



ZÁSOBENÍ TEPLEM MALÉHO SÍDLIŠTNÍHO CELKU

Ing. Miroslav Škarpa a kol.

O B S A H

VZOROVÁ SITUACE KOTELNY A ZÁSOBENÝCH DOMŮ

1. ÚVOD

2. VÝCHOZÍ STAV - POPIS, BILANCE, ZHODNOCENÍ

2.1 POPIS VÝCHOZÍHO STAVU

2.2 VÝPOČTOVÉ ÚDAJE - VÝCHOZÍ STAV

2.3 ZHODNOCENÍ BILANCE VÝROBY A SPOTŘEBY TEPLA – VÝCHOZÍ STAV

2.4 PARAMETRY TEPELNÝCH SPOTŘEBIČŮ – VÝCHOZÍ STAV

3. NOVÉ ŘEŠENÍ ZDROJE TEPLA

3.1 VŠEOBECNĚ, ÚVOD

3.2 VARIANTA A

3.3 VARIANTA B

3.4 VARIANTA C

3.5 VARIANTA D

3.6 VARIANTA E

3.7 VARIANTA F

4. VYHODNOCENÍ VARIANT

4.1 PŘEHLED EKONOMICKÝCH UKAZATELŮ VARIANT

4.2 KOMENTÁŘ K EKONOMICKÉMU VYHODNOCENÍ

4.3 VLIV ZATEPLENÍ DOMŮ NA VÝŠI INVESTIČNÍCH A PROVOZNÍCH NÁKLADŮ

5. DOPORUČENÍ VARIANT K REALIZACI

5.1 ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ VARIANT, PROGNÓZA PROVOZNÍCH NÁKLADŮ

5.2 DOPORUČENÍ VARIANT K REALIZACI - POŘADÍ

6. ZÁVĚR

1. ÚVOD

Účelem této publikace je rozbor a zhodnocení celého tepelného hospodářství pro zásobení bytových domů na malém sídlišti. Zde popisovaný stav (výchozí i po zateplení) vychází z reality a závěrů energetických auditů bytových domů v lokalitě Podlesí ve Valašském Meziříčí. Ovšem uvedené řešení, tj. vlastní bloková kotelna pro skupinu bytových domů, je v ČR, zejména v menších městech, velmi rozšířené. Řešení je zpracováno tak, aby závěry bylo možno aplikovat i v jiných obdobných případech.

Návrh variant nového řešení se týká :

- vlastního zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody (TUV) – kotelna + strojovna;
- distribuční sítě, tzn. tepelného potrubí ústředního vytápění (ÚT) a TUV ze zdroje tepla do jednotlivých napojených objektů;
- otopných soustav domů se publikace dotýká jen okrajově (pouze v návaznosti na celkovou koncepci řešení zdroje tepla a distribuční sítě), obytné domy vstupují do celkové energetické bilance jako spotřebiče tepla; v předložených variantách řešení tepelného hospodářství je však zohledněn pravděpodobný budoucí výhled, tj. zateplení domů a snížení jejich okamžité hodinové i průměrné roční potřeby tepla na vytápění.

Výstupem pro další zpracování (zejména rozhodovací proces investorů, příprav investic, vypracování konkrétních projektů a vlastní realizace akcí) je popis možných variant nového řešení energetického systému, který obsahuje:

- stručný popis technického řešení jednotlivých variant;
- vyčíslení investičních nákladů pro každou variantu;
- stanovení provozních nákladů jednotlivých variant vč. souhrnné diskuze o ekonomické prognóze;
- základní ekonomické vyhodnocení variant (prostá návratnost, reálná návratnost + srovnání);
- doporučení varianty k realizaci a seřazení variant dle jejich ekonomické výhodnosti.

Uvedeným způsobem jsou zpracovány následující technicky možné varianty řešení. Jejich volba byla provedena záměrně tak, aby byla postižena co nejširší oblast problematiky zásobení teplem malého sídlištního celku v současných ekonomických podmínkách pro lepší orientaci investorů v této problematice. Zpracovány jsou tyto varianty:

Tabulka č.1

VARIANTA	VYTÁPĚNÍ	PŘÍPRAVA TUV
VARIANTA A	Centrální plynová kotelna, rozvod topné vody dvoutrubkový, regulační uzly ÚT přímo v domech	Pomocí topné vody z kotelny, ve vlastních domovních předávacích stanicích v jednotlivých domech
VARIANTA B	Centrální plynová kotelna, rozvod topné vody čtyřtrubkový	Centrální příprava TUV pomocí tepelného čerpadla
VARIANTA C	Centrální plyn. kotelna s kogenerací, rozvod topné vody čtyřtrubkový	Centrální příprava TUV v kogenerační jednotce
VARIANTA D	Centrální kotelna na tuhá paliva: a) na dřevní štěpku b) na uhlí	Centrální příprava TUV v kotelně pomocí topné vody
VARIANTA E	Jednotlivé plynové kotelny v domech, zrušení tepelného potrubí	Příprava teplé užitkové vody v domovních kotelnách
VARIANTA F	Elektrické přímotopy v jednotlivých místnostech	Průtokový ohřev TUV elektricky v jednotlivých bytech

2. VÝCHOZÍ STAV - POPIS, BILANCE, ZHODNOCENÍ

2.1 POPIS VÝCHOZÍHO STAVU

V následujících odstavcích jsou stručně popsány jednotlivé části řešeného energetického systému zásobení teplem vzorového sídliště bytových domů se zaměřením na hlavní charakteristické znaky.

2.1.1 ZDROJ TEPLA

a) Kotelna

Umístění plynové kotelny pro zásobení teplem pro vytápění a teplou užitkovou vodou bytových domů je předpokládáno v samostatném objektu v blízkosti domu č. 3 (viz celkovou vzorovou Situaci). V podmínkách ČR se často jedná se bývalou kotelnu na tuhá paliva, která byla na přelomu 80. a 90. let zrušena a nahrazena kotelnou plynovou.

Předpokládáme běžné řešení obdobného zdroje tepla: kotelnu vybavenou třemi kotly ČKD Dukla s přetlakovými hořáky. Dva kotly jsou PGV 40 o topném výkonu 2x 430 kW, třetí je PGV 25 o topném výkonu 260 kW. Celkový topný výkon kotelny je tedy **1 120 kW**. Jedná se o plynovou kotelnu II. kategorie (dle ČSN 07 0703). Kotly slouží jak pro vytápění, tak pro přípravu TUV (v zásobníkových ohřivačích).

Palivo – zemní plyn – je do kotelny přiveden většinou z místní středotlaké sítě. Na patě kotelny je instalován fakturační plynoměr dle zvyklostí Plynárenského podniku.

