



**UNIVERZITNÍ
CENTRUM
ENERGETICKY
EFEKTIVNÍCH BUDOV
ČVUT V PRAZE**

Projekt CÉRKA

Příprava zadávací dokumentace - energetika

Objednatel:
Obec Trojanovice
Trojanovice 210
744 01
IČ: 00298514
e-mail: obecni.urad@trojanovice.cz

doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. (odborný garant)
Ing. Jiří Novotný

28. srpna 2023

Název	Projekt CÉRKA Příprava zadávací dokumentace – energetika
Verze	2.1
Datum	28. srpna 2023
Číslo projektu	-
Objednatel	Obec Trojanovice Trojanovice 210 74401 IČ: 00298514 kontaktní osoba: Ivana Petruchová e-mail: petruchova@trojanovice.cz telefon: +420 602 830 854
Autoři	doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. (odborný garant) Ing. Jiří Novotný
Kontaktní osoba	doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. tomas.matuska@cvut.cz +420 605 570 354 České vysoké učení technické v Praze Univerzitní centrum energeticky efektivních budov Třínečká 1024 273 43 Buštěhrad www.uceeb.cz

Obsah:

1	ÚVOD	1
2	PROJEKT CÉRKA	2
3	ENERGETIKA BUDOV	4
3.1	Parametry budov	4
4	ZDROJE ENERGIE	8
4.1	Decentrální zdroje tepla	9
4.2	Centrální zdroje tepla	11
4.3	Ekonomické porovnání	15
4.4	Emisní náročnost.....	16
4.5	Koncepční řešení.....	17
5	ZÁVĚR	19
	LITERATURA	20

1 ÚVOD

V rámci předchozí energetické studie [1] revitalizace areálu bývalého dolu Frenštát (projekt Cérka) byly vyhodnoceny budovy z pohledu dvou standardů energetické náročnosti: budovy s téměř nulovou spotřebou energie v souladu s platnou legislativou (zatřídění do klasifikační třídy A v ukazateli primární energie z neobnovitelných zdrojů) a budovy v pasivním energetickém standardu. Pro tyto dvě varianty bylo uvažováno centralizované zásobování teplem s více než z 80 % z obnovitelných zdrojů (OZE) a byly navrženy nezbytně velké fotovoltaické systémy pro splnění požadavků obou energetických standardů. Zároveň byly podrobněji rozpracovány analýzy dvou možných zdrojů tepla založených na OZE, včetně rámcových ekonomických parametrů (investice, provozní náklady, cena tepla).

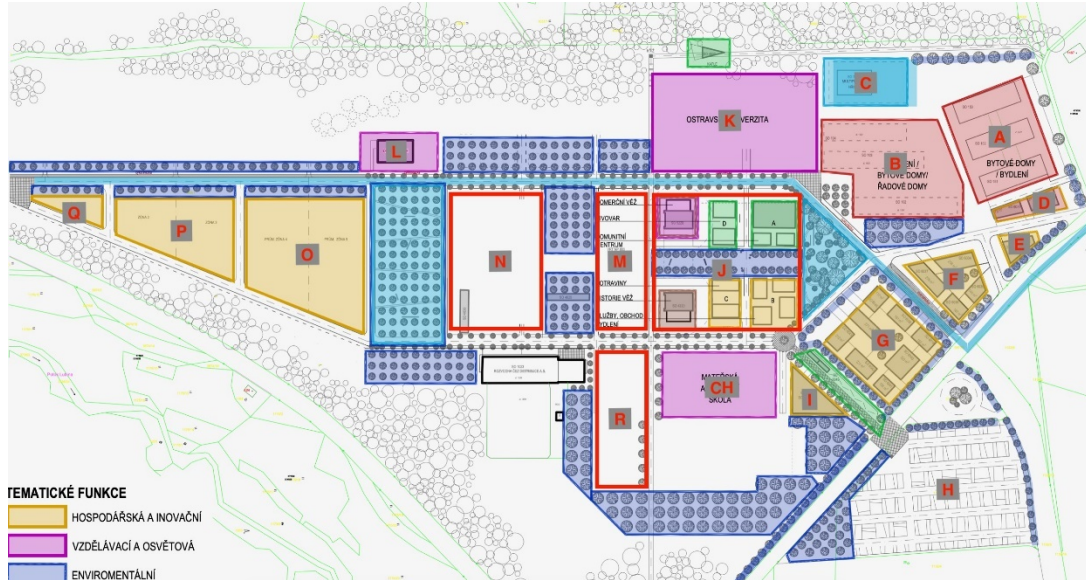
V souvislosti s potřebou přípravy zadávací dokumentace pro výběr projektanta budov a jejich energetických systémů pro jádrovou oblast areálu jsou v této studii definovány konečné požadavky na **energetickou náročnost budov (energetická třída A)** spolu s doporučeními pro řešení budov (rámcové součinitele prostupu tepla, technické systémy a jejich účinnost) a popsány související okrajové podmínky. Zároveň jsou definovány rámcové tepelné výkony jádrové oblasti a zbytku areálu pro další související úvahy o zdrojích tepla.

Je provedena rozvaha 5 variant decentrálního a centrálního řešení možných zdrojů tepla pro jádrovou oblast v návaznosti na celkovou energetickou vizi areálu (vyčíslení rámcových nákladů, vliv na energetické hodnocení budov) společně s potřebnými plochy FV systémů pro splnění požadovaného energetického standardu (energetická třída A). Jsou stanoveny investiční a provozní náklady pro dobu hodnocení 15 let, z toho vyplývající cena tepla a dále emisní náročnost areálu pro jednotlivé varianty zdroje tepla.

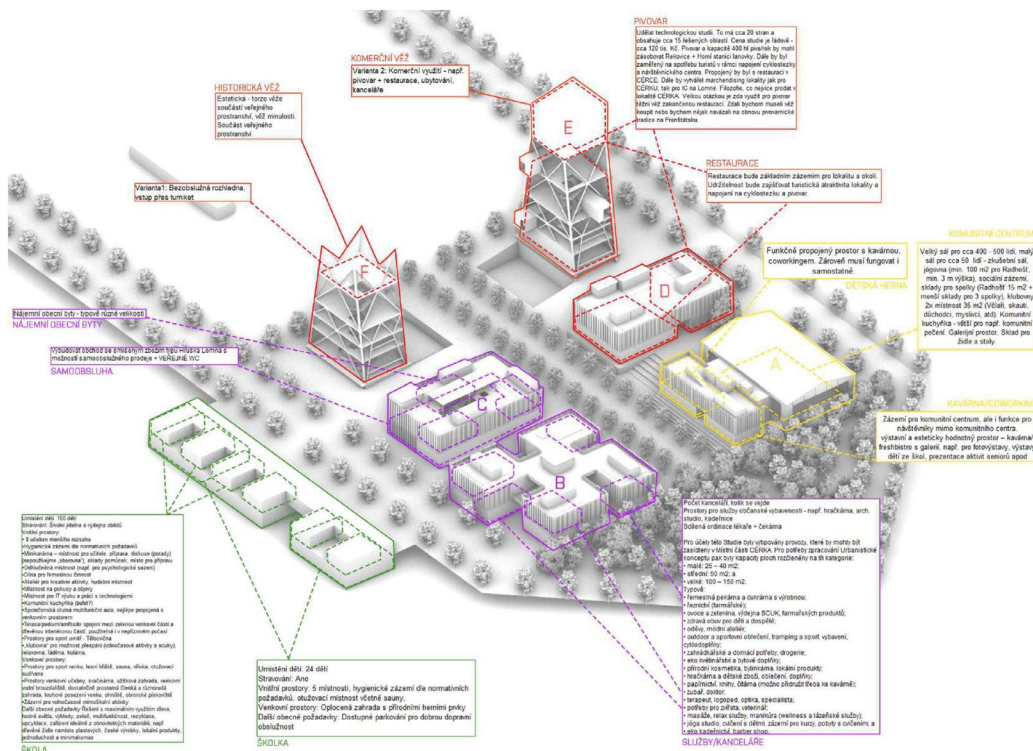
Ve studii je v závěru nastíněna vize budoucího tepelného zásobování areálu s uvažováním současných okrajových podmínek a možného rozvoje v budoucnosti.

