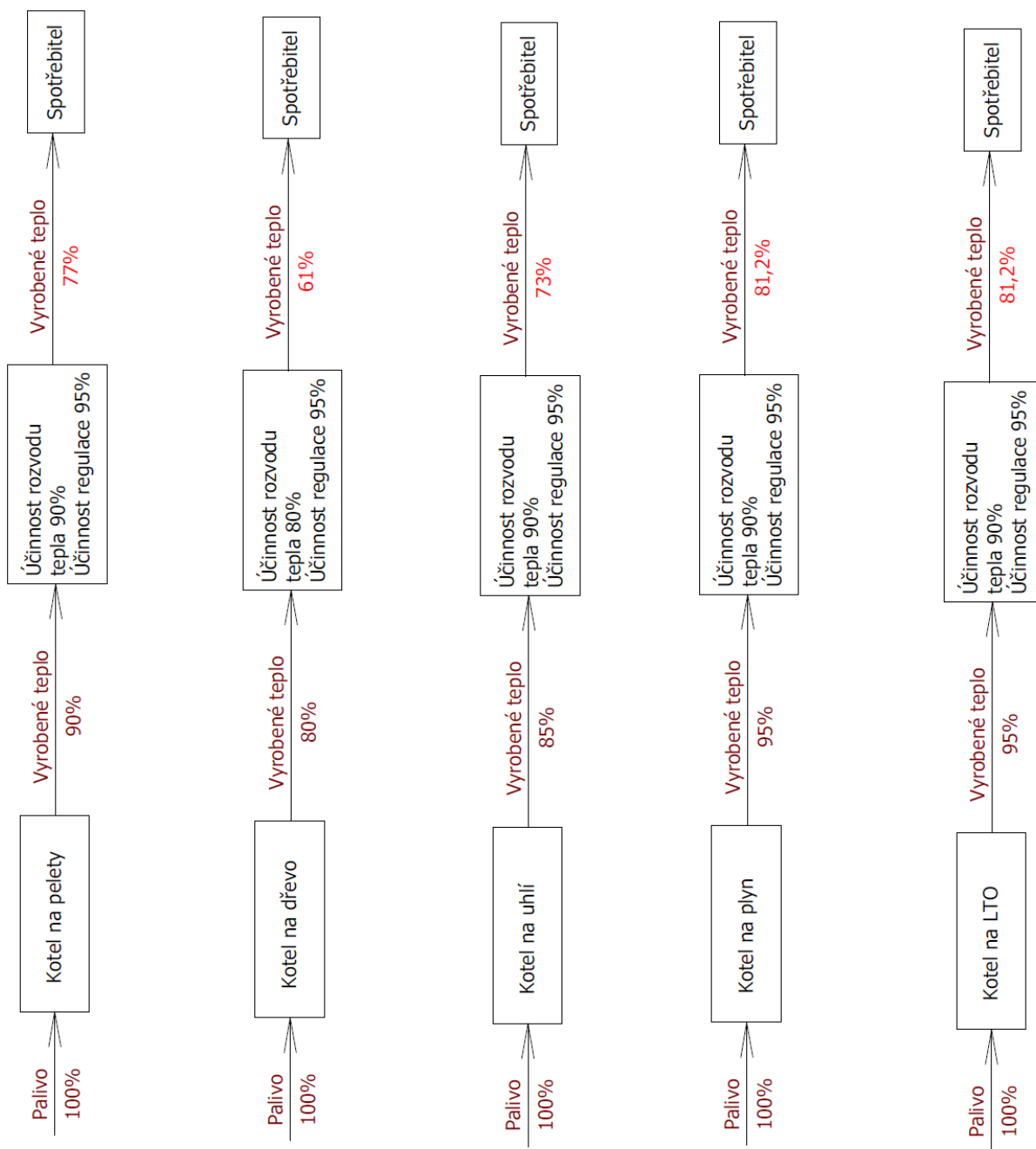
11.5 Stáž

1.12.2016 - 28.2.2017 studijní stáž v projekčním oddělení společnosti Rusatom Energy International v Petrohradu, v Ruské federaci

12 Přílohy

Příloha č.1: Využití primárního paliva ve zdrojích DCZT s užitím současných technologií





Příloha č.2

Sítě CZT v ČR, které jsou potenciálně vhodné pro zásobování teplem ze současných velkých jaderných bloků

Jaderná elektrárna Dukovany

Číslo licence	Název subjektu	Obec	Název vymezeného území	Délka rozvodů km	Přenosová kapacita MW _t
320100150	ČEZ, a. s.	Praha	Jaderná elektrárna Dukovany	0,000	60,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Brno-město	15,581	90,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Slatina	7,400	90,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Trnitá	11,199	90,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Černá Pole	14,197	115,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Žabovřesky	0,908	115,00000
320605126	ZETOR TRACTORS a.s.	Brno	ZETOR TRACTORS a.s.	4,735	138,30000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Černovice	15,741	140,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Královo Pole	6,300	140,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Lesná	14,600	140,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Líšeň	22,200	140,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Obřany	1,200	160,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Židenice	3,367	160,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Soustava CZT Brno	195,468	883,00000
320705285	KX POWER, a.s.	Brno	Areál VITKA	0,100	50,00000
320101585	ŽĐAS, a.s.	Žďár nad Sázavou	ŽĐAS, a.s.	0,900	146,00000
Součet					2657,3
Další dle uvážení autora další vhodné sítě CZT o tepelné kapacitě 10-50MW_t					
320102811	JIHLAVSKÉ KOTELNY, s.r.o.	Jihlava	Kotelna K7 U Hřbitova	3,050	10,40000
320100782	TTS energo s.r.o.	Třebíč	Koželužská - Teplárna Západ	7,198	10,40000
320103311	ADAMOVSKÉ STROJÍRNY a.s.	Adamov	Adamov	10,000	10,50000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Bohunice	7,400	20,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Nový Lískovec	7,250	25,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Komín	3,900	25,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Jundrov	0,900	25,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Řečkovice	3,950	25,00000

320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Komárov	1,018	25,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Pisárky	1,569	25,00000
320100782	TTS energo s.r.o.	Třebíč	Teplárna JIH	14,562	30,10000
320102850	SAKO Brno, a.s.	Brno	Spalovna - sekce ROZVOD TEPLA	0,984	30,30000
320100077	Befacoal s.r.o.	Praha 2	Areál Spalovny průmyslových odpadů Oslavany - Ivančice	16,700	40,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Starý Lískovec	7,050	40,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Kohoutovice	7,600	40,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Štýřice	10,337	40,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Bystrc	16,200	40,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Medlánky	1,597	40,00000
320100888	Teplárny Brno, a.s.	Brno	Veveří	13,965	40,00000
320100782	TTS energo s.r.o.	Třebíč	Teplárna Sever	18,017	40,60000
321118773	AB Facility a.s.	Praha	areál Zbrojovky Brno	4,400	41,00000
Součet					623,3
Celkem	kapacita sítí CZT				3280,6
Celkem	výkon zdrojů = kapacita sítí CZT/0,896				3661,4

Zdroj: [12]

Jaderná elektrárna Temelín

Číslo licence	Název subjektu	Obec	Název vymezeného území	Délka rozvodů km	Přenosová kapacita MW _t
321331279	Teplárna Loučovice, a.s.	České Budějovice	Soustava CZT Loučovice	6,368	60,00000
320100908	VLTA VOTÝNSKÁ TEPLÁRENSKÁ a.s.	Týn nad Vltavou	Týn nad Vltavou	22,200	60,00000
320100871	Teplárna Písek, a.s.	Písek	Písek	56,890	110,00000
320101523	Teplárna Tábor, a.s.	Tábor	Tábor	53,809	205,00000
320100517	Teplárna Strakonice, a.s.	Strakonice	Strakonice, ID 00512_T32	98,678	214,00000
320100199	Teplárna České Budějovice, a.s.	České Budějovice	Teplárna České budějovice, a.s.	185,928	361,50000
320100022	Šťastný Václav	České Budějovice	Borovany	0,600	1194,00000