Odvod spalin od kotlů je vyveden pomocí poměrně krátkých kouřovodů do komína a nad střechu. Každý kotel je napojen na samostatný průduch komína. Průduchy jsou vyvločkovány (původně pro odvod spalin od kotlů na tuhá paliva).

b) Strojovna

Běžným řešením je, že od kotlů je topná voda přivedena do strojovny, kde je instalován centrální třicestný směšovač pro ekvitermní regulaci teploty topné vody pro vytápění všech napojených objektů. V kotlovém okruhu (tj. před směšovačem) jsou mezi přívodním a zpětným potrubím instalována oběhová čerpadla (většinou 2 čerpadla paralelně, tj. 1x 100% rezerva) zabezpečující konstantní průtok kotlovým okruhem. Okruhy od jednotlivých kotlů jsou vybaveny uzavíracími ventily s elektropohonem pro zabránění proudění topné vody studeným kotlem.

Před směšovačem je vyvedena odbočka pro ohřev TUV v boilerech, v přívodním potrubí jsou osazena dvě oběhová čerpadla (opět paralelně, tj. 1x 100% rezerva). Za směšovačem pro ekvitermní regulaci teploty topné vody jsou instalována oběhová čerpadla pro ÚT (tři čerpadla paralelně, z toho 2 ks jako provozní + 1 ks jako rezerva).

Dále následuje rozdělovač a sběrač. Z nich jsou vyvedeny tři topné větve pro vytápění bytových domů.

c) Regulace teploty

Od kotlů je topná voda přivedena do strojovny, kde je instalován centrální třicestný směšovač pro regulaci teploty topné vody pro vytápění. Směšovač je ovládán servopohonem a regulátorem. Regulace teploty topné vody pro vytápění domů je ekvitemní, tj. v závislosti na venkovní teplotě, která je snímána čidlem. Křivka závislosti teploty topné vody na venkovní teplotě je na regulátoru nastavitelná. Regulátor rovněž zajišťuje kaskádové ovládání jednotlivých kotlových jednotek.

Teplá užitková voda v boilerch je ohřívána na konstantní, předem nastavenou teplotu. Regulace teploty TUV probíhá rovněž zcela automaticky – pomocí ovládání oběhového čerpadla v okruhu topné vody.

d) Zabezpečovací a expanzní zařízení

Zabezpečovací zařízení tvoří pojistné ventily instalované na jednotlivých kotlích. Jako expanzní zařízení je v kotelně instalována tlaková expanzní nádoba s membránou – vel. 600 lt v kombinaci s vyrovnávací beztlakovou nádobou a doplňovacími čerpadly. Předpokládáme, že původní expanzní nádoba se vzduchovým vakem a s kompresorem, byla již zrušena a od systému odpojena.

e) Příprava TUV

Teplá užitková voda je pro napojené bytové domy připravována centrálně, zásobníkovým způsobem, ve dvou teplovodních boilerch o objemu 2x 4000 lt. Ohřev TUV je nucený, topná větev pro ohřev TUV je vyvedena z kotlového okruhu. V přívodním potrubí je instalováno oběhové čerpadlo (se 100% rezervou), které je řídicí automatikou ovládáno pro regulaci teploty TUV na konstantní, předem nastavenou teplotu.

TUV je ze zdroje vyvedena dvoutrubkovým způsobem, tj. s cirkulací. Cirkulační čerpadla jsou umístěna u boileru. Jsou v provozu 24 hodin denně, celoročně.

Na topné větvi pro ohřev TUV je instalován měřič tepla, který slouží pro odečet množství tepla pro přípravu TUV od celkového množství tepla přepočteného z údajů plynoměru.

2.1.2 TEPELNÉ POTRUBÍ

a) Technické řešení, materiál rozvodů

Rozvod z kotelny do jednotlivých objektů je realizován jako čtyřtrubkový (ÚT: přívod + zpátečka, TUV: přívod + cirkulace). Je větvený. Potrubí ÚT je provedeno z ocelového potrubí – bezešvého hladkého spojovaného svařováním. Potrubí TUV je z ocelového potrubí ocelového pozinkovaného. Celková délka tras potrubí je cca 220 m ve venkovním prostoru (v topných kanálech) a cca 120 m uvnitř objektů – viz vzorová Situace.

b) Vedení tepelného potrubí

Do vzdálenějších objektů je potrubí vedeno v neprůlezných kanálech profilu 1200 x 45 mm – společně. Potrubí je uloženo na závěsech a konzolách dle zvyklostí oboru, je vedeno ve spádu. Opatřeno je nátěrem a tepelnou izolací – rohoží z minerální vlny, s povrchovou úpravou pomocí fólie Aludor A. Kompenzace dilatačních posuvů potrubí je zajištěna pomocí přirozených „L“ kompenzátorů. Celková délka topných kanálů je cca 220 m.

2.1.3 TEPELNÉ SPOTŘEBIČE

a) Bytové domy - vytápění

Teplá topná voda z kotelny o teplotě dle centrální ekvitermní křivky je přivedena do jednotlivých bytových domů. Přehled domů vč. výpočtové hodnoty tepelných ztrát, počtu bytů a vytápěného objemu v nich pro výchozí stav je v následující tabulce č.2:

Tabulka č.2

Dům č.	Max. tep. ztráta (kW)	Počet bytů v domě	Vytápěný objem (m ³)	Měrná tepelná ztráta (kW/b.j.)	Měrná tepelná ztráta (W/m ³)
1 – 3	209,4	36	7 194	5,8	29,1
4	60,3	12	2 820	5,02	21,4
5	60,3	12	2 820	5,02	21,4
6	33,4	5	1 641	6,68	20,4
7, 8	135,8	24	4 738	5,66	28,6
Celkem	499,1	89	19 213	5,6	26,0

Na patě každého domu je instalován fakturační měřič tepla. Od něj je topná voda rozvedena k jednotlivým stoupačkám – pomocí ocelového potrubí vedeného pod stropem suterénu. Stoupačky jsou přivedeny k jednotlivým otopným tělesům.

V domech předpokládáme litinová článková otopná tělesa (typ SLAVIA nebo KALOR). Tělesa jsou vybavena ještě ručními radiátorovými kohouty.

Na patě domu ani na jednotlivých otopných tělesech není instalováno zařízení umožňující regulovat teplotu topné vody nebo velikost přenášeného topného výkonu (vyjma úplného odstavení vytápění na patě domu nebo na tělese).

b) Bytové domy – spotřeba TUV

Teplá užitková voda (TUV) je do jednotlivých bytových domů přivedena dvoutrubkovým způsobem (přívod TUV + cirkulace). Množství vody a tepla potřebného pro přípravu TUV je měřeno pouze přímo v kotelně, v jednotlivých domech nikoliv.

V jednotlivých bytech jsou na přívodu TUV instalovány pouze podružné vodoměry.