2 PROJEKT CÉRKA

Projekt Cérka je v současnosti členěn na dvě části: jádrová oblast (PIO, prioritní investiční oblast) a zbytek areálu (DIO, dlouhodobá investiční oblast). Jádrovou oblastí se rozumí plochy CH, J a K (viz Obr. 2.1). Pro další úvahy je pro jádrovou oblast zpracována architektonická studie [2], viz Obr. 2.2.



Obr. 2.1 Areál projektu Cérka s vyznačením funkcí



Obr. 2.2 Jádrová oblast bez objektu Ostravské univerzity

V jádrové oblasti jsou uvažovány budovy různého typu, nejčastěji smíšeného využití s celkovou hrubou podlahovou plochou 12 530 m². Základní parametry budov včetně užívání byly poskytnuty zadavatelem a jsou uvedeny v Tab. 2.1. Komunitní centrum obsahuje sály, gastro, kavárna, galerie, klubovny. Budova prodejny obsahuje kromě obchodu také služby a byty v patře. Pivovar s roční produkcí 400 hl je umístěn do jedné z turistických věží a restaurace je situována do blízké budovy. Budova OU je svým provozem experimentální terénní pracoviště kombinované s ubytovacími prostory.

Tab. 2.1. Budovy v jádrové oblasti (PIO)

Stavební objekt	Označení sekce	Plocha v areálu	Název budovy	Užitná plocha [m ²]	Hrubá podlahová plocha [m ²]	Obestavěný objem [m ³]
SO 20100	A	J	Komunitní centrum	1 387	1 849	7 017
SO 20300	B	J	Prostory pro základní služby	1 294	1 725	4 270
SO 20400	C	J	Prodejna	1 019	1 358	3 667
SO 20200	D	J	Pivovar, restaurace	951	1 189	2 533
SO 20700	OU	K	Ostravská univerzita	1 523	2 031	7 306
SO 20500	G	CH	Mateřská a základní škola	3 283	4 378	11 433
				9 457	12 530	36 226

Zbylá část areálu (viz Tab. 2.2) je zatím pouze koncepčně načrtnuta z pohledu užívání a předpokládaných ploch. Nicméně pro tuto část areálu není zpracována architektonická studie a složení i užívání jednotlivých budov může v budoucnosti projít významnou proměnou. Pro další výpočty a úvahy nad koncepcí areálu jsou uvažovány předpokládané parametry budov poskytnuté zadavatelem.

Tab. 2.2. Budovy ve zbylé části areálu

Stavební objekt	Označení sekce	Plocha v areálu	Název budovy / využití	Užitná plocha [m ²]	Hrubá podlahová plocha [m ²]	Obestavěný objem [m ³]
		A	Bydlení – bytové domy	4 907	6 543	21 592
		B	Bydlení – bytové domy	4 230	5 640	18 612
		D	Bydlení – bytové domy	945	1 260	4 158
		E	Drobná výroba	359	478	1 577
		F	Drobná výroba	1 274	1 698	5 603
		G	Obchod a drobný průmysl	2 517	3 356	11 075
		I	Obchod	965	1 286	4 244
		L	Technické zázemí	623	830	2 490
		M	Bydlení – bytové domy	3 150	4 200	13 860
		N	Kanceláře, služby	1 463	1 950	23 400
		O	Lehký průmysl, skladové haly	3 150	4 200	50 400
		P	Lehký průmysl, skladové haly	2 115	2 820	33 840
		Q	Lehký průmysl, skladové haly	383	510	6 120
		R	Střední škola	2 880	3 840	13 824
				28 958	38 611	210 795

3 ENERGETIKA BUDOV

Již ve studii [1] byly prověřovány dva energetické standardy budov: NZEBII-A splňující požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie (NZEB II v energetické třídě A, požadavek Operačního programu Spravedlivá transformace, SFŽP) a PASIV splňující požadavky na výstavbu budov v pasivním standardu (požadavky Operačního programu Životní prostředí, SFŽP). Výpočty a doporučení v této studii na tyto analýzy navazují s tím, že pro zadávací dokumentaci je požadavkem splnění Pravidel pro žadatele a příjemce podpory v Operačním programu Spravedlivá transformace pro období 2021-2027 SFŽP ČR, což v oblasti energetické náročnosti budov znamená **energetická třída A** (klasifikační třída A v ukazateli energetické náročnosti primární energie z neobnovitelných zdrojů).

Vzhledem k omezeným představám o konečném tvaru budov, procentu prosklení fasád, obsazenosti apod., byly zpracovány energetické bilance v souladu s vyhláškou 264/2020 Sb. [3] pro pět typově různých budov (A, B, C, D, E) z pohledu provozu a užívání:

- A. administrativní budovy, centra, prodejny;
- B. obchod smíšený s administrativou a ubytovacími prostorami;
- C. školská zařízení (mateřská škola, základní škola);
- D. firemní objekty, výroba a prodej smíšený s administrativou (bez ubytování);
- E. obytné budovy (bydlení, bytové domy)

Obsazenost budov byla odvozena z ČSN 73 0331-1 [4] v rámci výpočtu energetické náročnosti budov. Pro tyto modelové budovy byla definována potřebná dodávka tepla na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení a potřeby elektrické energie na osvětlení či větrání a zároveň související potřebné výkony. Z nich byly pro jednotlivé typy budov odvozeny měrné energetické potřeby a výkony a zároveň potřebné plochy fotovoltaického systému pro splnění požadavku energetické třídy A. Měrné hodnoty byly pak aplikovány na celý areál a byl získán celkový potřebný výkon zdroje tepla a celkové množství dodávané energie (teplo, chlad, elektřina), případně potřebné plochy FV systému pro splnění energetické třídy A (při různých uvažovaných zdrojích tepla, viz kapitola 4). Zároveň byly do vyhodnocení spotřeby elektrické energie zahrnuty i spotřeby elektrické energie na chlazení a elektrické spotřebiče (není součástí hodnocení energetické náročnosti budov v souladu s vyhláškou [3]).

Z každého typu (A, B, C, D, E) byla v rámci areálu vybrána tvarově nejméně výhodná budova, pro kterou byla zpracována energetická bilance ve výpočtovém programu ENERGIE. Tak je zaručeno, že pro ostatní budovy bude možné s daným nastavením požadavky energetické náročnosti splnit.

3.1 Parametry budov

3.1.1 Obálka budov

Vzhledem k požadavku na splnění požadavku Operačního programu Spravedlivá transformace – budova v energetické třídě A byly definovány součinitele prostupu tepla hlavních konstrukcí obálky potřebné pro **splnění požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla (U_{em})**, viz Tab. 3.1. Hodnoty jsou shodné pro jakýkoli typ budovy. V rámci všech budov se uvažuje přírážka na tepelné vazby ve výši 0,02 W/m²K.

Tab. 3.1. Součinitele prostupu tepla pro NZEB II, energetická třída A

U_{fas} [W/m ² .K]	U_{str} [W/m ² .K]	U_{pdl} [W/m ² .K]	U_{ok} [W/m ² .K]	n_{50} [1/h]	ZZT účinnost
0,22	0,15	0,25	0,9	1,5	ano / 77 %

3.1.2 Technické systémy

Pro splnění požadavku na celkovou dodanou energii (CDE) je zásadní realizace energeticky úsporných technických systémů budov. U vytápění je uvažována běžná otopná soustava s koncovými prvky otopnými tělesy či podlahovým vytápěním (průměrná účinnost sdílení 85 % a rozvodů tepla 92 %). V případě přípravy teplé vody je uvažována centrální příprava teplé vody v budově (zdroj tepla, předávací stanice) s centrálním nárazovým akumulacním zásobníkem a cirkulací teplé vody v budově.

Všechny objekty jsou kompletně nuceně větrané prostřednictvím vzduchotechnických systémů s rekuperací odpadního tepla s účinností min. 77 %. V případě nulové obsazenosti se neuvažuje žádné větrání, tj. intenzita větrání 0 h⁻¹. Měrný příkon ventilátorů (SFP) se uvažuje 2750 Ws/m³.