320100513	C-Energy Planá s.r.o.	Planá nad Lužnicí	Planá nad Lužnicí	4,990	144,54000
320203719	Energetické centrum s.r.o.	Jindřichův Hradec	Teplárna Energetické centrum s.r.o.	5,000	65,00000
Součet					2414,04
Další dle uvážení autora vhodné cíle CZT o tepelné kapacitě 10-50MW_t					
320100837	BYTES Tábor s.r.o.	Tábor	TÁBOR MĚSTO	0,000	10,06400
320807160	ZVVZ ENERGO, s.r.o.	Milevsko	Milevsko - sídliště-ZVVZ a.s.	7,000	10,70000
320807160	ZVVZ ENERGO, s.r.o.	Milevsko	Areál ZVVZ	4,300	18,00000
320202285	CENTES Sezimovo Ústí, a.s.	Sezimovo Ústí	Tepelné hospodářství Sezimovo Ústí II	11,700	20,10000
321533520	E.ON Energie, a.s.	České Budějovice	Mydlovary - Zliv CZT	15,550	25,00000
320100837	BYTES Tábor s.r.o.	Tábor	SÍDLIŠTĚ NAD LUŽNICÍ	0,000	30,24000
320100837	BYTES Tábor s.r.o.	Tábor	PRAŽSKÉ PŘEDMĚSTÍ	0,000	31,74300
320101793	Tepelné hospodářství Prachatice s.r.o.	Prachatice	CZT Prachatice	14,840	46,00000
320100837	BYTES Tábor s.r.o.	Tábor	Tábor	13,050	47,00000
320504639	ČZ a.s.	Praha	ČZ a.s.	5,200	45,00000
Součet					283,847
Celkem	kapacita sítí CZT				2697,9
Celkem	výkon zdrojů = kapacita sítí CZT/0,896				3011,0

Zdroj: [12]

Sítě CZT v ČR, potenciálně vhodné pro zásobování teplem z malých jaderných zdrojů:

Číslo licence	Název subjektu	Obec	Název vymezeného území	Délka rozvodů km	Přenosová kapacita MW _t
Lokalita 1					
320203727	Plzeňský Prazdroj, a. s.	Plzeň	bytové domy U Prazdroje	6,532	50,00000
320909433	Plzeňská energetika a.s.	Plzeň	Plzeň Doudlevice	0,900	70,00000
320909433	Plzeňská energetika a.s.	Plzeň	Plzeň Skvrňany	0,000	70,00000
320909433	Plzeňská energetika a.s.	Plzeň	Škoda hlavní areál + Borská pole	2,350	277,00000

320100172	Plzeňská teplárenská, a.s.	Plzeň	Plzeň	147,748	523,00000
320203478	MOVO spol. s r. o.	Plzeň	Parovod MOVO spol. s r.o.	1,997	43,30000
					1033,3
Lokalita 2					
320806587	Veolia Průmyslové služby ČR, a.s.	Ostrava	SE LAZY	3,600	50,00000
320100255	ENERGETIKA TŘINEC, a.s.	Třinec	k.ú. Třinec - Konská	1,663	52,00000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	Krnov	24,000	113,00000
320202207	DISTEP a.s.	Frýdek- Místek	Frýdek Místek	77,712	118,00000
321220037	MS UTILITIES & SERVICES a.s.	Bohumín	Bohumín	31,800	146,00000
320102197	VÍTKOVICE, a.s.	Ostrava	Vítkovice, a.s.	1,300	154,00000
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Elektrárna Dětmarovice	1,614	157,00000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	Frýdek-Místek	0,000	206,30000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	Karviná	86,202	255,54000
320100255	ENERGETIKA TŘINEC, a.s.	Třinec	k.ú. Třinec	9,817	285,00000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	Havířov, Karviná- Doly	28,942	299,79600
320101300	ArcelorMittal Ostrava a.s.	Ostrava	Kunčice nad Ostravicí	215,000	300,00000
320100150	ČEZ, a. s.	Praha	Teplárna - Energetika Vítkovice, a.s.	17,718	445,00000
320705615	ČEZ Energetické služby, s.r.o.	Ostrava	Teplárna- Energetika Vítkovice	14,782	445,00000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	Ostrava	377,014	1197,72800
321226297	KOMTERM Morava, s.r.o.	Brno	Areál TATRA, a.s., Kopřivnice	3,345	166,00000
320103053	ENERGOAQUA, a.s.	Rožnov pod Radhoštěm	Výtopna E 1	15,020	70,00000
320100395	DEZA, a.s.	Valašské Meziříčí	DEZA, a.s.	16,700	150,00000
320806587	Veolia Průmyslové služby ČR, a.s.	Ostrava	SE Paskov, lokalita Chlebovice	1,200	12,00000

320806587	Veolia Průmyslové služby ČR, a.s.	Ostrava	SE Karviná, lokalita ČSA	2,900	39,50000
320806587	Veolia Průmyslové služby ČR, a.s.	Ostrava	SE DARKOV - závod 2	9,650	26,70000
320806587	Veolia Průmyslové služby ČR, a.s.	Ostrava	SE ČSM - lokality Sever a Jih	7,724	29,40000
320101300	ArcelorMittal Ostrava a.s.	Ostrava	Bartovice	12,500	19,00000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	NJ-Anenská	6,510	20,00000
320805770	Mayr-Melnhof Holz Paskov s.r.o.	Staříč	Rozvody tepelné energie	2,690	20,00000
320806587	Veolia Průmyslové služby ČR, a.s.	Ostrava	SE Paskov, lokalita Staříč	3,165	16,80000
321226814	Elektrárna Dětmarovice, a.s.	Dětmarovice	Elektrárna Dětmarovice	4,899	16,00000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	K-015	1,600	16,00000
320101300	ArcelorMittal Ostrava a.s.	Ostrava	AMO, závod Frýdek-Místek	3,600	14,80000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	K 010 Velká ohrada	2,022	15,10000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	Nemocnice s poliklinikou Havířov	1,350	13,20000
					4868,864
Lokalita 3					
320100661	ENERGY Ústí nad Labem, a.s.	Ústí nad Labem	Ústí nad Labem - Střekov	14,600	230,60000
320100661	ENERGY Ústí nad Labem, a.s.	Ústí nad Labem	Ústí nad Labem - Střekov	14,600	230,60000
320605077	ENERGIE Holding a.s.	Praha	Výtopna Litoměřice	18,342	50,50000
320101105	Lovochemie, a.s.	Lovosice	Lovosice	11,000	151,00000
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Soustava CZT Ústí nad Labem	107,365	460,00000
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Soustava CZT Ústí nad Labem	107,365	460,00000
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Výtopna Proboštov - napaječ ELE	75,237	144,00000

320100422	TERMO Děčín a.s.	Děčín	Kotelna Jílové	2,660	10,20000
320100422	TERMO Děčín a.s.	Děčín	Teplárna CZT Benešovská	19,810	39,00000
320100519	Tepelné hospodářství města Ústí nad Labem s.r.o.	Ústí nad Labem	Ústí n. L. - Střekov - CZT	7,188	26,40000
320100422	TERMO Děčín a.s.	Děčín	Teplárna Bynov	4,500	18,10000
320100422	TERMO Děčín a.s.	Děčín	Teplárna Želenice	8,060	18,10000
320100422	TERMO Děčín a.s.	Děčín	Kotelna Boletice	2,950	12,60000
					1872,795
Lokalita 4					
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Juliska	19,101	51,60000
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Elektrárna Chvaletice	3,190	52,30000
321533695	Pražské služby, a.s.	Praha 9	Štěrboholy-Malešice-Kyje	0,508	53,00000
320101878	Teplo Neratovice, spol. s r.o.	Neratovice	Město Neratovice	13,180	54,50000
320100347	Pražská teplárenská a.s.	Praha	Neratovice	0,000	54,50000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	Praha	1,500	57,87200
320100150	ČEZ, a. s.	Praha	Elektrárna Mělník	0,000	120,00000
320102041	BRUDRA s.r.o.	Praha 4	Radotín východ - průmyslová zóna	40,000	120,00000
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Elektrárna Mělník	11,000	120,00000
320101031	TEPO s.r.o.	Kladno, Sítná	Kladno-Kročehlavy	38,000	130,00000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Veslavín	26,882	132,90000
320101155	SPOLANA a.s.	Neratovice	Neratovice - Libiš	22,500	150,00000
320909212	Alpiq Generation (CZ) s.r.o.	Kladno	Průmyslová zóna Kladno-východ (POLDI I, POLDI II, Stará Huť)	0,561	173,00000
320100347	Pražská teplárenská a.s.	Praha	Holešovice	21,772	213,00000
321018396	TAMERO INVEST s.r.o.	Kralupy nad Vltavou	Kralupy nad Vltavou	28,100	360,00000