2.2 VÝPOČTOVÉ ÚDAJE - VÝCHOZÍ STAV

V následující tabulce č.3 jsou přehledně uvedeny hodnoty předpokládané spotřeby tepla na vytápění, ohřev TUV i celková spotřeba plynu v kotelně za uplynulé období. Uvedeny jsou i ztráty ve vlastní kotelně a v rozvodech (rozdíl hodnot na plynoměru na vstupu do kotelny a na měřičích tepla na patách domů a na topné větvi pro ohřev TUV). Rozdíly v jednotlivých letech jsou v reálném rozmezí (dáno rozdílným skutečným počtem denostupňů v jednotlivých letech, výkyvy ve vnitřní teplotě a dalšími vlivy, vč. zvyklostí obyvatel).

Tabulka č.3

Rok	1	2	3	4	5
Spotřeba plynu (m ³ /rok)	158 684	152 901	152 559	148 009	138 782
Spotřeba el. energie (kWh/rok)	21 631	23 724	22 666	22 300	21 785
Výroba tepla - celkem (GJ/rok) ¹	5 316	5 122	5 111	4 958	4 649
Cena tepla (Kč/GJ)	233	266	291	302	308
Spotř. tepla - ohřev TUV (GJ/rok)	1 047	1 104	1 116	1 126	1 145
Vytápění – dům č. 425 (GJ/rok)	1 364	1 345	1 198	1 075	939
Vytápění – dům č. 426 (GJ/rok)	890	886	802	704	620
Vytápění – dům č. 460 (GJ/rok)	307	300	264	226	202
Vytápění – dům č. 466 (GJ/rok)	923	932	825	746	660
Vytápění – domy celkem (GJ/rok)	3 484	3 463	3 089	2 751	2 421
Spotřeba tepla celkem (GJ/rok)	4 531	4 567	4 205	3 877	3 566
Ztráty tepla celkem (GJ/rok) ² (%)	785 14,8	555 10,8	906 17,7	1 081 21,8	1 083 23,3

Průměrné hodnoty pro výchozí stav jsou:

- hodnota roční výroby tepla v kotelně: **5 031 GJ/rok**
- hodnota spotřeby tepla na vytápění: **3 042 GJ/rok**
- hodnota spotřeby tepla na ohřev TUV: **1 108 GJ/rok**
- hodnota ztrát tepla: **881 GJ/rok**

Cena tepla pro rok 2003 (hodnota pro srovnání všech variant): **380,- Kč/GJ** ³

¹ Uvažována je průměrná výhřevnost zemního plynu 33,5 MJ/m³

² Jedná se o vlastní účinnost kotelny a ztráty tepla v distribuční síti tepelného potrubí ÚT

³ Jedná se o jednotnou cenu tepla pro vytápění i přípravu TUV ze zemního plynu – vč. odpisů a přiměřeného zisku. Vzhledem k tomu, že fakturační měřiče tepla pro vytápění jsou umístěny na patě domů, ztráty ve zdroji tepla a v distribuční síti ÚT nese dodavatel tepla. Ztráty v rozvodech TUV nesou odběratelé (měření je umístěno na vstupu topné vody do boilerů). U dalších variant (tepelné čerpadlo, kogenerace, tuhá paliva) je cena tepla stanovena individuálně – vždy v příslušném odstavci.

2.3 ZHODNOCENÍ BILANCE VÝROBY A SPOTŘEBY TEPLA - VÝCHOZÍ STAV

Z uvedených údajů vyplývá, že celková účinnost kotelny a rozvodů ÚT je poměrně nízká. Tato skutečnost se zvláště projevuje v letech s celkově nižší potřebou tepla na vytápění (v těchto letech je procentuální podíl ztrát vysoký). Ztráty v rozvodech TUV a cirkulace jsou započítány v celkové hodnotě spotřeby tepla na TUV. Tyto ztráty lze předpokládat v min. výši 12% z celkové roční potřeby tepla na TUV, takže skutečné celkové ztráty v kotelně a v distribuční síti jsou ještě o 3 až 4 % vyšší a dosahují 13 až 25% z celkového množství vyrobeného tepla!

Potenciál dalších úspor tepla je v oblasti spotřeby v jednotlivých domech (instalace regulačního zařízení na patě domů a v bytech, příp. snížení tepelných ztrát pomocí zateplení a výměny oken). V tuto chvíli však bytové domy vstupují do bilance pouze jako spotřebiče a předpokládá se zachování jejich potřeby tepla. Nicméně samozřejmě i velikost skutečných tepelných ztrát objektů má přímý dopad na velikost a investiční náklady zdroje (zdrojů) tepla – např. po zateplení objektů se může jejich potřeba tepla snížit až na 50% ! Proto je vždy nutné zejména stavební úpravy realizovat před případnou rekonstrukcí zdroje tepla – dojde tak ke snížení nutných investičních nákladů – týká se zejména variant D, E a F. V našem případě je nové řešení ve variantách A až E navrženo pro výchozí stavební stav objektů, tj. bez zateplení – s ohledem na nejistotu v této oblasti (obecný nedostatek finančních prostředků na tyto úpravy u majitelů domů). Na závěr jsou však uvedeny základní technické a ekonomické parametry nového zdroje (zdrojů) tepla po zateplení domů, pro všechny varianty. Varianta F je vypracována pouze pro stav po zateplení objektů (pro výchozí tepelně technické parametry domů tato varianta nemá smysl).

Z výše uvedeného rozboru vyplývá, že celková účinnost výroby, distribuce i užití tepla v plynové kotelně a bytových domech tohoto „modelového“ sídliště je poměrně nízká.

Přispívají k tomu následující faktory:

- celkové předdimenzování velikosti zdroje tepla;
- celková „silová“ koncepce řešení kotelny i distribuční sítě a výběr zařízení poplatné době realizace, tj. přelomu 80. a 90. let, kdy cena tepla byla cca 15x nižší než dnes;
- v domech je to pak absence regulačního zařízení (na patě, na tělesech) a nedostatečné tepelně – technické parametry obvodových konstrukcí.

2.4 PARAMETRY TEPELNÝCH SPOTŘEBIČŮ – VÝCHOZÍ STAV

V následující tabulce jsou uvedeny hlavní parametry bytových domů jako spotřebičů z hlediska ČSN 73 4210 pro výchozí stav:

Tabulka č.4

Dům č.	Max. tep. ztráta (kW)	Geom. char. A/V (1/m)	Vytápěný objem (m ³)	Měrná spotřeba tepla e _v		SEN (stupeň energetické náročnosti)
				požadovaná (kWh/m ³)	skutečná (kWh/m ³)	
1 – 3	209,4	0,382	7 194	30,6	50,27	164% G
4	60,3	0,416	2 820	31,5	43,98	140% F
5	60,3	0,416	2 820	31,5	43,98	140% F
6	33,4	0,475	1 641	33,0	49,09	149% F
7, 8	135,8	0,377	4 738	30,5	60,36	165% G

3. NOVÉ ŘEŠENÍ ZDROJE TEPLA

3.1 VŠEOBECNĚ, ÚVOD

V dalším jsou zpracovány jednotlivé varianty nového řešení zdroje tepla pro zásobení teplem a teplou užitkovou vodou bytových domů. Přehled variant je uveden v Tabulce č.1 v odst. 1.