Strojní chlazení se uvažuje paušálně ve všech objektech. Výrazně zateplené budovy, rostoucí letní teploty a požadavky na komfort, zvláště v administrativních a komerčních budovách vedou k potřebě chlazení. Zároveň navýšení potřeb energie o místní chlazení vymezuje s určitou bezpečností celkový energetický nárok areálu. Pro výpočet jsou uvažovány lokální systémy chlazení s nižší účinností distribuce 95 % a sdílení 87 % a tím se výsledky bilance drží na straně bezpečnosti. Výpočet potřeby a dodávky chladu je citlivý na orientaci a velikost prosklených otvorových výplní, což v dané fázi studie bylo pouze odhadnuto.

3.1.3 Směrná čísla

Z výsledků výpočtu energetické náročnosti vybraných modelových budov byla odvozena směrná čísla, která slouží pro energetickou bilanci budov jádrové oblasti i zbytku areálu. **Směrná čísla energetických potřeb** jako dodané teplo pro vytápění, pro přípravu teplé vody, dodaný chlad pro chlazení a dodaná elektrická energie pro osvětlení a větrání jsou uvedena v Tab. 3.2. Oproti studii [1] jsou potřeby energie na vytápění a chlazení vztaženy na m³ obestavěného prostoru. Zvyšuje se tak relevance použití směrných čísel pro budovy s různými světlymi výškami.

Tab. 3.2. Výsledky výpočtu měrných hodnot potřeby energie pro typy budov v energetické třídě A

Typ	vytápění q_H [kWh/m ³ .rok]	příprava TV q_w [kWh/m ² .rok]	chlazení q_c [kWh/m ³ .rok]	elektrická energie q_e [kWh/m ² .rok]
A	9.3	11.9	4.2	34.1
B	8.9	30.7	5.9	34
C	16.9	40.6	3.1	19.5
D	7.0	12.3	7.3	31.2
E	15.0	28.6	3.3	8.8

Měrné tepelné výkony (viz Tab. 3.3) byly stanoveny různými způsoby. Měrné tepelné výkony pro vytápění byly stanoveny z hodnot tepelné ztráty budovy (pro výpočtový teplotní rozdíl v dané oblasti), vztažené na 1 m³ obestavěného prostoru. Měrný tepelný výkon pro přípravu teplé vody byl stanoven metodou křivek odběru a dodávky tepla v souladu s ČSN 12831-3 [5] při použití typických hodinových profilů odběru teplé vody během dne v uvažovaných typových domech a související ztráty tepla v rozvodech. Pro ubytovací kapacity bylo uvažováno se spotřebou teplé vody 35 l/os.den, pro školská

zařízení 10 l/os.den a pro administrativu a komerční objekty 10 l/os.den. Měrný tepelný výkon pro přípravu teplé vody byl vztažen na osobu. Měrné výkony pro chlazení byly převzaty z obdobných již řešených projektů budov s nízkou energetickou náročností, kde výkony pro chlazení byly zjištěny podrobnou počítačovou simulací s upravenými podmínkami oproti studii [1] (nedokonalé stínění žaluziemi).

Tab. 3.3. Výsledky výpočtu měrných hodnot potřeby energie pro typy budov v energetické třídě A

Typ	vytápění ϕ_H [W/m ³]	příprava TV ϕ_W [kW/os]	chlazení ϕ_C [W/m ³]
A	34.1	6.9	2.8
B	34.0	7.7	2.2
C	19.5	9.3	6.0
D	31.2	7.3	2.8
E	8.8	6.6	2.2

3.1.4 Bilance jádrové oblasti (PIO)

Pro **rámcový výpočet potřebných výkonů a dodávek energie** pro udržení vnitřního komfortu ve všech uvažovaných budovách v jádrové oblasti byla použita směrná čísla podle jednotlivých typových budov. Výjimkou je provoz pivovaru, který má výrazně jiné potřeby. Jeho energetická bilance byla odvozena z konzultace s provozovatelem malého pivovaru. Do spotřeby elektrické energie EE_c je zahrnuta nejen spotřeba na osvětlení a technické systémy budov, ale také spotřebiče a chlazení (chladič faktor 2.9).

Přípojný tepelný výkon jednotlivých budov Φ_H byly stanoveny z maximálního výkonu potřebného pro vytápění a přípravu teplé vody v každé budově a jedná se o návrhové výkony zdrojů tepla na patě budov (decentrálních zdrojů, předávacích stanic).

Tab. 3.1 Energetická bilance budov v jádrové oblasti

Název budovy	Vytápění Q_H [MWh/rok]	Teplá voda Q_W [MWh/rok]	Chlazení Q_C [MWh/rok]	Elektřina EE_c [MWh/rok]	Přípojný výkon Φ_H [kW]
Komunitní centrum	65	22	30	92	48
Prostory pro základní služby	30	21	31	73	31
Prodejna	33	42	22	60	28
Pivovar, restaurace	18	15	18	82	83
Ostravská univerzita	68	24	31	100	75
Mateřská a základní škola	193	178	36	120	106
	407	301	168	527	372

Celková roční dodávka tepla jádrové oblasti (PIO) je na úrovni **710 MWh/rok** a spotřeba elektrické energie okolo **530 MWh/rok**. Instalovaný výkon zdroje / zdrojů tepla je zhruba **370 kW**.

3.1.5 Bilance zbylé části areálu (DIO)

Pro **rámcový výpočet potřebných výkonů a dodávek energie** pro udržení vnitřního komfortu ve všech uvažovaných budovách v jádrové oblasti byla použita směrná čísla podle jednotlivých typových budov. Do spotřeby elektrické energie je zahrnuta nejen spotřeba na osvětlení a technické systémy budov, ale také spotřebiče a chlazení (chladič faktor 2.9).

Přípojné tepelné výkony jednotlivých budov byly stanoveny z maximálního výkonu potřebného pro vytápění a přípravu teplé vody v každé budově a jedná se o návrhové výkony zdrojů tepla na patě budov (decentrálních zdrojů, předávacích stanic).

Tab. 3.2 Energetická bilance budov ve zbylé části areálu

Název budovy	Vytápění Q_H [MWh/rok]	Teplá voda Q_w [MWh/rok]	Chlazení Q_c [MWh/rok]	Elektřina EE_c [MWh/rok]	Přípojný výkon Φ_H [kW]
Bydlení – bytové domy	323	187	70	213	143
Bydlení – bytové domy	278	161	61	184	123
Bydlení – bytové domy	62	36	14	41	27
Drobná výroba	11	6	12	24	12
Drobná výroba	39	21	41	84	41
Obchod a drobný průmysl	78	41	81	166	81
Obchod	40	15	18	56	29
Technické zázemí	18	10	18	65	18
Bydlení – bytové domy	207	120	45	137	91
Kanceláře, služby	218	23	99	140	161
Lehký průmysl, skladové haly	354	52	368	279	368
Lehký průmysl, skladové haly	238	35	247	187	247
Lehký průmysl, skladové haly	43	6	45	34	45
Střední škola	233	156	43	109	129
	2144	870	1161	1719	1515

Celková roční dodávka tepla dlouhodobě investiční oblasti (DIO) je na úrovni **3 000 MWh/rok** a spotřeba elektrické energie okolo **1 700 MWh/rok**. Instalovaný výkon zdroje / zdrojů tepla je zhruba **1 500 kW**.

4 ZDROJE ENERGIE

Pro rozhodování o koncepci energetického zdroje pro jádrovou oblast a pro celý areál jsou analyzovány různé varianty zdrojů tepla. Analyzované varianty jsou:

- DPK: decentrální plynové kotelny;
- DTČ: decentrální tepelná čerpadla země-voda;
- CPK: centrální plynová kotelná, ostatní soustavy CZT s faktorem NPE 1,3 [3];
- CKJ: centrální kogenerační jednotka (základní zdroj) a plynová kotelná (špičkový zdroj), účinná soustava CZT < 80 % s faktorem NPE 0,9 [3];
- CTČ: centrální tepelná čerpadla země-voda s FV systémem, účinná soustav CZT > 80 % s faktorem NPE 0,2 [3].