320504721	Mondi Štětí a.s.	Štětí	Areál společnosti Mondi Štětí a.s.	8,300	470,00000
320100308	Energotrans, a.s.	Praha	Dálkový tepelný napáječ Mělník - Praha	0,000	650,00000
320100347	Pražská teplárenská a.s.	Praha	Propojená soustava EMĚ I	298,759	1250,00000
321634104	Thomayerova nemocnice	Praha	Thomayerova nemocnice	2,362	11,00000
320100347	Pražská teplárenská a.s.	Praha	Lhotka - Libuš 16	1,821	11,60000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Rohožník	2,243	11,60000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Řepy ŘOK5	2,058	11,65500
320303924	České teplo s.r.o.	Praha	DP Hostivař	4,986	12,00000
321734712	Všeobecná fakultní nemocnice v Praze	Praha	Kotelna Wenzigova	1,100	12,10000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Nové Butovice NBOK18	1,645	12,48000
320100389	Pro Thermic, v.o.s.	Praha 5	Jihozápadní město	0,200	12,64100
321734712	Všeobecná fakultní nemocnice v Praze	Praha	Kotelna Benátská	2,600	13,20000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Řepy ŘOK1	2,440	13,60000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Řepy ŘOK2	1,865	13,60000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Řepy ŘOK3	2,029	13,60000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Stodůlky SOK2	1,259	13,60000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Řepy ŘOK4	2,123	14,80400
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Barrandov BK7	2,280	15,40000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Lužiny LOK5	2,197	15,60000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Lužiny LOK6	1,840	15,60000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Nové Butovice NBOK13	2,507	15,60000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Nové Butovice NBOK17	2,041	15,60000

321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Velká Ohrada VOOK8	1,001	15,60000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Dědina	5,759	16,10000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Lužiny LOK3	2,295	16,26900
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Lužiny LOK4	2,244	17,00000
321533275	Veolia Energie Praha, a.s.	Praha	Stodůlky SOK1	2,315	17,00000
321015529	4-Energetická, a.s.	Praha 4	Praha 4	0,000	18,00000
320100347	Pražská teplárenská a.s.	Praha	Ruzyně	0,072	20,10000
320101879	innogy Energo, s.r.o.	Praha	CZT Beroun	15,394	23,65000
321118470	Avia Energo, s.r.o.	Praha	Areál AVIA, sídliště Letňany	7,108	25,00000
320907424	Letiště Praha, a. s.	Praha 6	Letiště Ruzyně I	1,800	30,00000
320101879	innogy Energo, s.r.o.	Praha	CZT Králův Dvůr	3,170	30,00000
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Napajec ELE - Bílina	20,595	26,00000
321734402	Transfer Energy a.s.	Praha	Areál Transfer Energy	4,263	32,00000
320705195	CARTHAMUS a.s.	Praha	Soustava Nádraží - Domoradice	7,582	32,90000
320101031	TEPO s.r.o.	Kladno, Sítná	Kladno	19,000	36,00000
320100742	RDK servis,s.r.o.	Slaný	Plynové kotelny K-30, K-37, K-38, Olejová kotelna K-39	3,915	14,10000
					4837,671
Lokalita 5					
321734358	Teplo Chodov s.r.o.	Chodov	Chodov	0,000	56,00000
320101894	MARSERVIS, s.r.o.	Chodov	Chodov	0,000	56,50000
321014045	KAREL HOLOUBEK - Trade Group a.s.	Praha	Karlovy Vary + tepelný napájec Vřesová	34,175	135,03000
321533682	SUAS- Teplárenská s.r.o.	Sokolov	Ze zdroje Vřesová	0,022	238,00000
321634203	Elektrárna Tisová, a.s.	Březová	Elektrárna Tisová	34,649	324,00000

321634203	Elektrárna Tisová, a.s.	Březová	Elektrárna Tisová	0,000	324,00000
320202193	Synthomer a.s.	Sokolov	Areál závodu	15,700	112,00000
320100251	Veolia Energie Mariánské Lázně, s.r.o.	Mariánské Lázně	Mariánské Lázně	36,590	80,00000
320203586	AYIN, s.r.o.	Mariánské Lázně	parovod Vřesová a rozvody CZT Nejdek	25,100	46,40000
320705615	ČEZ Energetické služby, s.r.o.	Ostrava	Horní Slavkov	7,341	24,40000
321014045	KAREL HOLOUBEK - Trade Group a.s.	Praha	Propojka horkovodu Vřesová - K. Vary s odbočkou Vřesová - Chodov	0,006	24,50000
					1420,83
Lokalita 6					
320100951	Tepelné hospodářství Kadaň, s.r.o.	Kadaň	Město Kadaň	20,122	56,05200
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Klášteřec nad Ohří	0,528	67,30000
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Kadaň	1,156	67,40000
320100263	ACTHERM, spol. s r.o.	Chomutov	Město Chomutov - CZT	53,844	182,00000
321118664	Severočeská teplárenská, a.s.	Most - Komořany	Litvínov	0,000	192,00000
320100150	ČEZ, a. s.	Praha	Elektrárna Prunéřov	0,000	315,00000
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Chomutov	18,600	320,30000
321118664	Severočeská teplárenská, a.s.	Most - Komořany	Most	89,000	458,00000
320705534	UNIPETROL RPA, s.r.o.	Litvínov	Areál Unipetrol RPA, s.r.o. a nejbližší okolí	141,000	1000,00000
321015823	Coal Services a.s.	Most	ČSA	7,000	10,00000
321015823	Coal Services a.s.	Most	OM	2,700	10,00000

321015823	Coal Services a.s.	Most	ÚUK	3,300	10,00000
320202177	Severočeské doly a.s.	Chomutov	Úprava uhlí Ledvice	2,900	11,00000
321533778	Tepelné hospodářství Litvínov s.r.o.	Litvínov	Litvínov	14,176	34,90000
320100263	ACTHERM, spol. s r.o.	Chomutov	ODŠTĚPNÝ ZÁVOD CHOMUTOV - ROZVODY CZT	16,108	31,00000
320202177	Severočeské doly a.s.	Chomutov	Závod Bílina	7,300	15,00000
320103176	AGC Flat Glass Czech a.s., člen AGC Group	Teplíce	AGC Flat Glass Czech a.s., člen AGC Group, závod Řetenice	3,400	14,00000
320806954	DOTERM SERVIS s.r.o.- právní nástupce	Meziboří	Meziboří u Litvínova	6,974	13,20000
					2807,152
Lokalita 7					
320100196	ČESKOLIPSKÁ TEPLÁRENSKÁ a.s.	Česká Lípa	Špičák, Sever, Lada, Střed, Slovanka, Střelnice, Kopeček	34,504	70,00000
					70
Lokalita 8					
320101879	Innogy Energo, s.r.o.	Praha	Teplárna Náchod	34,800	100,00000
320100150	ČEZ, a. s.	Praha	Elektrárna Poříčí	2,120	296,00000
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Elektrárna Poříčí	144,143	296,00000
					692
Lokalita 9					
320101611	CENTROTHERM Mladá Boleslav, a.s.	Mladá Boleslav	Horkovodní napáječ HN2	103,424	110,00000
320101611	CENTROTHERM Mladá Boleslav, a.s.	Mladá Boleslav	Horkovodní napáječ HN1	18,585	31,30000
					141,3
Lokalita 10					
320100205	KLATOVSKÁ TEPLÁRNA a.s.	Klatovy	Město Klatovy	19,439	120,00000
					120
Lokalita 11					

320100878	Teplárna Liberec, a.s.	Liberec 4	Soustava centralizovaného zásobování teplem-Liberec	129,400	382,00000
320202132	Jablonecká energetická a.s.	Jablonec nad Nisou	Jablonec nad Nisou - centrální soustava zásobování teplem	39,080	120,00000
320100528	Rýnovická energetická s.r.o.	Jablonec nad Nisou	Rýnovická energetická s.r.o.	2,789	25,00000
320100528	Rýnovická energetická s.r.o.	Jablonec nad Nisou	sídliště Janovská	1,290	25,00000
					552
Lokalita 12					
320100150	ČEZ, a. s.	Praha	Teplárna Dvůr Králové nad Labem	8,180	130,00000
					130
Lokalita 13					
320100650	TON - ENERGO a.s.	Bystřice pod Hostýnem	Bystřice pod Hostýnem	1,500	60,00000
320100650	TON - ENERGO a.s.	Bystřice pod Hostýnem	Holešov	2,500	50,00000
321329923	Teplárna Otrokovice a.s.	Otrokovice	Otrokovice, Zlín, Napajedla	18,653	1087,07000
320100674	Teplo Zlín, a.s.	Zlín	Zlín	49,824	235,60200
320909212	Alpiq Generation (CZ) s.r.o.	Kladno	Zlín - město	53,000	273,00000
320100456	TEHOS s.r.o.	Otrokovice	Město Otrokovice, jihovýchodní část	11,600	52,50000
320101519	Zásobování teplem Vsetín a.s.	Vsetín	SZTE Vsetín	27,512	98,20000
320909212	Alpiq Generation (CZ) s.r.o.	Kladno	Zlín - Kocanda	1,500	10,00000
					1866,372
Lokalita 14					
320100150	ČEZ, a. s.	Praha	Elektrárna Hodonín	8,492	250,00000
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Elektrárna Hodonín	35,392	250,00000
					500