Ekonomický přínos je u všech variant srovnán s prostou opravou kotelny (prodloužení životnosti). Tuto opravu lze vyčíslit na cca **1,5 mil. Kč**. Roční provozní náklady u výchozího stavu lze vyčíslit na 5 031 GJ/rok (průměrná hodnota vyrobeného tepla) x 380,- Kč/GJ (předpokládaná cena tepla z plynové kotelny v roce 2003) = **1 911,8 tis. Kč/rok**.

V rámci maximální objektivity a srovnatelnosti všech zpracovaných variant je u všech variant uvažována i komplexní rekonstrukce topných kanálů (zrušení kanálů, instalace bezkanálového předizolovaného dvoutrubkového (u var. A) nebo čtyřtrubkového rozvodu (var. B, C, a D).

3.2 VARIANTA A

3.2.1 VŠEOBECNÝ POPIS

Nejnutnější úpravy plynové kotelny, její ponechání. Zrušení čtyřtrubkového rozvodu, přechod na bezkanálové předizolované potrubí (dvoutrubkový rozvod pouze topné vody - neregulované). Instalace regulačních směšovacích uzlů v jednotlivých domech spolu s přípravou TUV přímo v domě průtokovým způsobem s malým zásobníkem.

3.2.2 HLAVNÍ ZÁSADY ŘEŠENÍ

- ponechání stávající kotelny (budovy a dvou kotlů, v případě zateplení domů je možno 1 větší kotel zrušit);
- kontrola, příp. výměna hořáků (fyzické dožití) + příp. oprava kotlů (po posouzení stavu);
- úprava schématu zapojení kotelny (uvedení do hydraulicky správného stavu), výměna oběhových čerpadel, využití stávajícího regulačního zařízení pro hrubou předregulaci teploty topné vody;
- kontrola dimenzování stávajícího expanzního zařízení, příp. doplnění;
- zrušení centrálního ohřevu TUV (uvolnění části budovy kotelny k dalšímu využití);
- úplné zrušení topných kanálů, zrušení rozvodů TUV a cirkulace;
- vybudování bezkanálového dvoutrubkového rozvodu neregulované topné vody pomocí předizolovaného potrubí;
- instalace regulačních směšovacích uzlů v domech (v napojovacích uzlech); základní regulace bude ekvitermní, individuálně pro jednotlivé domy (po doplnění o termostatické ventily na tělesech nebo o systém IRC budou vytvořeny předpoklady pro max. úsporné vytápění);
- zřízení domovních předávacích stanic pro ohřev TUV v jednotlivých napojovacích uzlech pomocí topné vody (celoročně); ohřev vody bude zajišťován průtokově s malým zásobníkem pro vykrytí odběrových špiček;

3.2.3 INVESTIČNÍ NÁKLADY

a) Úpravy v kotelně

- kontrola, výměna hořáků + příp. oprava kotlů	960 000,- Kč
- úprava schématu zapojení, výměna čerpadel	265 000,- Kč
- úprava a doplnění expanzního zařízení	24 000,- Kč
- zrušení strojovny ohřevu TUV	30 000,- Kč
<hr/>	
Úpravy v kotelně celkem	1 279 000,- Kč

b) Úpravy v distribuční síti

- zrušení stávajících topných kanálů + čtyřtrubk. rozvodu	120 000,- Kč
- vybudování dvoutrubkového bezkanálového rozvodu ÚT	1 446 000,- Kč
<hr/>	
Úpravy v distribuční síti celkem	1 566 000,- Kč

c) Úpravy v objektech

- zřízení regulačních směšovacích uzlů v napoj. uzl. domů	842 000,- Kč
- zřízení předávacích stanic pro ohřev TUV v domech	1 238 000,- Kč
Úpravy v objektech celkem	2 080 000,- Kč
Mezisoučet	4 925 000,- Kč
Rezerva 5%	246 000,- Kč
Investiční náklady celkem (bez DPH)	5 171 000,- Kč
(s DPH 5%)	5 429 550,- Kč

3.2.4 PROVOZNÍ NÁKLADY

Lze vyčíslit, že pro realizaci uvedené varianty poklesne potřeba tepla na vytápění i ohřev TUV takto (výchozí hodnoty – viz odst. 2.2.):

- a) snížení ztrát ve vlastní kotelně: cca 1% z celkové hodnoty výroby tepla;
- b) snížení ztrát v rozvodech ÚT: cca 5% z celkové hodnoty výroby tepla;
- c) snížení ztrát v rozvodech TUV: cca 8% z množství tepla na TUV;
- d) snížení potřeby tepla v domech vlivem instalace regulačního zařízení na patě jednotlivých domů: cca 15% z celkové hodnoty potřeby tepla na vytápění.

Vyčíslení úspor:

ad a) 50 GJ/rok

ad b) 252 GJ/rok

ad c) 89 GJ/rok

ad d) 456 GJ/rok

Celkem úspora: **847 GJ/rok, tj. 321,9 tis. Kč/rok**

Úspory ad a) a b) získá dodavatel, úspory ad c) a d) získají odběratelé tepla.

Prostá návratnost (ve srovnání s výchozím stavem):

$N = \text{rozdíl investic} / \text{úspora provozních nákladů} = (5\,171 - 1\,500) / 321,9 = \mathbf{11,4 \text{ let}}$

Reálná návratnost (diskont 4%): **27,9 let**

4.3 VARIANTA B

4.3.1 VŠEOBECNÝ POPIS

Nejnutnější úpravy stávající plynové kotelny, její ponechání. Z koncepčního hlediska ponechání čtyřtrubkového rozvodu, pouze přechod na bezkanálové předizolované potrubí (pro snížení tepelných ztrát). Instalace regulačních směšovacích uzlů v jednotlivých domech. Přípravu TUV ponechat centrální, pomocí tepelných čerpadel, z plynové kotelny ponechat napojení pro rezervu.

4.3.2 HLAVNÍ ZÁSADY ŘEŠENÍ

- ponechání stávající kotelny (budovy i kotlů, v případě zateplení domů je možno 1 větší kotel zrušit);
- kontrola, příp. výměna hořáků (fyzické dožití) + příp. oprava kotlů (po posouzení stavu);
- úprava schématu zapojení kotelny (uvedení do hydraulicky správného stavu), výměna oběhových čerpadel, využití stávajícího regulačního zařízení pro hrubou předregulaci teploty topné vody;
- kontrola dimenzování stávajícího expanzního zařízení, příp. doplnění;
- doplnění centrálního ohřevu TUV o tepelná čerpadla – viz samostatný odstavec 3.3.3;
- úplné zrušení stávajících topných kanálů;
- vybudování bezkanálového čtyřtrubkového rozvodu (2x ÚT - neregulovaná topná voda + 2x TUV – přívod a cirkulace), pomocí předizolovaného potrubí;
- instalace regulačních směšovacích uzlů v domech (ve stávajících napojovacích uzlech); základní regulace bude ekvitermní, individuálně pro jednotlivé domy (po doplnění o termostatické ventily na tělesech nebo o systém IRC budou vytvořeny předpoklady pro max. úsporné vytápění).