Volba zdroje tepla ovlivňuje kromě provozních souvislostí i hodnocení energetické náročnosti budov. Jeho dopad na potřebu neobnovitelné primární energie NPE budov ovlivňuje v případě požadavku zařazení budov do energetické třídy A nutnou velikost fotovoltaického pole na každé budově. Produkce obnovitelné elektrické energie fotovoltaickým systémem je nejsnadnějším způsobem, jak snížit potřebu neobnovitelné primární energie při hodnocení energetické náročnosti budov.

Tab. 4.1 Náročnost budov na instalaci plochy FV systému podle variant zdrojů tepla [m^2/m^3]

Typ budovy	DPK	DTČ	CPK	CKJ	CTČ
A	0.048	0.041	0.057	0.045	0.024
B	0.052	0.046	0.067	0.051	0.024
C	0.050	0.035	0.068	0.042	0.000
D	0.048	0.043	0.057	0.046	0.031
E	0.036	0.023	0.052	0.030	0.000

Fotovoltaický systém se pro účely výpočtu energetické náročnosti budov uvažuje s účinností FV modulů na úrovni 19 % a s celkovou účinností systému 15 % (výkonový faktor 0,8 podle ČSN EN 15316-4-3 [6]). Sklon FV modulů se uvažuje 15° s jižní orientací. Produkce elektrické energie FV systémů je uvažována 166 kWh/m² plochy modulů. Poměr mezi plochou fotovoltaických modulů a půdorysnou plochou střechy pro jejich instalaci byl uvažován na úrovni 0,6. Hodnota vyplývá ze zvoleného sklonu modulů řazených za sebou při omezení vzájemného stínění v poledne o zimním slunovratu. Orientace východ-západ, která nabízí větší hodnotu poměru, avšak menší produkci z 1 m² FV modulů, nebyla v této analýze uvažována. Nebylo také uvažováno stínění FV modulů okolními budovami.

Rámcové investiční náklady variant zdroje tepla byly stanoveny na základě měrných cen technologií a byly hodnoceny náklady na zařízení po patu otopné soustavy a soustavy přípravy teplé vody. Pro hodnocení provozních nákladů na energie byly uvažovány ceny energií jednotně pro všechny varianty: zemní plyn 2 Kč/kWh spalného tepla, cena elektrické energie 5 Kč/kWh, cena výkupu elektrické energie do sítě 2 Kč/kWh.

4.1 Decentrální zdroje tepla

4.1.1 Decentrální plynové kotelny (DPK)

Konvenčním zdrojem tepla pro vytápění budov jsou plynové kotelny v jednotlivých budovách s plynovými kondenzačními kotli pro vytápění a přípravu teplé vody. Plynové kotelny v jednotlivých bytových domech a komerčních prostorách jsou plynové kotelny s výkonem do stovek kW, tzn. relativně malé plynové kotelny, vybavené zásobníkem teplé vody s objemem podle obsazenosti. Pro jednotlivé budovy je nutné zavést plynovodní přípojky, zřídit technické místnosti pro technologii plynové kotelny a zajistit odkouření nad úroveň střechy.

Pro hodnocení energetické náročnosti budov bylo uvažováno s účinností kotle vztažené ke spalnému teplu 93 % (účinnost vztažená k výhřevnosti 103 %). Z bilance jednotlivých typů budov pro dosažení třídy A vyplynuly měrné náročnosti na realizaci FV systémů na budovách, viz Tab. 4.1 (sloupec DPK). Celková potřebná plocha FV systémů pro obě oblasti (PIO, DIO) je 11 196 m², tj. **2 127 kW_p** špičkového výkonu.

Pro stanovení rámcových investičních nákladů bylo uvažováno s měrnými náklady na místní kotelny na úrovni 7 000 Kč bez DPH/kW instalovaného výkonu. Náklady zahrnují ohřivač vody, komín, armatury, elektroinstalaci, montáž a dopravu. Do nákladů byla zahrnuta i plynofikace celého souboru budov, která je nutná pro tuto variantu oproti ostatním. Cena plynofikace byla uvažována 1400 Kč/m bez DPH. Délka rozvodů je uvažována 2400 m. Zároveň je uvažována cena regulační a redukční stanice na úrovni cca 1 mil. Kč bez DPH. Měrná cena FV systému byla uvažována 30 000 Kč/kW_p bez DPH. Rozklad rámcových investičních nákladů je uveden v Tab. 4.2. Pro variantu decentrálních plynových kotel jako zdroje tepla a souvisejících investic lze pro obě oblasti uvažovat s **celkovým investičním nákladem 81 387 tis. Kč**.

Tab. 4.2 Rozklad investičních nákladů pro variantu decentrálních plynových kotel

Položka	Náklad [tis. Kč]
Plynové přípojky (2400 m), regulační a redukční stanice	4 360
Plynové kotelny	13 209
Fotovoltaické systémy	63 818
Celkem	81 387

Provozní náklady na energii (viz Tab. 4.3) pro variantu s decentrálními plynovými kotelny byly stanoveny na základě předpokládané spotřeby zemního plynu, která je pro celý areál 4 002 MWh/rok. Do provozních nákladů byly uvažovány i náklady na spotřebu elektrické energie 2 245 MWh/rok s odhadem, že z celkové produkce FV systémů na budovách 1 855 MWh/rok je třetina využita v areálu a dvě třetiny produkce jsou prodány za výkupní cenu do sítě.

Tab. 4.3 Rozklad provozních nákladů pro variantu decentrálních plynových kotel

Položka	Náklad [tis. Kč/rok]
Náklady na energii - zemní plyn	8 004
Náklady na energii - elektrická energie (nákup)	8 133
Náklady na energii - elektrická energie (prodej)	-2 473
Servisní náklady plynové kotelny	616
Servisní náklady fotovoltaických systémů	255
Celkem	14 535

Zároveň byly uvažovány servisní náklady (platy, revize) na úrovni 22 000 Kč/rok pro plynovou kotelnu do 100 kW, 44 000 Kč/rok pro plynovou kotelnu do 300 kW a 66 000 Kč/rok pro plynovou kotelnu nad 300 kW. Pro FV systémy byly uvažovány roční servisní náklady na úrovni na úrovni 10 000 Kč/rok pro FV systém do 100 kW_p, 15 000 Kč/rok pro FV systém do 200 kW_p a 20 000 Kč/rok pro FV systém nad 200 kW. **Celkový roční provozní náklad varianty decentrálních plynových kotelen je 14 535 tis. Kč/rok.**

4.1.2 Decentrální tepelná čerpadla (DTČ)

Alternativní varianta s decentrálními tepelnými čerpadly byla uvažována typu země-voda se zemními sondami, které odebírají teplo z podloží. Tepelná čerpadla vzduch-voda nebyla uvažována s ohledem na potenciální problémy s hlukem v souboru budov. Varianta s tepelnými čerpadly vyžaduje vybudovat v každém objektu strojovnu pro tepelné čerpadlo určené pro vytápění a přípravu teplé vody o požadovaném přípojném výkonu a připojit je na pole zemních vrtů o odpovídající velikosti.

Pro energetické hodnocení budov byla uvažována hodnota provozního topného faktoru vyjadřujícího efektivitu tepelných čerpadel na úrovni 4.0 pro vytápění (nizkoteplotní otopná tělesa) a 2.8 pro přípravu teplé vody. Z bilance jednotlivých typů budov pro dosažení třídy A vyplynuly měrné náročnosti na realizaci FV systémů na budovách, viz Tab. 4.1 (sloupec DTČ). Celková potřebná plocha FV systémů pro obě oblasti (PIO, DIO) je 9 182 m², tj. **1 745 kW_p** špičkového výkonu.