Lokalita 15					
320101642	PSP Technické služby a.s.	Přerov I - Město	Průmyslový areál	0,500	53,50000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	Přerov	38,000	300,00000
320101777	OLTERM & TD Olomouc, a.s.	Olomouc	Olomouc - CZT	23,087	265,99400
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	Olomouc	59,242	270,00000
320100548	Veolia Energie ČR, a.s.	Ostrava	Fakultní nemocnice Olomouc	3,163	26,50000
					915,994
Lokalita 16					
320100967	ŠKO-ENERGO, s.r.o.	Mladá Boleslav	Horkovody ŠKO-ENERGO, Mladá Boleslav a okolí	0,000	270,00000
320101611	CENTROTHERM Mladá Boleslav, a.s.	Mladá Boleslav	Horkovodní napáječ HN3	6,689	11,00000
					281
Lokalita 17					
320101147	Příbramská teplotárenská a.s.	Příbram	Teplárna Příbram	26,508	297,99700
					297,997
Lokalita 18					
321015242	Elektrárny Opatovice, a.s.	Pardubice 2	Soustava zásobování teplem	243,876	817,00000
320100937	Tepelné hospodářství Hradec Králové, a.s.	Hradec Králové	Hradec Králové	98,186	360,82200
320202966	Fakultní nemocnice Hradec Králové	Hradec Králové	Fakultní nemocnice	4,600	30,00000
321015572	Sev.en EC, a.s.	Chvaletice	Elektrárna Chvaletice	0,800	52,30000
320101253	Veolia Energie Kolín, a.s.	Kolín	Kolín	28,684	178,47000
320100943	Synthesia, a. s.	Pardubice	ALIACHEM a.s., odštěpný závod Synthesia	50,900	110,00000
320101985	HOLOUBEK ENERGO a.s.	Praha	Černožice nad Labem	4,500	44,80000
					1593,392
Lokalita 19					
320605077	ENERGIE Holding a.s.	Praha	Výtopna Louny	7,200	40,00000

320100789	Žatecká teplárenská, a.s.	Žatec	Soustava centrálního zásobování teplem Žatec	22,458	43,00000
					83
Celkem	tepelná kapacita sítí CZT v lokalitách 1 až 19				24083,7
Celkem	výkon zdrojů = kapacita sítí CZT/0,896				26879,1
Potenciál	jaderných tepláren s reaktorem RITM-200 (počet reaktorů)				233

Zdroj: [12]

Zdroje CZT v ČR, potenciálně vhodné pro využití malých jaderných zdrojů:

(kritérium tepelný výkon, el. výkon, infrastruktura)

Číslo licence	Název subjektu	Obec	Název zdroje	Výkon tepelný MW	Výkon elektrický MW
Lokalita 1					
310909432	Plzeňská energetika a.s.	Plzeň	ELÚ III	346 KVET	90,00000
310100170	Plzeňská teplárenská, a.s.	Plzeň	Teplárna	344,6 KVET 70 Horkovodní 434,6 Parní	150,5
				850,6	240,5
Lokalita 2					
311226813	Elektrárna Dětmarovice, a.s.	Dětmarovice	Elektrárna Dětmarovice	344 KVET 23,7 Horkovodní 2026,6 Parní	800
320100206	ENERGETIKA TŘINEC, a.s.	Třinec	Teplárna E2	235,8 KVET 235,8 Parní	39,5
320100206	ENERGETIKA TŘINEC, a.s.	Třinec	Teplárna E3	350,7 KVET 350,7 Parní	62
310100392	DEZA, a.s.	Valašské Meziříčí	DEZA, a.s., teplárna	206 KVET 206 Parní	17,6
310100392	DEZA, a.s.	Valašské Meziříčí	DEZA, a.s., teplárna	206 KVET 206 Parní	17,6
310100392	DEZA, a.s.	Valašské Meziříčí	Výtopna	92 KVET 92 Parní	0
311533765	Energocentrum Vítkovice, a.s.	Ostrava – Vítkovice	Teplárna Energetik	182 KVET 182 Parní	79
45193410	VEOLIA Energie, a.s.	Ostrava- Třebovice	Elektrárna Třebovice	648,9 KVET 116 Horkovodní 648,9 Parní	174
45193410	VEOLIA Energie, a.s.	Ostrava- Přívóz	Teplárna Přívóz	176 KVET 176 Parní	13,5
310100551	Veolia Energie ČR, a.s.	Frýdek- Místek	Teplárna Frýdek- Místek	35 KVET 35 Parní	49,6

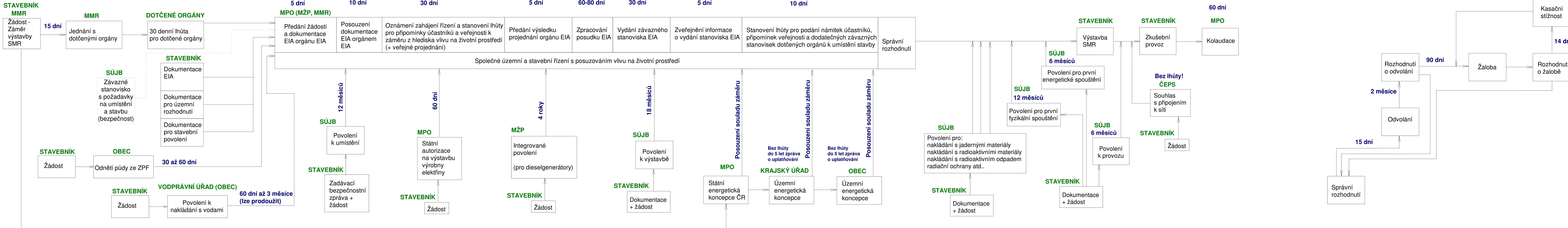
				106,5 Horkovodní	
310100551	Veolia Energie ČR, a.s.	Karviná	Teplárna Karviná	248 KVET 248 Parní	54,9
310100551	Veolia Energie ČR, a.s.	Karviná	Teplárna ČS. Armády	171 KVET 171 Parní 106,5 Horkovodní	24
311012846	TAMEH Czech, s.r.o.	Ostrava Kunčice	Teplárna	1359 KVET 1359 Parní	254
310102935	BorsodChem MCHZ, s.r.o.	Ostrava – Mariánské Hory	Kotelna – Chemická	11,4 KVET 74,5 Parní	0,5
310806565	VEOLIA Průmyslové služby, a.s.	Stonava	Teplárna ČSM Sever	87,7 Parní 3 Teplovodní 75,2 KVET	5
				6248,9	1573,6
Lokalita 3					
310100145	ČEZ, a.s.	Trmice	Teplárna Trmice	469,3 Parní 305,4 KVET	89
310100662	ENERGY Ústí nad Labem, a.s.	Ústí nad Labem	ENERGY Ústí nad Labem, a.s	248 KVET 248 Parní	15,8
310705674	Teplárna Varnsdorf, a.s.	Varnsdorf	Teplárna Varnsdorf	55 KVET 63,8 Parní	4
310101104	Lovochemie, a.s.	Lovosice	Teplárna Lovochemie	267,5 KVET 267,5 Parní	43,8
				1048,6	152,6
Lokalita 4					
310909214	SEVEN energy	Kladno	Elektrárna Kladno	966 Parní 498 KVET	473
310100145	ČEZ, a.s.	Mělník	Elektrárna Mělník I	600 KVET 1098 Parní	240
310100145	ČEZ, a.s.	Mělník	Elektrárna Mělník II	120 Horkovodní	220
310100145	ČEZ, a.s.	Mělník	Elektrárna Mělník III	17 Horkovodní	500
311533274	Veolia Energie, a.s.	Praha	Teplárna Veslavín	132,9 Horkovodní 2,6 KVET	1,8
310100305	Pražská teplárenská, a.s.	Praha	Teplárna Michle	35,5 KVET 116 Horkovodní 43 Parní	6
310100386	Mondi Štětí, a.s.	Štětí	Mondi Štětí, a.s.	540 KVET 540 Parní	112,5