3.3.3 TEPELNÁ ČERPADLA

V této variantě je navržena instalace tepelných čerpadel vzduch – voda, STIEBEL ELTRON WPL 30 – 4 ks s výkonovými parametry:

výkonová data:		WPL 30		4 ks WPL 30	
- tepl. vzduchu °C	+ 2	- 7	-12	+ 2	- 7
- tepl. topné vody °C	+35	+50	+50		
- topný výkon kW	18,5	14	12	74	56
- el. příkon kW	6,5	6	5,5	26	24
- topný faktor	2,8	2,3	2,2	2,8	2,2

Alternativně mohou být instalována tep. čerpadla typu EUWY 20 HW1:

výkonová data EUWY	20 HW1	2 ks 20 HW1
- tepl. vzduchu °C + 7	- 7	+ 2 - 7
- tepl. topné vody °C 50	50	50 50
- topný výkon kW 48,6	33,4	97,2 66,8
- el. příkon kW 18,5	18	37 36
- topný faktor 2,63	1,9	2,63 1,9

Topný výkon tepelných čerpadel je navržen ve velikosti odpovídající základní (trvalé) potřebě pro ohřev TUV a pro přitápění v přechodném období (nízkoteplotní provoz):

Celkový instalovaný topný výkon tep. čerpadel: **70 až 100 kW**

Celkový instalovaný el. příkon tep. čerpadel: max. **37 kW**

Max. teoretické množství tepla vyrobeného v tep. čerpadlech:

240 dnů x 80 kW x 20 hod + 120 dnů x 40 kW x 20h = 480 MWh/rok, tj. 1 700 GJ/rok

Praktická hodnota: 0,8 x 1 700 GJ = **1 360 GJ/rok**

Roční potřeba elektřiny na pohon tep. čerpadel: 216 MWh/rok

(v prům. ceně 1,10 Kč/kWh, tj. 22 hod x 0,92 Kč/kWh + 2 hod x 3,60 Kč/hod)

... ročně se jedná o 237 600,- Kč za el. energii + předběžně 55 000,- Kč ostatní náklady, tj. údržba, stálý plat za jistič 3x 125A, 1 463,- Kč/měs., odpisy a zisk) – celkem provozní náklady: **292 600,- Kč/rok.**

3.3.4 INVESTIČNÍ NÁKLADY

a) Úpravy v kotelně

- kontrola, výměna hořáků + příp. oprava kotlů 960 000,- Kč
- úprava schématu zapojení, výměna čerpadel265 000,- Kč
- úprava a doplnění expanzního zařízení 24 000,- Kč

Úpravy v kotelně celkem 1 249 000,- Kč

b) Zřízení tepelného čerpadla pro ohřev TUV

- vzduchové tep. čerpadlo, typ WPL 30 1 440 000,- Kč
- elektroinstalace 212 000,- Kč
- připojení k zásobníkům, montážní práce 488 000,- Kč

Tepelná čerpadla celkem 2 140 000,- Kč

c) *Úpravy v distribuční síti*

- zrušení stávajících topných kanálů + čtyřtrubk. rozvodu	120 000,- Kč
- vybudování čtyřtrubkového bezkanálového rozvodu	2 388 000,- Kč
Úpravy v distribuční síti celkem	2 508 000,- Kč

d) *Úpravy v objektech*

- zřízení regulačních směšovacích uzlů v napoj. uzl. domů	842 000,- Kč
Mezisoučet	6 739 000,- Kč
Rezerva 5%	337 000,- Kč
Investiční náklady celkem (bez DPH)	7 076 000,- Kč
(s DPH 5%)	7 429 800,- Kč

3.3.5 PROVOZNÍ NÁKLADY

Lze vyčíslit, že pro realizaci uvedené varianty poklesne potřeba tepla na vytápění i ohřev TUV takto (výchozí hodnoty – viz odst. 2.2.):

- a) snížení ztrát tepla ve vlastní kotelně: cca 1% z celkové hodnoty výroby tepla;
- b) snížení ztrát tepla v rozvodech ÚT: cca 5% z celkové hodnoty výroby tepla;
- c) snížení potřeby tepla v domech vlivem instalace regulačního zařízení na patě jednotlivých domů: cca 15% z celkové hodnoty potřeby tepla na vytápění;
- d) snížení potřeby tepla vlivem instalace tepelného čerpadla pro ohřev TUV (snížení potřeby tepla z plynu, naopak růst nákladů na provoz tepelných čerpadel – zejména elektřina) + snížení tepelných ztrát v rozvodech TUV;

Vyčíslení úspor:

- ad a) 50 GJ/rok
- ad b) 252 GJ/rok
- ad c) 456 GJ/rok
- ad d) 1 360 GJ/rok

Celkem úspora tepla: **2 118 GJ/rok** x 380,- Kč/GJ, tj. **804,8 tis. Kč/rok**

Náklady na provoz tepelných čerpadel: **292,6 tis. Kč/rok**

Úspora provozní nákladů celkem: 512,2 tis. Kč/rok

Úspory ad a), b) a d) získá dodavatel, úspory ad c) získají odběratelé tepla.

Prostá návratnost (ve srovnání s výchozím stavem):

$N = \text{rozdíl investic} / \text{úspora provozních nákladů} = (7\,076 - 1\,500) / 512,2 = \mathbf{10,9 \text{ let}}$

Reálná návratnost (diskont 4%): 24,0 let

Podmínkou realizace této varianty je získání výhodné sazby na odběr elektrické energie pro napájení tepelných čerpadel (22 hod / den, 0,92 Kč/kWh).

Výhodou této varianty je možnost získání výhodné půjčky na realizaci tepelných čerpadel: 12-letá splatnost, 2-letý odklad splátek, 5% úročení (pokud bude investorem město, může být půjčka dokonce bezúročná). Výše půjčky je pro podnikatelské subjekty 60%, pro města 40%. Je samozřejmě otázkou, jaká bude podpora státu v příštích letech.

Zvláštní výhodou této varianty je možnost zvýšení podílu krytí potřeby tepla z tepelných čerpadel – např. po citelném zvýšení ceny zemního plynu. Tato skutečnost se zejména příznivě projeví po zateplení domů, kdy topná soustava získá charakter nízkoteplotního provozu.