Pro stanovení investičních nákladů byla pro tepelná čerpadla země-voda uvažována měrná cena 26 000 Kč/kW instalovaného výkonu při podmínkách B0/W35. Náklady zahrnují zásobníky tepla, armatury, elektroinstalaci, montáž a dopravu. Vzhledem k rozdílné životnosti zemních sond a tepelného čerpadla byly zvláště hodnoceny investiční náklady pro zemní sondy (vystrojení a realizace) na úrovni 1400 Kč/m. Cena zohledňuje standardní zemní sondy realizované v běžném kompaktním podloží, cena zahrnuje náklady na napojení zemních sond na tepelná čerpadla. Délka zemních sond se odvozuje ze jmenovitého výkonu tepelných čerpadel, přepočtu na výkon odebíraný tepelnými čerpadly ze země a z průměrného výkonu zemních sond 50 W/m. Měrná cena FV systému byla uvažována 30 000 Kč/kW_p. Do nákladů nebyla zahrnuta elektrifikace souboru budov pro účely napojení tepelných čerpadel, neboť je nezbytná i pro jiné varianty zdrojů energie. Rozklad rámcových investičních nákladů je uveden v Tab. 4.4. Pro variantu decentrálních tepelných čerpadel jako zdroje tepla a souvisejících investic lze pro obě oblasti uvažovat s **celkovým investičním nákladem 139 142 tis. Kč.**

Tab. 4.4 Rozklad investičních nákladů pro variantu decentrálních tepelných čerpadel země-voda

Položka	Náklad [tis. Kč]
Tepelná čerpadla země-voda	49 062
Zemní sondy	37 740
Fotovoltaické systémy	52 340
Celkem	139 142

Provozní náklady na energii (viz Tab. 4.5) pro variantu s decentrálními tepelnými čerpadly země-voda byly stanoveny na základě předpokládané spotřeby elektrické energie samotných tepelných čerpadel, která je pro celý areál 1 056 MWh/rok. Do provozních nákladů byly uvažovány i náklady na ostatní spotřebu elektrické energie 2 245 MWh/rok s odhadem, že z celkové produkce FV systémů na budovách 1 521 MWh/rok je třetina využita v areálu a dvě třetiny produkce jsou prodány za výkupní cenu do sítě.

Zároveň byly uvažovány servisní náklady (platy, revize) na úrovni 25 000 Kč/rok pro strojovnu TČ do 100 kW, 47 000 Kč/rok pro strojovnu TČ do 300 kW a 69 000 Kč/rok pro strojovnu TČ nad 300 kW. Pro FV systémy byly uvažovány roční servisní náklady na úrovni na úrovni 10 000 Kč/rok pro FV systém do

100 kW_p, 15 000 Kč/rok pro FV systém do 200 kW_p a 20 000 Kč/rok pro FV systém nad 200 kW. **Celkový roční provozní náklad varianty decentrálních tepelných čerpadel je 12 842 tis. Kč/rok.**

Tab. 4.5 Rozklad provozních nákladů pro variantu decentrálních tepelných čerpadel země-voda

Položka	Náklad [tis. Kč/rok]
Náklady na energie - elektrická energie pro tepelná čerpadla	5 280
Náklady na energie - elektrická energie (nákup)	8 689
Náklady na energie - elektrická energie (prodej)	-2 028
Servisní náklady tepelných čerpadel	676
Servisní náklady fotovoltaických systémů	225
Celkem	12 842

4.2 Centrální zdroje tepla

Pro analýzy s centrálním zdrojem tepla byla odhadnuta délka rozvodů tepla v bezkanálovém provedení pro jednotlivé budovy se stanovenými přípojnými výkony. Délka rozvodů v areálu je uvažována 2400 m. Předpokládá se instalace bezkanálově uloženého potrubí (ocelová trubka, izolace na bázi polyuretanu, 0.03 W/mK) do výkopu. Soustava centralizovaného zásobování teplem (CZT) je uvažována s návrhovým teplotním rozdílem 30 K pro případ kogenerační jednotky 80/50 °C, pro případ nízkoteplotního rozvodu s tepelným čerpadlem země-voda 60/30 °C. Ztráty tepla rozvodu jsou uvažovány na úrovni 8 % v případě rozvodu 80/50 °C a 5 % v případě nízkoteplotního rozvodu. Nízkoteplotní rozvod předpokládá pokročilé zapojení předávacích stanic umožňující vyšší vychlazení zpátečky rozvodu. Investiční náklad na realizaci rozvodu tepla byl uvažován 15 000 Kč bez DPH/m výkopu. V jednotlivých budovách byly uvažovány výměňkové stanice s nákladem 2 000 Kč bez DPH/kW instalovaného výkonu.

4.2.1 Centrální plynová kotelna (CPK)

Varianta předpokládá centrální plynovou kotelnu s plynovými kotli, ze které jsou zásobovány budovy areálu teplovodem do výměňkových stanic pro vytápění a přípravu teplé vody. Celkový potřebný výkon plynové kotelny je 1 950 kW se zahrnutím tepelných ztrát rozvodu. Předpokládá se instalace alespoň tří kotlů v kaskádě.

Centrální plynová kotelna pro soustavu CZT je z pohledu neobnovitelné primární energie nejméně vhodným zdrojem. Pro hodnocení energetické náročnosti budov bylo uvažováno s faktorem primární energie z neobnovitelných zdrojů energie na úrovni 1,3 (ostatní soustavy zásobování tepelnou energií) [3]. Z bilance jednotlivých typů budov pro dosažení třídy A vyplynuly měrné náročnosti na realizaci FV systémů na budovách, viz Tab. 4.1 (sloupec CPK). Celková potřebná plocha FV systémů pro obě oblasti (PIO, DIO) je 14 099 m², tj. **2 679 kW_p** špičkového výkonu.

Tab. 4.6 Rozklad investičních nákladů pro variantu centrální plynové kotelny (CPK)

Položka	Náklad [tis. Kč]
Rozvod teplovodu, výměňkové stanice, regulační stanice ZP	41 717
Plynová kotelna	9 750
Fotovoltaické systémy	80 364
Celkem	131 832

Pro stanovení rámcových investičních nákladů bylo uvažováno s měrnými náklady na kotelnu na úrovni 5 000 Kč bez DPH/kW instalovaného výkonu. Náklady zahrnují veškerou technologii, komín, armatury, elektroinstalaci, montáž a dopravu, nicméně nezahrnují stavební náklady. Dále jsou uvažovány náklady na regulační a redukční stanici na úrovni cca 1 mil. Kč bez DPH. Měrná cena FV systému byla uvažována 30 000 Kč/kW_p bez DPH. Rozklad rámcových investičních nákladů je uveden v Tab. 4.6. Pro variantu centrální plynové kotelny jako zdroje tepla a souvisejících investic lze pro obě oblasti uvažovat s **celkovým investičním nákladem 131 832 tis. Kč.**

Provozní náklady na energie (viz Tab. 4.7) pro variantu s centrální plynovou kotelnou byly stanoveny na základě předpokládané spotřeby zemního plynu, která je pro celý areál 4 322 MWh/rok. Do provozních nákladů byly uvažovány i náklady na spotřebu elektrické energie 2 245 MWh/rok s odhadem, že z celkové produkce FV systémů na budovách 2 336 MWh/rok je třetina využita v areálu a dvě třetiny produkce jsou prodány za výkupní cenu do sítě.

Tab. 4.7 Rozklad provozních nákladů pro variantu centrální plynové kotelny (CPK)

Položka	Náklad [tis. Kč/rok]
Náklady na energie - zemní plyn	8 645
Náklady na energie - elektrická energie (nákup)	7 332
Náklady na energie - elektrická energie (prodej)	-3 115
Servisní náklady plynové kotelny	200
Servisní náklady fotovoltaických systémů	265
Celkem	13 327

Zároveň byly uvažovány servisní náklady (platy, revize) na úrovni 200 tis. Kč/rok pro plynovou kotelnu. Pro FV systémy byly uvažovány roční servisní náklady na úrovni na úrovni 10 000 Kč/rok pro FV systém do 100 kW_p, 15 000 Kč/rok pro FV systém do 200 kW_p a 20 000 Kč/rok pro FV systém nad 200 kW. **Celkový roční provozní náklad varianty centrální plynové kotelny je 13 327 tis. Kč/rok.**

4.2.2 Centrální kogenerační jednotka a plynová kotelna (CKJ)

Varianta předpokládá centrální plynovou kotelnu s kogenerační jednotkou a plynovými kotli, ze které jsou zásobovány budovy areálu teplovodem do výměňkových stanic pro vytápění a přípravu teplé vody. Kogenerační jednotka spalující zemní plyn produkuje při provozu elektrickou energii a teplo. Návrh kogenerační jednotky ve spolupráci s plynovou kotelnou jako špičkovým zdrojem tepla umožňuje celoroční dodávku tepla pro soubor budov.