311018395	TAMERO Invest s.r.o	Kralupy nad Vltavou	Závodní teplárna – Kralupy nad Vltavou	361,2 KVET 361,2 Parní	66,7
				3394,1	1620
Lokalita 5					
311533576	Elektrárna Tisová a.s.	Březová	Elektrárna Tisová II	111 Parní 111 KVET	105
310504636	Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.	Sokolov	PPC Vřesová	370 KVET 30 Horkovodní 370 Parní	400
310504636	Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.	Sokolov	ZE Vřesová	1100 KVET 1100 Parní	220
310202194	Synthomer, a.s.	Sokolov	Teplárna	79,8 KVET 79,8 Parní	8,6
311533576	Elektrárna Tisová, a.s.	Březová	Elektrárna Tisová	409 KVET 409 Parní	183,8
				2099,8	917,4
Lokalita 6					
310909214	UNITED ENERGY	Most	Teplárna Komořany	1076 Parní 453,8 KVET	239
310100145	ČEZ, a.s.	Bílina	Elektrárna Ledvice II	11,5 Horkovodní 340 Parní	220
310100145	ČEZ, a.s.	Bílina	Elektrárna Ledvice III	5,8 Horkovodní 44 Parní	110
310100145	ČEZ, a.s.	Bílina	Elektrárna Ledvice IV B6	1288,1 Parní 17 KVET	660
310100145	ČEZ, a.s.	Kadaň	Elektrárna Tušimice II	93,5 Horkovodní 26,5 Parní	800
311221924	Elektrárna Počeradý, a.s.	Počeradý	Elektrárna Počeradý	23 KVET 2435 Parní	1000
310100145	ČEZ, a.s.	Kadaň	Elektrárna Pruněřov I	322 Horkovodní	440
310100145	ČEZ, a.s.	Kadaň	Elektrárna Pruněřov II	300 KVET 1581 Parní	750
310100259	ACTHERM, spol. S.r.o.	Chomutov	Teplárna na Moráni	177,3 Parní 87,2 KVET	26
310705533	UNIPETROL RPA, s.r.o.	Litvínov	T700	557 KVET 768 Parní	112
				8272,2	4357
Lokalita 7					

Lokalita 8					
310100179	Innogy Energo, s.r.o.	Náchod	Teplárna Náchod	108,3 Parní 42,9 KVET	17
310100145	ČEZ, a. s.	Trutnov	Elektrárna Poříčí	97 Horkovodní 199 Parní	165
				404,3	182
Lokalita 9					
Lokalita 10					
310100204	KLATOVSKÁ TEPLÁRNA a.s.	Klatovy	Kotelna parních kotlů	26,4 KVET 43,2 Parní	0,4
				43,2	0,4
Lokalita 11					
310100832	Teplárna Liberec, a.s.	Liberec	Teplárna Liberec, a.s.	151,8 Parní 78 KVET	5
				151,8	5
Lokalita 12					
310100145	ČEZ, a. s.	Dvůr Králové nad Labem	Teplárna Dvůr Králové nad Labem	67,1 Parní 49,8 KVET	7,3
				67,1	7,3
Lokalita 13					
311329992	Teplárna Otrokovice, a.s.	Otrokovice	Teplárna Otrokovice, a.s.	301,5 Parní 264,9 KVET	50
310909214	Alpiq Generation, s.r.o.	Zlín	Teplárna Zlín	220 KVET 251 Parní	64
310909214	Alpiq Generation, s.r.o.	Zlín	Výtopna Zlín	110 Parní	0
				965,5	114
Lokalita 14					
310100145	ČEZ, a. s.	Hodonín	Elektrárna Hodonín	245 Parní	107
320605110	ČEZ Teplárenská, a.s.	Říčany	Elektrárna Hodonín	35,392	250,00000
				278,9	357
Lokalita 15					
310100551	Veolia Energie ČR, a.s.	Olomouc	Teplárna Olomouc	213,4 KVET 213,4 Parní	49,6
310100551	Veolia Energie ČR, a.s.	Přerov	Teplárna Přerov	169 KVET 203,6 Parní	52
				417	101,6
Lokalita 16					

Lokalita 17					
310705576	Výroba a prodej tepla Příbram, a.s.	Příbram	Teplárna Příbram	138,5 KVET 138,5 Parní	44,2
				138,5	44,2
Lokalita 18					
310100938	Synthesia, a.s.	Pardubice	Teplárna ZL1 ALIACHEM	158 Parní	25,6
310100938	Synthesia, a.s.	Pardubice	Teplárna ZL2 ALIACHEM	174 Parní 48 Horkovodní	50
311015571	Sev.en EC, a.s.	Chvaletice	Elektrárna Chvaletice	69,6 KVET 102,2 Parní	820
31010255	VEOLIA Energie Kolín, a.s.	Kolín	Elektrárna Kolín	180,7 KVET 180,7 Parní	19,76
31010255	VEOLIA Energie Kolín, a.s.	Kolín	Výtopna Kolín – východ	42,8 Parní	0
311015241	Elektrárny Opatovice, a.s.	Opatovice nad Labem	Areál elektrárny Opatovice	470 KVET 1068 Parní	378
				1773,7	1293,4
Lokalita 19					
Potenciál celkem	lokality 1 až 19			26154,2	10966
Potenciál	jaderné teplárny s reaktorem RITM-200 (počet reaktorů)			226	219
Potenciál	jaderné teplárny s reaktorem ABV-6M (počet reaktorů)			5	3

Zdroj: [12]



Příloha č.6

Společnosti v ČR působící jako dodavatelé v oboru jaderné energetiky

ČR má tradici jaderného průmyslu a patří mezi země, které dokáží navrhnout i postavit SMR pro teplofikační účely. Společnosti působící jako dodavatelé v oboru jaderné energetiky se sdružují v organizaci CPIA.

Tabulka 1: Seznam českých dodavatelů působících v oblasti jaderné energetiky k září 2017

Společnost	Země	Adresa	Dodávka
ABB s.r.o.	ČR	Štětkova 1638/18, 140 00 Praha 4, ČR	Elektrická část
ADAMEC Crane Systems, s.r.o.	ČR	Dolejší 96, 252 26 Kosoř, ČR	Jeřáby a manipulační technika
ALSTOM Power CZ, s.r.o., ALSTOM Group	ČR	Olomoucká 7/9, 656 66 Brno, ČR	Turbinový ostrov
Alta, a.s.	ČR	Štefánikova 41, 602 00 Brno, ČR	Jaderné palivo, inženýring
BETVAR a. s.	ČR	Nákupní 995, 252 42 Jesenice, ČR	Civilní část
Doosan Škoda Power s.r.o.	ČR	Tylova 57, 301 00, Plzeň, ČR	Turbinový ostrov, turbína
EGE, spol. s r.o.	ČR	Novohradská 34, 370 08 České Budějovice, ČR	Elektrická část, Zapouzdřené vodiče
EnerSys, s.r.o.	ČR	Roztylské nám. 649/19, 141 00, Praha 4 – Záběhlice, ČR	Elektrická část, akumulátory
ETD TRANSFORMÁTORY a.s.	ČR	Zborovská 54/22, Doudlevice, 301 00 Plzeň, ČR	Akumulátory, transformátory
HOCHTIEF CZ a.s.	ČR	Hochtief CZ a.s., Plzeňská 3217/16, 150 00 Praha 5, ČR	Civilní část
CHEMCOMEX Praha, a.s.	ČR	Elišky Přemyslovny 379, 156 00 Praha 5 – Zbraslav, ČR	Speciální a pomocné systémy pro jaderný a turbinový ostrov
I&C Energo a.s.	ČR	Pražská 684/49 Borovina, 674 01 Třebíč, ČR	Elektrická část, Informační a výpočetní technika
Kabelovna Kabex, a.s.	ČR	Politických vězňů 84, 345 62 Holýšov, ČR	Kabely