3.4 VARIANTA C

3.4.1 VŠEOBECNÝ POPIS

Nejnnutnější úpravy stávající plynové kotelny, její ponechání. Z koncepčního hlediska ponechání čtyřtrubkového rozvodu, pouze přechod na bezkanálové předizolované potrubí (pro snížení tepelných ztrát). Instalace regulačních směšovacích uzlů v jednotlivých domech. Přípravu TUV ponechat centrální, pomocí kogenerační jednotky, z plynové kotelny ponechat napojení pro rezervu. Elektřinu z kogenerační jednotky spotřebovávat především pro vlastní potřebu (viz odst. 3.4.3).

3.4.2 HLAVNÍ ZÁSADY ŘEŠENÍ

- ponechání stávající kotelny (budovy i kotlů, v případě zateplení domů je možno 1 větší kotel zrušit);
- kontrola, příp. výměna hořáků (fyzické dožití) + příp. oprava kotlů (po posouzení stavu);
- instalace dvou kogeneračních jednotek 2x (22 kW_{el} + 44 kW_{tep});
- úprava schématu zapojení kotelny (uvedení do hydraulicky správného stavu), výměna oběhových čerpadel, využití stávajícího regulačního zařízení pro hrubou předregulaci teploty topné vody;
- kontrola dimenzování stávajícího expanzního zařízení, příp. doplnění;
- napojení centrálního ohřevu TUV ke kogeneraci – viz samostatný odstavec 4.4.3;
- úplné zrušení stávajících topných kanálů;

- vybudování bezkanálového čtyřtrubkového rozvodu (2x ÚT - neregulovaná topná voda + 2x TUV – přívod a cirkulace), pomocí předizolovaného potrubí;
- instalace regulačních směšovacích uzlů v domech (ve stávajících napojovacích uzlech); základní regulace bude ekvitermní, individuálně pro jednotlivé domy (po doplnění o termostatické ventily na tělesech nebo o systém IRC budou vytvořeny předpoklady pro max. úsporné vytápění).

3.4.3 KOMBINOVANÁ VÝROBA TEPLA A ELEKTŘINY

Velikost kogeneračních jednotek je navržena dle celoroční potřeby tepelného výkonu pro ohřev TUV s přihlédnutím k možnostem akumulace ve stávajících zásobnících TUV. Spotřeba el. energie se uvažuje především v zásobených domech (neuvažuje se odprodej do sítě). Z toho důvodu jsou navrženy dvě kogenerační jednotky:

- PLUS 22A,S: $P_{el} = 2 \times 22 \text{ kW}$, $P_{tep} = 2 \times 45,5 \text{ kW}$

Teoretické množství vyrobené el. energie je:

$20 \text{ hod} \times 44 \text{ kW} \times 220 \text{ dnů} + 20 \text{ hod} \times 22 \text{ kW} \times 120 \text{ dnů} = \mathbf{247 \text{ MWh/rok}}$

Skutečné množství vyrobené a v domech spotřebované elektřiny lze s ohledem na průběh odběru uvažovat ve výši $0,6 \times 247$, tj. **150 MWh** (pokud nebudeme uvažovat s dodávkami do distribuční sítě, což je stále ekonomicky nevýhodné – výkupní cena je příliš nízká).

Náklady: $51 \text{ 000 m}^3 \text{ zemního plynu} \times 6,- \text{ Kč/m}^3 = 306 \text{ 000,- Kč/rok}$

+ servis $150 \text{ 000} \times 0,42 = 63 \text{ 000,- Kč/rok}$

Celkem náklady: **369 tis. Kč**

Přínos:

Elektřina: $150 \text{ 000 kWh} \times 2,10 \text{ Kč/kWh} = 315 \text{ 000,- Kč}$

Teplo: $810 \text{ GJ/rok} \times 220,- \text{ Kč/GJ (ve zdroji)} = 178 \text{ 200,- Kč}$

Přínos kogenerace celkem: **493,2 tis. Kč**

Úspora provozních nákladů vlivem kogenerace: **124,2 tis. Kč/rok**

3.4.4 INVESTIČNÍ NÁKLADY

a) Úpravy v kotelně

- kontrola, výměna hořáků + příp. oprava kotlů 960 000,- Kč
- úprava schématu zapojení, výměna čerpadel 265 000,- Kč
- úprava a doplnění expanzního zařízení 24 000,- Kč

Úpravy v kotelně celkem 1 249 000,- Kč

b) Instalace dvou kogeneračních jednotek

- vlastní kogenerační jednotky 980 000,- Kč
- zařízení pro regulaci odběru el. energie 79 000,- Kč
- úprava a napojení k elektroinstalaci domů 245 000,- Kč
- napojení k topnému systému 98 000,- Kč

Úpravy v kotelně celkem 1 402 000,- Kč

c) Úpravy v distribuční síti

- zrušení stávajících topných kanálů + čtyřtrubk. rozvodu 120 000,- Kč
- vybudování čtyřtrubkového bezkanálového rozvodu 2 388 000,- Kč

Úpravy v distribuční síti celkem 2 508 000,- Kč

e) Úpravy v objektech

- zřízení regulačních směšovacích uzlů v napoj. uzl. domů **842 000,- Kč**

Mezisoučet 6 001 000,- Kč

Rezerva 5% 300 000,- Kč

Investiční náklady celkem (bez DPH) 6 301 000,- Kč

(s DPH 5%) 6 616 050,- Kč

3.4.5 PROVOZNÍ NÁKLADY

Lze vyčíslit, že pro realizaci uvedené varianty poklesne potřeba tepla na vytápění i ohřev TUV takto (jako výchozí jsou použity hodnoty z odst. 2.2.):

- a) snížení tepelných ztrát ve vlastní kotelně: cca 1% z celkové hodnoty výroby tepla;
- b) snížení tepelných ztrát v rozvodech ÚT: cca 5% z celkové hodnoty výroby tepla;
- c) snížení spotřeby tepla v domech vlivem instalace regulačního zařízení na patě jednotlivých domů: cca 15% z celkové hodnoty spotřeby tepla na vytápění;
- d) snížení tepelných ztrát v rozvodech TUV;
- e) přínos kogenerace.

Vyčíslení úspor:

ad a) 50 GJ/rok

ad b) 252 GJ/rok

ad c) 456 GJ/rok

ad d) 89 GJ/rok

ad e) viz odst. 3.4.3: 124,2 tis. Kč

Úspora tepla: **847 GJ/rok, tj. 321,9 tis. Kč/rok**

Celkem úspora tepla i el. energie: **446,1 tis. Kč/rok**

Úspory ad a), b) a d) získá dodavatel, úspory ad c) a ad e) získají odběratelé tepla.