Celkový potřebný tepelný výkon zdroje tepla je 1 950 kW se zahrnutím tepelných ztrát rozvodu (na úrovni 2 %). Předpokládá se instalace kogenerační jednotky s výkonem 550 kW_t a dalších dvou plynových kotlů 2 x 700 kW v kaskádě. Elektrický výkon kogenerační jednotky je uvažován 400 kW_e. Provoz kogenerační jednotky je uvažován v základním režimu s dobou proběhu 6000 h/rok. Tím je zároveň splněna podmínka dodávky 75 % tepla z kombinované výroby tepla a elektřiny pro naplnění definice účinné soustavy zásobování tepelnou energií podle zákona 165/2012 Sb. [7]. Provozní celková účinnost kogenerační jednotky je uvažována 85 %, účinnost plynových kotlů 93 % (vztaženo v obou případech ke spalnému teplu).

Nasazení kogenerační jednotky pro soustavu CZT je z pohledu neobnovitelné primární energie výhodnější než v případě samotných kotlů. Pro hodnocení energetické náročnosti budov bylo uvažováno s faktorem primární energie z neobnovitelných zdrojů energie na úrovni 0,9 (účinné soustavy zásobování tepelnou energií) [3]. Z bilance jednotlivých typů budov pro dosažení třídy A vyplynuly měrné

náročnosti na realizaci FV systémů na budovách, viz Tab. 4.1 (sloupec CKJ). Celková potřebná plocha FV systémů pro obě oblasti (PIO, DIO) je 10 259 m², tj. **1 949 kW_p** špičkového výkonu.

Pro stanovení investičních nákladů byla uvažována měrná cena instalace kogenerační jednotky na úrovni 25 000 Kč/kW elektrického výkonu. Náklady zahrnují motorgenerátor, spalinové výměníky, komín, elektroinstalaci, chladič technologického okruhu, neutralizační box, rozvaděč pro distribuční řízení včetně měření, montáž a dopravu. Pro stanovení rámcových investičních nákladů na zbylou technologii bylo uvažováno s měrnými náklady na plynovou kotelnu na úrovni 5 000 Kč bez DPH/kW instalovaného výkonu kotlů. Náklady zahrnují veškerou technologii, komín, armatury, elektroinstalaci, montáž a dopravu, nicméně nezahrnují stavební náklady. Dále jsou uvažovány náklady na regulační a redukční stanici na úrovni cca 1 mil. Kč bez DPH. Měrná cena FV systému byla uvažována 30 000 Kč/kW_p bez DPH. Rozklad rámcových investičních nákladů je uveden v Tab. 4.8. Pro variantu centrální kogenerační jednotky s plynovými kotli jako zdroje tepla a souvisejících investic lze pro obě oblasti uvažovat s **celkovým investičním nákladem 117 196 tis. Kč**.

Tab. 4.8 Rozklad investičních nákladů pro variantu centrální kogenerační jednotky (CKJ)

Položka	Náklad [tis. Kč]
Rozvod teplovodu, výměňkové stanice, regulační stanice ZP	41 717
Kogenerační jednotka	10 000
Plynová kotelna	7 000
Fotovoltaické systémy	58 478
Celkem	117 196

Provozní náklady na energie (viz Tab. 4.9) pro variantu s centrální kogenerační jednotkou s plynovými kotli byly stanoveny na základě předpokládané spotřeby zemního plynu, která je pro celý areál 7 480 MWh/rok. Do provozních nákladů byly uvažovány i náklady na spotřebu elektrické energie 2 245 MWh/rok, které jsou částečně kryty provozem kogenerační jednotky, částečně FV systémem. Je uvažováno, že z celkové produkce FV systémů na budovách 1700 MWh/rok je pouze pětina využita v areálu a zbylá produkce je prodána za výkupní cenu do sítě, neboť hlavním zdrojem elektrické energie (zejména v otopném období) je kogenerační jednotka. Z celkové roční produkce elektrické energie 2 400 MWh/rok kogenerační jednotkou se uvažuje cca 2/3 využité pro krytí potřeb areálu, zbylá část je prodána do sítě.

Tab. 4.9 Rozklad provozních nákladů pro variantu centrální kogenerační jednotky (CKJ)

Položka	Náklad [tis. Kč/rok]
Náklady na energie - zemní plyn	14 960
Náklady na energie - elektrická energie (nákup)	1 525
Náklady na energie - elektrická energie (prodej z KGJ)	-1 600
Náklady na energie - elektrická energie (prodej z FV)	-2 720
Servisní náklady kogenerační jednotky	720
Servisní náklady plynové kotelny	200
Servisní náklady fotovoltaických systémů	240
Celkem	13 325

Zároveň byly uvažovány servisní náklady (platy, revize) na úrovni 200 tis. Kč/rok pro plynovou kotelnu. Pro kogenerační jednotku byly uvažovány servisní náklady na úrovni 0.3 Kč/kWh produkované elektrické energie. Pro FV systémy byly uvažovány roční servisní náklady na úrovni 10 000 Kč/rok pro FV

system do 100 kW_p, 15 000 Kč/rok pro FV systém do 200 kW_p a 20 000 Kč/rok pro FV systém nad 200 kW. Celkový roční provozní náklad varianty centrální kogenerační jednotky je 13 325 tis. Kč/rok.

4.2.3 Centrální tepelná čerpadla

Varianta předpokládá centrální tepelné čerpadlo země-voda, ze kterého jsou zásobovány budovy areálu nízkoteplotním teplovodem do výměňkových stanic pro vytápění a přípravu teplé vody. Tepelné čerpadlo země-voda přečerpává obnovitelné teplo ze zemního masivu na využitelnou teplotní úroveň. Pro hodnocení bylo uvažováno elektricky poháněné tepelné čerpadlo.

Celkový potřebný tepelný výkon zdroje tepla je 1 905 kW se zahrnutím tepelných ztrát rozvodu (na úrovni 1 %). Předpokládá se instalace několika tepelných čerpadel v kaskádě, napojených na pole zemních sond realizovaných v blízkosti zdroje tepla. Předpokládá se roční provozní topný faktor zdroje na úrovni 2.8. Celková potřeba zemních sond je 24.5 km, při průměrné hloubce sondy cca 150 m se jedná od celkem 163 sond. To znamená pole sond o půdorysu cca 150 x 150 m.

Nasazení tepelných čerpadel pro soustavu CZT v kombinaci s dostatečnou plochou FV systému určeného pouze pro provoz zdroje tepla umožňuje dosáhnout na dodávku tepla z obnovitelných zdrojů energie (OZE) více než z 80 %. Pro hodnocení energetické náročnosti budov proto bylo v této variantě uvažováno s faktorem primární energie z neobnovitelných zdrojů energie na úrovni 0,2 (účinné soustavy zásobování tepelnou energií s vyšším než 80% podílem obnovitelných zdrojů energie) [3]. Z bilance jednotlivých typů budov pro dosažení třídy A vyplynuly měrné náročnosti na realizaci FV systémů na budovách, viz Tab. 4.1 (sloupec CKJ). Celková potřebná plocha FV systémů pro obě oblasti (PIO, DIO) je 4 753 m², tj. **903 kW_p** špičkového výkonu. Pro zajištění dodávky tepla z více než 80 % z OZE je potřeba navíc pro zdroj tepla zajistit FV systém o celkové ploše 4 415 m², tj. **839 kW_p** špičkového výkonu.