KRÁLOVOPOLSKÁ RIA a.s.	ČR	Okružní 19a, 638 00 Brno, ČR	Speciální a pomocné systémy pro jaderný a turbinový ostrov
MODŘANY Power, a.s.	ČR	Komořanská 326/63, 143 10 Praha 4, ČR	Potrubí
NOPO ENGINEERING s.r.o.	ČR	Zemědělská 898/3, Hradec Králové, ČR	Jeřáby a manipulační technika
OSC, a.s.	ČR	Staňkova 557/18a, Ponava, 602 00 Brno, ČR	Simulátor, informační a výpočetní technika
PSG International a.s.	ČR	Napajedelská 1552, 765 02, Otrokovice, ČR	Civilní část
REKO PRAHA a. s.	ČR	Českobrodská 816/36, 190 00 Praha 9 – Hloubětín, ČR	Chladicí věže
SERW, spol. s r.o.	ČR	Tymákovská 42, Sedlec, 332 02 Starý Plzenec, ČR	Elektrická část, spínací technika
Schneider Electric CZ, s.r.o.	ČR	U Trezorky 921/2, Jinonice, 158 00 Praha 5, ČR	Elektrická část, informační a výpočetní technika
SIGMA DIZ spol. s.r.o.	ČR	Jana Sigmunda 313, 783 49 Lutín, ČR	Čerpadla
Spálovský a.s.	ČR	Malý Val 1591/27a, 767 01 Kroměříž, ČR	Elektrická část, elektrické rozvaděče
ŠKODA JS a.s.	ČR	Orlík 266/15, Bolevec, 316 00 Plzeň, ČR	Jaderný a turbinový ostrov
ŠKODA PRAHA Invest s.r.o.	ČR	Duhová 2/1444, 140 74 Praha 4, ČR	Inženýring turbinového ostrovu, pomocné systémy
VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s.	ČR	Ruská 1142/30, 706 02 Ostrava – Vítkovice, ČR	Turbinový ostrov, výměníky
ZAT a.s.	ČR	K Podlesí 541, 261 80 Příbram VI, ČR	Informační a výpočetní
ZVVZ-Enven Engineering a.s.	ČR	Sažinova 1339, 399 01 Milevsko, ČR	Vytápění, větrání a klimatizace
Akermann elektronik spol.s.r.o.	ČR	Moskevská 949/86, 101 00 Praha 10	
Alfa Laval spol. s r.o.,	ČR	U nákladového nádraží 6, 130 00 Praha 3	
ALVE spol. s r.o.	ČR	Veřovice č. pop. 80, 742 73 Veřovice	
AMEC s.r.o.	ČR	Křenová 58, 602 00 Brno	
AMTEK s.r.o.	ČR	Vídeňská 125, 619 00 Brno-Přízřenice	

APB - PLZEŇ a.s	ČR	Barvínková 582/8, 326 00 Plzeň	
AR Brno. spol. s r.o.	ČR	Náměstí Svobody 12b, 671 72 Miroslav	
ARAKO spol. s.r.o.	ČR	Hviezdoslavová 18, 746 01 Opava	
ARCO technik s.r.o.	ČR	Platónova 3281/14, 143 00 Praha 4	
ARKO Technology, a.s.	ČR	Vídeňská 108, 619 00 Brno	
ARMATURKA VRANOVÁ LHOTA, a.s.	ČR	Vranová Lhota, 571 01 Moravská Třebová	
Armaturka Krnov a.s.	ČR	Bruntálská 2313/5, 794 01 Krnov	Průmyslové armatury
ARMATURY Group a.s.	ČR	Bolatická 39, 747 21 Kravaře	
ARROW Electronics Czech Republic s.r.o.	ČR	CITY TOWER, Hvězdova 1716/2b, Praha 4	
Atlas Copco s.r.o.	ČR	Průmyslová 10, 102 00 Praha 10	
ATMOS Systems, a.s.	ČR	Plzeňská 149, 330 03 Chrást	
AUMA Servopohony s.r.o.	ČR	Boleslavská 1467, 250 01 Brandýs nad Labem-Stará Boleslav	
AVENET s.r.o.	ČR	Hradilova 4/3, Brno	
AXIMA s.r.o.	ČR	Vídeňská 125, Brno	
AZ-Klima Praha, s.r.o.	ČR	Točitá 1718/10, 14 000 Praha 4	
B+R automatizace s.r.o.	ČR	Stránského 3140/39 616 00 Brno-Žabovřesky	
BACKER ELEKTRO CZ a.s.	ČR	Poličská 444, 539 01 Hlinsko	
BALKANCAR CZ s.r.o.	ČR	Ovocný trh 572/11, 110 00 Praha 1	
BAUCOMEX CZ, s.r.o.	ČR	Švédská 43, 150 00 Praha 5	
Benning CR s.r.o.	ČR	Zahradní 894, 293 06 Kosmonosy	
BGH, a.s.	ČR	Nám. Přemysla Otakara II. 123/36, 370 01 České Budějovice	
BLANESTA s.r.o.	ČR	Svitavská 2392/7b, Blansko 67801	
BM KLIMA, s.r.o.	ČR	Valchařská 24/36, 614 00 Brno - Husovice	
BOHDAN BOLZANO, s.r.o.	ČR	Huťská 1379, 272 01 Kladno	
Bohemia Müller s.r.o.	ČR	Loupnická 139, 435 42 Litvínov-Janov	
Böhler Uddeholm CZ s.r.o.	ČR	U silnice 949, 161 00 Praha 6	
Bosch Termotechnika s.r.o.	ČR	Pod Višňovkou 1661/35, 140 00 Praha 4	

BRANO a.s.	ČR	Opavská 1000, 747 41 Hradec nad Moravicí
CAB minerals, s.r.o.	ČR	Jeronymova 1385/23, 618 00 Brno - Židenice
Carpenter, s.r.o.	ČR	Radošovice 83, okres Benešov, 257 26
CG Electronics, spol.s.r.o.	ČR	Železničářská 349/39, Plzeň
CISCO SYSTEMS (Czech Republic) s.r.o.	ČR	V celnici 1462/10, 110 00 Praha-Nové Město
CIUR, a.s.	ČR	Malé náměstí 142/3, 110 00 Praha 1
COLSYS-AUTOMATIK, a.s.	ČR	Huťská 1294, 272 01 Kladno
COMPLETE CZ, s.r.o.	ČR	V Rovinách 520/46, 140 00 Praha 4
Contra spol.s.r.o.	ČR	Bohuslava Martinů 64, Brno
CUBE CZ, s.r.o.	ČR	Ferdinandov 612, Hejnice
Czech Precision Forge, a.s.	ČR	Husova 242/9, 110 00 Praha 1
Czech Steel Tube, a.s.	ČR	Plaská 622/3, 150 00 Praha 5
ČEZ ENERGOSERVIS s.r.o.	ČR	Bráfova 16, 674 01 Třebíč
ČEZ ICT Services, a.s.	ČR	Duhová 1531/3, 140 53 Praha 4
ČKD Blansko, a.s.	ČR	Čapkova 2357/5, 678 01 Blansko
D A S spol. s r. o.,	ČR	Nádražní 2293, 738 01 Frýdek - Místek
DAGGER CZ, a.s.	ČR	Beranových 65, 199 02 Praha 9 - Letňany
DELL Computer s.r.o.	ČR	V parku 2325/16, Praha 11
Deltalift s.r.o.	ČR	V Chotejně 9/1307, 102 00 Praha 10
DENWEL, spol. s r. o.	ČR	Prostřední 4, 141 00 Praha 4
DOE spol.s.r.o.	ČR	U družstva Ideál 7, 140 00 Praha 4
DOKA, s.r.o.	ČR	Drůbežní trh 163/15, 664 91 Ivančice
Dystiff s.r.o.	ČR	Železniční 548/4B, Olomouc, 779 00
Eaton elektrotechnika s.r.o.	ČR	Komárovská 2406, Praha 9
EBV Elektronik	ČR	Argentinská 38/286, Praha 7
ECOM s.r.o.	ČR	A. Jiráskova 384, České Meziříčí
ECOMAL s.r.o.	ČR	Mlýnská 1095, Přeštice
EGEM s.r.o.	ČR	Novohradská 736/36, 370 08 České Budějovice
ELDOR II s.r.o.	ČR	Hatě 545, 261 01 Příbram III