Prostá návratnost (ve srovnání s výchozím stavem):

$N = \text{rozdíl investic} / \text{úspora provozních nákladů} = (6\,301 - 1\,500) / 446,1 = \mathbf{10,8 \text{ let}}$

Reálná návratnost (diskont 4%): **24,5 let**

Tato varianta je zdánlivě ekonomicky výhodná. Ovšem je nutno vzít v úvahu nejistotu ve vzájemné relaci ceny plynu a elektřiny v budoucnu (uvažujeme sníženou sazbu za plyn pro kogenerační jednotky: 6,- Kč/m³). Rovněž je nutno dohodnout s distributorem tepla podmínky dodávky elektrické energie ve špičkách (lze očekávat další znevýhodnění).

3.5 VARIANTA D

Tato varianta řeší centrální kotelnu na tuhá paliva:

a) na dřevní štěpku

b) na uhlí

3.5.1 VŠEOBECNÝ POPIS

Zásadní změna paliva vyžaduje úplnou rekonstrukci zdroje tepla. Plynová kotelna bude „vyměněna“ za obslužně složitější zdroj na tuhá paliva. Nově přibývá problém důrazu na splnění emisních předpisů o nejvyšších dovolených koncentracích škodlivin ve spalinách hnědého uhlí nebo dřevní štěpky. V dnešní době je tento donedávna vážný problém pro projektanta úspěšně vyřešen přímo výrobcem kotle jak na dřevo, tak na hnědé uhlí.

Cílem řešení dle VARIANTY D je redukovat cenový růst a strategická rizika, která nelze přehlížet u dovoзовých paliv (zemní plyn, kapalný plyn, topný olej). Provozní náklady kotelen (palivo, el. energie, obsluha, údržba) se staly schopné konkurenci

právě u českých tuhých paliv. Kombinace s dožíváním stávajících zdrojů tepla, nutné dodávky tepla více odběratelům (majitelé domů) a jejich požadavky atd. nejsou jednoznačné. Nižší cena tepla zásadně ovlivní další koncepci, zejména:

- způsob řešení přípravy TUV – bude ponechán centrální zdroj;
- rozhodovací procesy v souvislosti s postupem výměny venkovních tepelných potrubí.

Varianta ovšem nutně nevyvolá potřebu pro jiná technická řešení než u plynového zdroje, ale jakékoliv další zásahy mimo kotelnu je vhodné přesunout do doby po ukončení životnosti stávajících dílčích zařízení. Ekonomické hodnoty výrazně nenutí (nesměřují) k úsporným zásahům. To vyplývá z výrazně nižší ceny paliva.

3.5.2 HLAVNÍ ZÁSADY ŘEŠENÍ – tuhá paliva

- do stáv. prostor kotelny umístit kotly na tuhá paliva;
- dtto skládku paliva při použití hnědého uhlí a výrobu a meziskládku štěpky při použití biomasy;
- změna schématu zapojení kotelny, výměna čerpadel, částečné využití stáv. regulačního zařízení, výměna čerpadel, částečné využití stáv. regulačního zařízení;
- kontrola dimenzování stávajícího expanzního zařízení, příp. doplnění;
- TUV bude připravována z nového zdroje, není vyloučen dvoutrubkový systém;
- ostatní zásady dle volby ve VAR. A, B a C (pouze v části způsobů vedení potrubí pro domy a pro zřízení směš. uzlů v domech);
- pro další objektivitu varianty D jsou započteny srovnatelné náklady rovněž pro část přípravy TUV, regulace ÚT a topné kanály (TK i popis viz předchozí varianty a odst. 4.4.3).

HNĚDÉ UHLÍ

Varianta topného zdroje na hnědé uhlí by nebyla vůbec uváděna, pokud by se jednalo o topení, které známe z minulosti (vysoký obsah síry – až kolem 2,5 – 3%, hustý tmavočervený kouř z komína, prašnost paliva z podsítných frakcí, prašnost z cca 30% nedopalů – popela, účinnost spalování kolem 60% atd.). Úřady nesouhlasily s používáním hnědého uhlí.

Dnes jsou hnědouhelná topeniště úředně schválena z více důvodů. Byly odstraněny jak primární vlivy (před spalováním hnědého uhlí), tak sekundární vlivy (nakládání s popelem, komínové emise). Jak? Doporučuji navštívit referenční kotelnu v okrese Vsetín. Místo lze zjistit u výrobní firmy kotlů VARIMATIK a.s. Most – Kopisty (jedná se o české kotly) nebo CARBOROBOT Vsetín (maďarská výroba).

Poznámka: Základem nového využívání hnědého uhlí je např. tříděné palivo (neprašné), bez podsítných frakcí, zaručený obsah síry do 1%, vyřešené spalování přes linku přípravy paliva přímo v kotli (předdrčení, dokonalejší přístup kyslíku a tím dokonalejší spalování v zóně primární i sekundární). V palivu je méně nespalitelného zbytku, popel se zachycuje přímo v popelnici a jeho význačně méně. Nelze opomenout velký zásobník kotle, který umožňuje přikládat a odpopelňovat 1x za den v plné sezóně a 1x za týden v létě.

VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ TEPLA

„Energetické potřeby našeho hospodářství jsou kryty především fosilními palivy. Podíl uhlí doposud převyšuje 50% ve struktuře různých paliv. Uhlí je však našim jediným fosilním palivem, které nedovážíme. Schválené těžitelné zásoby stačí při mírně klesajícím trendu spotřeby maximálně na 30-35 let. Po uplynutí této doby bychom byli zcela odkázáni na dovoz všech paliv, což by znamenalo neuvěřitelnou zátěž pro celou ekonomiku. Tento stav by byl předzvěstí ekonomického zhroucení státu, který již dnes trpí velkou pasivní bilancí zahraničního obchodu.“ (Doc. ing. Karel Brož CSc., březen 1999)

Spotřeba energie pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody dosahuje v České republice prakticky 50% spotřeby všech paliv. Proto je žádoucí alespoň ve sféře vytápění snížit spotřebu plyných paliv a prodloužit dobu využívání uhlí. Jednou z možností jak snížit spotřebu fosilních paliv je využít obnovitelných zdrojů energie.

Největší hrozbou pro současnou ekologii je vzrůstající podíl CO₂ ve složení atmosféry a tím stále stoupající oteplení biosféry. Proto Konvence z Kyota 1997 předepisuje využití obnovitelných zdrojů v roce 2010 na 12%. Je to hodně, ale apel je naléhavý. Problém skleníkového efektu lze řešit omezením emisí skleníkových plynů, zejména CO₂ na 1,2 t na osobu a rok. V České republice je tato emise nyní 15 t/osobu a rok, nejvyšší v celé Evropě.