Pro stanovení investičních nákladů byla uvažována měrná cena instalace tepelného čerpadla vysokých výkonů na úrovni 14 000 Kč/kW instalovaného výkonu při podmínkách B0/W35. Cena zahrnuje příslušenství (akumulace, čerpadla, rozvody). Vzhledem k rozdílné životnosti zemních sond a tepelného čerpadla byly zvláště hodnoceny investiční náklady pro zemní sondy (vystrojení a realizace) na úrovni 1400 Kč/m. Cena zohledňuje standardní zemní sondy realizované v běžném kompaktním podloží, cena zahrnuje náklady na napojení zemních sond na tepelná čerpadla. Délka zemních sond se odvozuje ze jmenovitého výkonu tepelných čerpadel, přepočtu na výkon odebíraný tepelnými čerpadly ze země a z průměrného výkonu zemních sond 50 W/m. Měrná cena FV systému byla uvažována 30 000 Kč/kW_p bez DPH. Rozklad rámcových investičních nákladů je uveden v Tab. 4.10. Pro variantu centrální kogenerační jednotky s plynovými kotli jako zdroje tepla a souvisejících investic lze pro obě oblasti uvažovat s **celkovým investičním nákladem 153 960 tis. Kč**.

Tab. 4.10 Rozklad investičních nákladů pro variantu centrálních tepelných čerpadel (CTČ)

Položka	Náklad [tis. Kč]
Rozvod teplovodu, výměňkové stanice	40 717
Tepelná čerpadla	26 682
Zemní sondy	34 305
Fotovoltaické systémy (budovy)	27 090
Fotovoltaické systémy (zdroj tepla)	25 166
Celkem	153 960

Provozní náklady na energie (viz Tab. 4.11) pro variantu s centrálními tepelnými čerpadly země-voda byly stanoveny na základě předpokládané spotřeby elektrické energie pro jejich provoz, která je pro

dodávku tepla pro celý areál 1 396 MWh/rok, které jsou částečně kryty provozem FV systému určeného pro zdroj tepla. Do provozních nákladů byly uvažovány i náklady na spotřebu elektrické energie samotných budov 2 245 MWh/rok, které jsou částečně kryty produkcí FV systému na budovách. Je uvažováno, že z celkové produkce FV systémů na budovách 787 MWh/rok je celá polovina využita v areálu a zbylá produkce je prodána za výkupní cenu do sítě. Z celkové roční produkce elektrické energie FV systému pro zdroj tepla 733 MWh/rok se uvažuje cca polovina využitá pro krytí potřeb zdroje tepla, zbylá část je prodána do sítě.

Tab. 4.11 Rozklad provozních nákladů pro variantu centrálních tepelných čerpadel (CTČ)

Položka	Náklad [tis. Kč/rok]
Náklady na energie – elektrická energie TČ (nákup)	5 150
Náklady na energie - elektrická energie budovy (nákup)	9 256
Náklady na energie - elektrická energie (prodej celkem)	-1 519
Servisní náklady tepelných čerpadel	250
Servis náklady fotovoltaických systémů	165
Celkem	13 302

Zároveň byly uvažovány servisní náklady (platy, revize) na úrovni 250 tis. Kč/rok pro tepelná čerpadla. Pro FV systémy byly uvažovány roční servisní náklady na úrovni na úrovni 10 000 Kč/rok pro FV systém do 100 kW_p, 15 000 Kč/rok pro FV systém do 200 kW_p a 20 000 Kč/rok pro FV systém nad 200 kW. **Celkový roční provozní náklad varianty centrálních tepelných čerpadel je 13 302 tis. Kč/rok.**

4.3 Ekonomické porovnání

Pro porovnání variant mezi sebou byla vyhodnocena cena produkce a dodávky tepla stanovená z investiční nákladů a provozních nákladů za 15 let. Doba hodnocení byla uvažována 15 let jako doba, po které je potřeba výraznější obměna technologie. Z pohledu zemních sond je nicméně tato doba velmi krátká, neboť jejich životnost se pohybuje na úrovni min. 60 let. Proto byly investiční náklady na zemní sondy do výpočtu zahrnuty pouze 25 % počátečních investičních nákladů (IN).

Pro výpočet ceny tepla je uvažováno jednotně pro všechny varianty roční množství dodaného tepla do budov 3 722 MWh/rok. Roční provozní náklady PN pro dodávku tepla jsou uvažovány jako celkové provozní náklady vyvolané instalací zdroje tepla, tedy i na FV systémy a náklady na spotřebu elektrické energie areálu (viz souhrnné Tabulky provozních nákladů variant v předchozích kapitolách) s tím, že jsou od nich odečteny právě náklady na spotřebu elektrické energie budov (ve všech variantách stejné). Tím jsou provozní náklady redukovány pouze na ty, které souvisí se zvoleným zdrojem tepla a dodávkou tepla do areálu. Spotřeba elektrické energie na provoz budov je 2 245 MWh/rok.

Tab. 4.12 Porovnání ekonomických parametrů variant

Varianta	IN [tis. Kč]	PN [tis. Kč/rok]	CN15 [tis. Kč]	cena tepla [Kč/GJ]
DPK	81 387	3 310	131 043	652
DTČ	110 837	1 617	135 088	672
CPK	131 832	2 102	163 360	813
CKJ	117 196	2 100	148 699	740
CTČ	128 231	2 077	159 378	793

V Tab. 4.12 jsou shrnuty počáteční investiční náklady IN, roční provozní náklady PN související pouze s dodávkou tepla a dále celkové náklady za 15 let (CN15) pro všechny analyzované varianty za stávajících cen energií (bez DPH) uvažovaných na úrovni 5 Kč/kWh za nákup elektrické energie ze sítě, 2 Kč/kWh za prodej elektrické energie do sítě a 2 Kč/kWh za nákup zemního plynu. **Je patrné, že decentralní zdroje mají za takových okrajových podmínek nejnižší cenu tepla.**

V Tab. 4.13 jsou pro porovnání shrnuty ekonomické parametry pro následující výhled cen energií (bez DPH) v příštích dvou letech:

- cena 4.0 Kč/kWh za nákup elektrické energie ze sítě (silová + distribuce)
- cena 2.5 Kč/kWh za prodej elektrické energie do sítě z kogenerační jednotky
- cena 0.5 Kč/kWh za prodej elektrické energie do sítě z FV systému
- cena 1.5 Kč/kWh za nákup zemního plynu (komodita + distribuce).

Tab. 4.13 Porovnání ekonomických parametrů variant

Varianta	IN [tis. Kč]	PN [tis. Kč/rok]	CN15 [tis. Kč]	cena tepla [Kč/GJ]
DPK	81 387	3 783	138 126	687
DTČ	110 837	2 589	149 676	745
CPK	131 832	3 055	177 661	884
CKJ	117 196	1 940	146 296	728
CTČ	128 231	2 580	166 923	831

Při uvažování realistických podmínek na trhu s energiemi v příštích letech se ukazují jako **nejvýhodnější decentralní plynové kotelny** a dále pak **centrální zdroj s kogenerační jednotkou**.

4.4 Emisní náročnost

Dále byla stanovena emisní náročnost variant řešení areálu s danými zdroji tepla na základě emisních faktorů zemního plynu a elektrické energie. Pro zemní plyn se uvažuje emisní faktor 0.200 t CO₂/MWh [8]. Pro elektrickou energii jsou uvažovány dvě varianty: emisní faktor 0.860 t CO₂/MWh v souladu s vyhláškou 141/2021 Sb. (viz Tab. 4.14) a dále aktuální hodnota emisního faktoru CO₂ z výroby elektřiny 0.408 t CO₂/MWh publikovaný Ministerstvem průmyslu a obchodu pro rok 2022 [9], viz Tab. 4.15.

Tab. 4.14 Porovnání emisní náročnosti variant (emisní faktory podle MPO [9])

Varianta	zemní plyn [tCO ₂ /MWh]	elektřina (nákup) [tCO ₂ /MWh]	elektřina (prodej) [tCO ₂ /MWh]	emise celkem [tCO ₂ /MWh]
DPK	800	664	-505	960
DTČ	0	1 140	-414	726
CPK	864	598	-635	827
CKJ	1496	124	-881	739
CTČ	0	1 176	-310	866

Z výsledků (Tab. 4.14 a Tab. 4.15) je patrné, že v obou variantách výpočtu je **varianta s kogenerační jednotkou** mezi emisně nejméně náročnými řešeními. V případě hodnocení v souladu s vyhláškou [8] je areál ve variantě s kogenerační jednotkou dokonce **emisně nulový / plusový**.