ELECO VEP CZ s.r.o.	ČR	Vídeňská 55, Brno
ELFIS s.r.o.	ČR	Kolmá 10, Praha 9
Elisch s.r.o.	ČR	U Lilky 625, Příbram
ELPO UPS s.r.o.	ČR	V Sedlci 27, Praha 6
ELVAC a.s.	ČR	Hasičská 53, Ostrava-Hrabůvka
ELVAC IPC, spol.s.r.o.	ČR	Hasičská 53, Ostrava-Hrabůvka
Emerson Process Management, s.r.o.	ČR	Hájkova 2747/22, 130 00 Praha 3,
Endress+Hauser Czech s.r.o.	ČR	Olbrachtova 2006/9, 140 00 Praha
Energetické opravny, a.s.	ČR	Pruněřov 375, 432 01 Kadaň
Energovýzkum, s.r.o.	ČR	Božetěchova 17, 612 00 Brno
ENEZA, s.r.o.	ČR	Průmyslová 1021, 739 65 Třinec
ENIKA, spol.s.r.o.	ČR	Nádražní 609, Nová Paka
ENVINET, a.s.	ČR	Modřínová 1094, 674 01 Třebíč
ERICSSON spol. s r.o.	ČR	Sokolovská 192/79, 180 00 Praha-Karlín
ESAB VAMBERK, s.r.o.	ČR	Smetanovo nábřeží 334, 517 54 Vamberk
ETD TRANSFORMÁTORY a.s.	ČR	Zborovská 22, 301 00 Plzeň
EUCON s.r.o.	ČR	Štítného 202/35, 130 00 Praha 3
EUROVIA CS, a.s.	ČR	Národní 10, 113 19 Praha 1
EVRAZ Vítkovice STEEL, a.s.	ČR	Štramberská č.p. 2871/47, 709 00 Ostrava - Hulváky
EXIMET TRAFOS s.r.o.	ČR	Jevišovice 105
EX-TECHNIK s.r.o.	ČR	Na Pečonce 1903/21, 710 00 Slezská Ostrava
FABORY CZ holding, s.r.o.	ČR	U Trati 38a, Praha
FASS, s.r.o.	ČR	Čiklova 23, 140 00 Praha 4
FCC Průmyslové systémy s.r.o.	ČR	U Slovanky 3, Praha 8
Ferona, a.s.	ČR	Havlíčková čp. 1043/11, 111 82 Praha 1
FINDER CZ, s.r.o.	ČR	Hostivařská 92/6, 102 00 Praha-Hostivař
Fischer Elektronik součást.distributor s.r.o.	ČR	A. Jiráka 260, 261 01 Příbram 1

FOMAS, s.r.o.	ČR	Česká Kubice, Nový Spálenec 14, 344 01 Domažlice	
FS CODES s.r.o.	ČR	Třebohostická 12/1244, Praha 10	
Gauss electronic s.r.o.	ČR	Zahradní 586, Studénka	
GE Elektric, s.r.o.	ČR	Francouzská 53/387, Brno	
GEFOS, a.s.	ČR	Kundratka 17, 180 82 Praha 8 - Libeň	
GHV Trading s.r.o.	ČR	Kounicova 67a, Brno	
GIGA, s.r.o.	ČR	České mládeže 1096, 463 12 Liberec 25	
GMC-měřicí technika, s.r.o.	ČR	Fuegnerova 1a, Blansko	
G-Team, a.s.	ČR	Dobřany, Šeříková 580, 334 41	
HARTING s.r.o.	ČR	Mlýnská 2, Praha 6	
Hasil a.s., Liberec	ČR	Ruprechtická 732/8, Liberec 1- Staré město, Liberec 460 01	
Hempel s.r.o.	ČR	Bartošova 3, 602 00 Brno,	
Hewlett-Packard s.r.o.	ČR	BBC Centrum, budova C, Vyskočilova 1/1410, 140 21 Praha	
HN Technology, s.r.o.	ČR	Česká 2, 284 01 Kutná Hora	
H-PROJECT s. r.o.	ČR	Okružní 19A, 638 00 Brno	
HTK a.s.	ČR	Pražská 293, 500 04 Hradec Králové	
HYPEL-Hynek Pangrác Elsystémy	ČR	Manž.Topinkových 833, Kladno	
I.B.C. Praha spol. s r.o.	ČR	Karlštejská 9, 252 25 Jinočany	Industrial valves
IBG Praha s.r.o.	ČR	Karlovarská 106, 252 61 Jeneč	
IMI International s.r.o.	ČR	CT Park, Evropská 852, 664 42 Modřice	
Ingomat, s.r.o.	ČR	Železniční 2650/11, 326 00 Plzeň	
INOX SERVIS s.r.o.	ČR	Luboměř 1359, 753 62 Potštát	
INTECH spol. s r.o.	ČR	Jilemnického 887, 56201 Ústí nad Orlicí	
ISH PUMPS OLOMOUC a.s.	ČR	Hybešova 1282/16, 779 00 Olomouc - Hodolany,	
ITECO, s.r.o.	ČR	Vrázova 59, 616 00 Brno	
Jacquet, s.r.o	ČR	Podnikatelská 539, 190 11 Praha 9 - Běchovice	
Janka Engineering, s.r.o.	ČR	Vrážská 143, 153 01 Praha 5 - Radotín	

JIHOMORAVSKÁ ARMATURKA, spol. s r.o.	ČR	Lipová alej 3087/1, 695 01 Hodonín
JSP, s.r.o.	ČR	Raisova 547, 506 01 Jičín
K2L cz, s.r.o.	ČR	Václavské náměstí 832/19, 110 00 Praha 1 - Nové Město
Klement, a.s.	ČR	Hlíňany 18, 403 13 Řehlovice
KLIKA - BP, a.s.	ČR	Jihlava, 8. března 4812/2a, 586 01
KOALA s.r.o.	ČR	Firemní 709/4, Brno
Kone a.s., Praha	ČR	Lužná 716/2, 160 00 Praha 6
KORAMEX a.s.	ČR	Pražská 268, Sušice
KOVOVÉ Profily, s.r.o.	ČR	Podnikatelská 545, 190 11 Praha 9 - Běchovice
KROHNE CZ, spol. s r.o.	ČR	Soběšická 156, 638 00 Brno
KSB - PUMPY + ARMATURY s.r.o., koncern	ČR	Klíčova 2300/6, 14900 Praha 4 - Chodov
Lapas, s.r.o.	ČR	Moravské nám. 13, 657 18 Brno
LAPPKABEL s.r.o.	ČR	Bartošova 315, Otrokovice
LDM, spol. s r.o.	ČR	Litomyšlská 1378, 560 02 Česká Třebová
LEŇO stabil Czech s.r.o.	ČR	Českoobrabská 19, 702 00 Ostrava
MACROFLEX, s.r.o.	ČR	Na Křečku 365, 109 04 Praha 10-Měcholupy
MANDÍK, a.s.	ČR	Hostomice, Dobříšská 550, 267 24
MANE STAVEBNÍ s.r.o.	ČR	Okružní 2615, 370 01 České Budějovice
MARTECH - CORP. s.r.o.	ČR	Resslova 767, 500 02 Hradec Králové
Mátl & Bula, spol. s r.o.	ČR	Stará pošta 750, 664 61 Rajhrad
MECHATRONIC, spol. s r.o.	ČR	Kloknerova 9, 14800 Praha 4
METRA Blansko a.s.	ČR	Pražská 7/1602, Blansko
Metrohm Česká republika s.r.o.	ČR	Na Harfě 935/5c, 190 00 Praha 9
MEVA a. s.	ČR	Na Urbance 632, 413 13 Roudnice nad Labem
MICo, spol. s r.o.	ČR	Sucheniova 270/6, Třebíč 674 01
MIX, spol. s r.o.	ČR	Okružní 834/29a, 638 00 Brno
Mixánek s.r.o.	ČR	Ohrazenice 154, 511 01 Turnov

Moravia Systems a.s.	ČR	Vinohradská 1511/230, 100 00 Praha 10
Moravské přístroje a.s.	ČR	Masarykova 1148, Zlín-Malenovice
MOSTRO, a.s.	ČR	Komořanská 1900/63, 143 14 Praha 4
Motorola s.r.o.	ČR	Klimentská 1216/46, 110 00 Praha-Nové Město
MPOWER, a.s.	ČR	Pod Vinicí 2028/20, 143 01 Praha 4
GRADIOR POWER s.r.o.	ČR	Křížkova 68a, 660 90 Brno
MPSJ a.s.	ČR	Karolinská 650/1, 186 00 Praha 8 - Karlín
MSA, a.s.	ČR	Hlučínská 41, 747 22 Dolní Benešov
MUT Tubes, s.r.o.	ČR	Hybernská 1271/32, 110 00 Praha 1,
MUTT, s.r.o.	ČR	T.G.Masaryka 290, 272 01 Kladno
Narimex Praha s.r.o.	ČR	Postřižinská 797/1, 198 00 Praha 9 - Hloubětín
NOSRETI, a.s.	ČR	Mariánské Hory, 28. října 2020/231, 709 00 Ostrava
OBO Betermann Praha s.r.o.	ČR	Modletice 81, P.O. Box 96, 25101 Říčany u Prahy
ODES, s.r.o.	ČR	Rybalkova 543, 551 01 Jaroměř
OEM Automatic spol.s.r.o.	ČR	Baarova 3a, Praha 4
OPTOKON a.s.	ČR	Červený Kříž 250, Jihlava
ORBIT MERRET spol. s.r.o.	ČR	Vodňanská 675/30, Praha 9
OS-Kom s.r.o.	ČR	Zvíkovská 22, Praha 5
Otis, a.s.	ČR	Břeclav, J. Opletala 1279, 690 02
Pall Austria Filter GmbH	ČR	Organizační složka, Kloknerova 2249/9, Praha 4, 148 00
Pantek (CS) s.r.o.	ČR	Sušilova 1528/1, Hradec Králové
PARS DĚČÍN, s.r.o.	ČR	VI, Slovanská 44/898, 405 02 Děčín
PBS Industry, a.s.	ČR	Průmyslová č.p. 162, 674 86 Třebíč
PBT s.r.o.	ČR	Lesní 2331, Rožnov p.Radhoštěm
PCB Benešov, a.s.	ČR	Jana Nohy 1352, Benešov
PEPPERL+FUCHS s.r.o.	ČR	Sokolovská 79, Praha 8
Peri, spol. s.r.o.	ČR	Průmyslová 392, 252 42 Jesenice u Prahy