Tab. 4.15 Porovnání emisní náročnosti variant (emisní faktory podle vyhl. 141/2021 Sb. [8])

Varianta	zemní plyn [tCO ₂ /MWh]	elektřina (nákup) [tCO ₂ /MWh]	elektřina (prodej) [tCO ₂ /MWh]	emise celkem [tCO ₂ /MWh]
DPK	800	1 399	-1 064	1 136
DTČ	0	2403	-872	1 530
CPK	864	1 261	-1 339	786
CKJ	1496	262	-1 857	-99
CTČ	0	2 478	-653	1 825

4.5 Konceptní řešení

Pro konceptní řešení s uvažováním postupného rozvoje areálu a nejistoty kolem situace na budoucích energetických trzích (výkupní ceny energie, přechod infrastruktury plynovodů na jiná plynná paliva a s tím související přechod na nové technologie spalování) se zdá jako výhodné **centrální řešení zdroje tepla na bázi kogenerační jednotky**, přestože v krátkodobém horizontu (několika let) není podle výsledků zcela nejlevnější. Soustředěná správa řešení energetického zásobování areálu umožňuje reagovat na změny na energetických trzích, kombinovat technologie dodávky tepla s různými energonositeli (kogenerační jednotka, případně tepelná čerpadla), či dále začleňovat do energetického hospodářství nové inovativní prvky (např. elektrolyzéry s využitím odpadního tepla a produkcí vodíku pro čerpací stanice v areálu).

4.5.1 Centrální zdroj tepla

Doporučujeme umístit centrální zdroj tepla do míst stávající / bývalé plynové kotelny. Kogenerační jednotka na bázi plynového motoru umožňuje jako zdroj elektrické energie poskytovat **systemové služby** pro elektrickou síť a tím dále zlepšit ekonomické parametry instalace. O ty bude v budoucnosti stále větší zájem, a proto je výhodné vybavit centrální zdroj dostatečnou **akumulací tepla** na bázi vodních zásobníků. Volbou nízké teploty teplovodu 60 °C lze využívat teplotního rozdílu až 30 K pro akumulaci a tedy kolem 35 kWh/m³ akumulátoru. Pro akumulaci tepla při provozu uvažované kogenerační jednotky s tepelným výkonem 550 kW_t po dobu 15 min je tak potřeba **objem vodního akumulátoru kolem 4 m³**.

Kromě kogenerační jednotky jsou výkonově výraznou součástí plánovaného zdroje tepla i plynové kondenzační kotle (pro krytí špičkové potřeby). S ohledem na přípojný výkon jádrové oblasti na úrovni cca 400 kW, je možné v první fázi (PIO) instalovat pouze jeden plynový kotel, který v budoucnosti bude sloužit jako součást kaskády s kogenerační jednotkou pro celý areál. Plynový kotel bude napojen na teplovod jádrové oblasti.

Ve druhé fázi rozvoje areálu (DIO) bude instalována zbylá část zdroje tepla kogenerační jednotkou a dalšími plynovými kotli, případně (při změně situace na energetickém trhu) jiný zdroj tepla, např. tepelná čerpadla (např. při výrazném zlevnění elektrické energie), palivové články (např. při výrazném zlevnění technologie, případně při přechodu na vodíková paliva v infrastruktuře plynovodů v budoucnosti) apod.

Pro centrální zdroj tepla je nutné vybudovat dostatečný prostor pro instalaci technologií. Lze uvažovat s minimální půdorysnou plochou mezi 10 x 10 m (výška 4 m, obslužná vrata 2 x 3 m) při uvažování technologie kogenerace a plynových kotlů až 15 x 15 m při uvažování další prvků jako akumulace tepla a další typy zdrojů.

4.5.2 Teplovod

Pro areál je nutné nadefinovat topologii tepelné sítě tak, aby jádrová oblast byla zásobovaná z vlastní větve bez výrazné vazby na jiné části. Nicméně již v etapě řešení jádrové oblasti je nutné definovat polohu a vedení hlavních rozvodů pro ostatní části areálu (křížení s jinou infrastrukturou, provedení přípravy pro potrubní síť apod.).

Tepelná síť by měla být provedena alespoň v izolační třídě 2 pro omezení tepelných ztrát. Pro distribuci tepla lze uvažovat teplotní rozdíl mezi přívodní a vratnou větví 30 K. Teplotní úroveň rozvodu se předpokládá **60/30 °C** při využití výměňkových stanic s dostatečným vychlazením vratné otopné vody. Je vhodné volit návrhové teploty otopné vody v tepelné síti takto nízko, aby bylo možné případně využít v síti i další obnovitelné zdroje tepla (odpadní teplo, solární termické systémy, geotermální energie z hlubokých vrtů) podle situace na energetickém trhu v budoucnosti. V budovách se předpokládají výměňkové stanice dodávající teplo do **nízkoteplotních otopných soustav** (otopná tělesa 40/30 °C) a **přípravy teplé vody s místní akumulací** (snížení potřebného výkonu výměňkové stanice na minimum) a s vysokým vychlazením zpátečky na 25 °C (vhodné řízení cirkulace teplé vody, využití teplotní stratifikace v zásobníku TV).

5 ZÁVĚR

V rámci studie energetického řešení areálu Cérka bylo doporučeno řešení budov z pohledu tepelně technických vlastností konstrukcí obálky a požadované účinnosti technických systémů budov (větrání, vytápění, osvětlení) pro splnění požadavku na energetickou náročnost: energetická třída A. Na základě hrubé architektonické studie byly provedeny rámcové energetické a výkonové bilance budov v jádrové oblasti (PIO) a dále pro budovy ve zbytku areálu (DIO), které jsou zatím jen nastíněny představou o hrubé podlahové ploše. Ve fázi zpracování projektové dokumentace k budovám a infrastruktuře je nutné potřebné výkony a potřeby energie stanovit již **pro konkrétní budovy** (geometrie, prosklení, materiály, konstrukce) a jejich provoz.

Na základě stanovených rámcových potřeb energie a výkonu byly hodnoceny různé zdroje tepla (5 variant) pro celý areál Cérka a s jejich volbou související potřeby velikosti FV systémů pro splnění požadovaného energetického standardu (energetická třída A). Pro jednotlivé zdroje tepla byly vyhodnoceny investiční a provozní náklady a pro různé okrajové podmínky cen energií byla pro každou variantu vyhodnocena cena tepla. Dále byla vyhodnocena emisní náročnost jednotlivých variant.

Jako koncepčně výhodné se z dlouhodobého hlediska jeví realizovat centrální zdroj tepla **na bázi kogenerační jednotky** a plynových kotlů (špičkový zdroj) v kombinaci s teplovodem 60/30 °C napojeným na výměňkové stanice v budovách zásobovaných teplem. Zároveň tato varianta vykazuje nízké provozní náklady (cenu tepla) a zároveň nízkou emisní náročnost. Pro tuto variantu jsou dále rozvedeny realizační souvislosti.

konec zprávy

LITERATURA

- [1] T. Matuška, J. Železná, CÉRKA Trojanovice - Posouzení stávajícího návrhu z pohledu zásad udržitelné výstavby, zpráva ČVUT UCEEB, 09/2022.
- [2] Kamil Mrva Architects, Cérka architektura budoucnosti Frenštátska - Revitalizace areálu dolu Frenštát v Trojanovicích, 06/2023.
- [3] Vyhláška 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov, Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2020.
- [4] ČSN 73 0331-1 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet - Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data, ÚNMZ, 2020.
- [5] ČSN EN 12831-3 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3, ÚNMZ, 2018.
- [6] ČSN EN 15316-4-3 Energetická náročnost budov - Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav - Část 4-3: Výroba tepla, solární tepelné a fotovoltaické soustavy, Modul M3-8-3, M8-8-3, M11-8-3, ÚNMZ, 2019.
- [7] Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. MPO 2013.
- [8] Vyhláška č. 141/2021 Sb. o energetickém posudku a o údajích vedených v Systému monitoringu spotřeby energie. MPO 2021.
- [9] Emisní faktor CO₂ z výroby elektřiny za léta 2010–2022, MPO 2023, sdělení MPO dostupné na: https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/emisni-faktor-co2-z-vyroby-elektriny-za-leta-2010_2022--273197/.