PHOENIX CONTACT spol. s.r.o.	ČR	Dornych 47, Brno
Phoenix-Zeppelin, spol.s r.o.	ČR	Lipová 72, 251 70 Modletice,
PKE ČR s.r.o.	ČR	Lužná 716/2, 160 00 Praha 6
POLNA Corp. s.r.o.	ČR	Oldřichovice 738, 739 61 Třinec
Prestar s r.o.	ČR	Vávrovická 287/101, 747 07 Opava - Vávrovice
PRIMAPOL-METAL-SPOT, s.r.o	ČR	Národní 416/37, 110 00 Praha 1 - Staré Město
PRIMUS CE, s.r.o.	ČR	Místecká 1116, 742 58 Příbor
PROFESS spol.s.r.o.	ČR	Květná 5, Plzeň
PUMPA, a.s.	ČR	Stromovka 3, okres Brno-město, 637 00 Brno
Q-Elektrik, a.s.	ČR	Podzámčí 1926/20, Ostrava
Quardo a.s.	ČR	Křížíkova 68g, 612 00 Brno
R.F.PROFI, s.r.o.	ČR	Čimická 310/25, 181 00 Praha - Praha 8 - Troja
RÁDL spol. s r.o.	ČR	Domažlická 178, 318 03 Plzeň
REA-S, s.r.o.	ČR	Mostárenská 9, 977 56 Brezno
RegulTech servis, s.r.o.	ČR	Býšť čp. 23, 533 22 Býšť
REMAK a.s.	ČR	Zuberská 2601, 756 61 Rožnov pod Radhoštěm
RENETRA s.r.o.	ČR	Nám. Osvobození 6, 753 61 Hranice-Drahotuše
REVOS, s.r.o.	ČR	Hudcova 76, 612 00 Brno
Rittal Czech, s.r.o.	ČR	Ke Zdibsku 182, 250 66 Zdiby u Prahy
Rolled Alloys, s.r.o	ČR	Olomoucká 306, 753 01 Hranice - Hranice I - Město
ROUČKA SLÉVÁRNA, a.s.	ČR	Tuřanka 115, 627 32 Brno
RYSTON Electronics, s.r.o.	ČR	Pod Vinicí 2045/18, Praha 4
SANDVIK CHOMUTOV PRECISION TUBES spol. s r.o.	ČR	Vítězslava Nezvala 5502, 430 01 Chomutov
SAROND, s.r.o.	ČR	Letkov 95, 326 00 Plzeň
Sbsys, s.r.o.	ČR	Závišova 9, Praha 4
SEW-EURODRIVE CZ, s.r.o.	ČR	Lužná 591, Praha 6
SCHMACHTL CZ, spol.s.r.o.	ČR	Vestec 185, Jesenice

Schoeller - Bleckmann, s.r.o.	ČR	Pod Parukářkou 2760/12, 130 00 Praha 3
SIEMENS s.r.o.	ČR	Siemensova 1, Praha 13
SIEMENS TURBOMACHINERY, s.r.o.	ČR	Olomoucká 7/9, 618 00 Brno
SIGMA - ENERGO s.r.o.	ČR	Na Nivkách 299, 674 01 Třebíč
SIGMA GROUP a.s.	ČR	Jana Sigmunda č.79, 783 50 Lutín
SIWATEC, a.s.	ČR	Tř.svobody 43/397, 771 11 Olomouc
SKYBERGTECH sw.r.o.	ČR	Baškirská 1404/1, Praha
SOS electronic s.r.o.	ČR	Hybešova 42, Brno
STARMANS electronics s.r.o.	ČR	V zahradách 24/836, Praha 8
Stäubli Systems, s.r.o.	ČR	Hradecká 536, 530 09 Pardubice
Sternberg, s.r.o.	ČR	Oblouková 49, 785 01 Šternberk
STEVENSON AND ASSOCIATES Kancelář v České republice a.s.	ČR	Vejprnická 56, 318 00 Plzeň
SVAN Chrudim s.r.o.	ČR	U cukrovaru 789, 538 21 Slatiňany
TATRA, a.s.	ČR	Areál Tatry 1450/1, 742 21 Kopřivnice
TBP- Transformátory s.r.o.	ČR	Komenského nám. 1076, Blatná
TECHNOPROCUR CZ, spol. s r.o.	ČR	Lojovická 414/33, 142 00 Praha 4
TENZA, a.s.	ČR	Svatopetrská 7, 617 00 Brno
Thyssen Krupp Ferrosta, s.r.o	ČR	Křižíkova 237/36a, 186 00 Praha 8 - Karlín
TOPETHERM spol. s r.o.	ČR	Veverkova 5, 301 48 Plzeň
Trade FIDES, a.s.	ČR	Dornych 57, 617 00 Brno
TRONIC spol.s.r.o.	ČR	V Luhu 6, 140 00 Praha 4 - Nusle
TTC MARCONI s. r. o.	ČR	Třebohostická 987/5, 100 00 Praha 10
Tyco Valves & Controls Distribution Czech s.r.o.	ČR	Bělohorská 261/37, 169 00 Praha 6
ÚJV Řež a.s.	ČR	Husinec-Řež 130, 250 68 Řež
Union ocel, s.r.o	ČR	Radlická 740/113c, 158 00 Praha 5

VA TECH WABAG Brno spol. s r.o.	ČR	Železná 492/16, 61900 Brno - Horní Heršpice
Vaněk.s.r.o.	ČR	Mánesova 347, 541 01 Trutnov
VF, a.s.	ČR	Náměstí Míru 50, 679 21 Černá Hora
VIENNA-Components trading s.r.o.	ČR	Jedlová 395, Senec u Plzně
Vítkovice Heavy Machinery a.s.	ČR	Ruská 2887/101, 706 02 Ostrava - Vítkovice
Vítkovice Testing Center, s.r.o.	ČR	Pohraniční 584/142, 709 00 Ostrava - Hulváky
V-NASS, a.s.	ČR	Halasova 2938/1A, 706 02 Ostrava - Vítkovice
VSL Systems (CZ) Ltd.	ČR	V Násypu 339/5, Praha 5 15200
VT Chomutov, a.s.	ČR	Nová Huť čp.204, 338 42 Hrádek
VUES Brno s.r.o.	ČR	Mostecká 992/26, 657 65 Brno
VÝTAHY SCHINDLER, a.s.	ČR	Pod Kotlářkou 3, 150 06 Praha 5
VWS MEMSEP s.r.o.	ČR	Sokolovská 94, 186 00, Praha
WAGO Elektro, spol.s.r.o.	ČR	Rozvodova 36, Praha 4
Weidmüller s.r.o.	ČR	Lomnického 1705/5, 140 00 Praha-Nusle
WITZENMANN Opava, spol. s r.o.	ČR	Nákladní 2855/7, 746 01 Opava
ZK - TERMOCHEM s.r.o.	ČR	Podvinný mlýn 2, 190 00 Praha 9
ZPA Nová Paka, a.s.	ČR	Pražská 470, 509 39 Nová Paka
ZTC electronic s.r.o.	ČR	Hvezdoslavova-areál J.Mainl, Praha 415
ZVU Kovárna, a.s.	ČR	Pražská 322, 501 47 Hradec Králové
ZVVZ Machinery, a.s.	ČR	Sažinova 888, 399 25 Milevsko
ŽĎAS, a.s.	ČR	Strojírenská 6, 591 71 Žďár nad Sázavou
ŽP Trade Bohemia, a.s.	ČR	Ztracená 272 161 00 Praha 6

Zdroj: [129], [130]