Porovnání emise CO₂ při spalování různých paliv:

1 lt motorových paliv	2,9 kg CO ₂
1 m ³ zemního plynu	1,9 kg CO ₂
1 kg uhlí	2,0 - 2,2 kg CO ₂

Spálením dřeva se bilance CO₂ nemění, neboť se jedná o uzavřený koloběh. Emise CO₂ je nulová, a proto má spalování dřeva tak vysokou ekologickou hodnotu. Spálením 1 kg čisté biomasy získáme zpátky ze slunce 18,5 MJ energie (převážně tepla), 0,6 lt vody a 1,5 kg oxidu uhličitého, který se opět akumuluje fotosyntézou v

období jejího růstu. EU důsledně plní závazky mezinárodních dohod o snižování skleníkových plynů. Současný podíl energie z biomasy je v průměru EU cca 3%, ale například ve Švédsku již 18% a v Rakousku 12,4 %. Závazky EU k těmto dohodám jsou i naše budoucí závazky.

V České republice v současné době představuje energie z biomasy jen 0,6 %. Proto je cenné každé zařízení, které na technické úrovni využívá biomasu resp. fytomasu. Současně se tím snižuje závislost na dovážených palivech (např. zemním plynem).

Pozornost energetiků i ekonomů se sice k obnovitelným zdrojům obrátila už při první světové ropné krizi, ale systematictější pozornost se začala věnovat využívání obnovitelných zdrojů asi v polovině osmdesátých let. Od roku 1990 se již běžně objevují řešení ve státech EHK, IEA a pod. Potěšující je, že i v České republice byly úspěšně realizovány projekty vytopen spalující fytomasu v dřevařských závodech, ale i pro zásobování řady obytných domů.

Porovnáme-li biomasu s dalšími druhy obnovitelné energie, musíme konstatovat, že biomasa má největší potenciál. S průběžného hodnocení situace, jak je sleduje např. Evropské sdružení pro biomasu - AEBiom vyplývá, že biomasa se může podílet cca ze 75 % na celkových zdrojích obnovitelné energie (jako je sluneční, vodní, větrná a pod.).

VÝHŘEVNOST DŘEVA

Výhřevnost dřevních odpadů závisí především na obsahu vody. Prakticky nezávisí na druhu dřeva, zda se jedná o lípu, vrbu, smrk, buk atd.

Výhřevnost zcela zdravého a suchého dřeva je poměrně vysoká. Dřevo z listnatých stromů má 18 MJ/kg, u jehličnanů je to 19 MJ/kg. To je asi necelá polovina výhřevnosti ropných paliv. V praktických poměrech však dřevo vždy obsahuje vodu. Průměrně obsahuje dřevo i štěrka, pokud jsou provětrávané a skladované pod střechou, asi 30% vlhkosti, v závislosti na době skladování.

Při hoření se tato voda odpařuje a snižuje tím základní výhřevnost sušiny dřeva. Je-li teplota spalin vyšší než 100°C, výparné teplo vody nelze využít a odchází do atmosféry.

Skutečná výhřevnost dřeva v závislosti na obsahu vody je následující:

Obsah vody %	Dřevo jehličnaté		listnaté
	MJ/kg	kWh/kg	kWh/kg
0	18,5	5,1	-
10	16,4	4,62	4,34
20	14,3	4,03	3,78
30	12,2	3,45	3,22
40	10,1	2,86	2,66
50	8,0	2,27	2,11
60	6,0	1,68	1,55

Spálením např. 1 tuny dřevních odpadů o daném obsahu vody W_s [%] vzniká různá úspora paliv. Pro rychlou orientaci je možno porovnat účinnosti spalování:

odpady, uhlí	70-80%
topné oleje	85%
zem. plyn	92%

Obsah vody výrazně ovlivňuje výhřevnost paliva, a to nejen snížením obsahu sušiny, ale hlavně spotřebou energie na odpaření vody.

Přibližně je možno výhřevnost paliva stanovit jednodušším výpočtem podle vzorce:

$$H_u = 5,2 - 0,06 \cdot w \quad [\text{kWh/kg}], \text{ kde } w \text{ je obsah vody } \%$$

Vzrůst obsahu vody ve dřevě z 20 na 40% podmiňuje vyšší spotřebu paliva takřka o polovinu. Vzrůst na 50% - což je u krátce skladovaného dřeva běžné, podmiňuje potřebu paliva již téměř dvojnásobnou. Část dřevní hmoty se spotřebuje na pouhé odpaření vody bez využití. Řešením může být buď vysoušení paliva před spálením, nebo použití spalínového výměníku, kterým se ochladí spaliny a dojde ke kondenzaci odpařené vody, čímž se výparné teplo vodní páry využije. Zde je však zapotřebí určitý investiční náklad navíc.

Nárůst spotřeby dřeva při spalování vlivem vlhkosti je patrný z následující tabulky:

Obsah vody ve dřevě %	Potřeba paliva na jednotku výkonu %
20	100
30	118
40	143
50	181
60	235

Obsah popelu v suché dřevní hmotě je následující:

Druh dřevní hmoty	Obsah popele %
borovice	0,49
jedle	0,81
bříza	0,75
olše	0,44

ŘEŠENÁ KOTELNA

STANOVENÍ MNOŽSTVÍ PALIVA

Pro stanovení množství paliva vycházíme z roční potřeby tepla, která byla stanovena výše. Roční potřeba činí:

$$Q_r = 1398 \text{ MWh resp. } 5031 \text{ GJ/r}$$

Výhřevnost v tomto případě byla stanovená na 2,8 kWh/kg při cca 40% vlhkosti dřeva (nejméně příznivý stav). Roční průměrnou účinnost spalování uvažujeme 78%. Za těchto předpokladů bude roční množství paliva:

$$G_r = 640 \text{ t/r} \quad (\text{veškeré palivo})$$

Část tohoto množství může být kryto např. pilinami z blízkých pil. Reálné týdenní množství je odhadnuto na 20 m³. Při měrné váze 210 kg/m³ a 50-ti týdenní produkci za rok se jedná o množství 210 t/rok. Potřebné množství ostatního paliva (např. klestí z údržby zeleně vč. lesů) bude:

$$G_r = 640 - 210 = 430 \text{ t/r} \quad (\text{klest})$$

Z praktických důvodů nás také zajímá objem potřebného paliva. Vzhledem k tomu, že určená váha paliva je velmi závislá na obsahu vody ve dřevě, musíme vycházet z průměrných hodnot. Přehled hmotností je uveden v odborné literatuře.

Klest může být zhutněný (např. hydraulickou rukou při ložení), nebo volně ložený. V prvním případě je měrná hmotnost 170 kg/prm, ve druhém případě jen 120 kg/prm. Objem pro celou topnou sezónu by pak byl:

zhutněný klest:	2 529 m ³
volně ložený klest:	3 583 m ³

Je zřejmé, že nároky na skladovací plochy jsou poměrně veliké.

SPALOVÁNÍ DŘEVNÍHO ODPADU

Biomasa je definována jako substance biologického původu, která je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti (pěstování rostlin), nebo se jedná o využití odpadu u zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního

hospodářství nebo z údržby krajiny. Stébelniny a dřevnaté materiály přesněji nazýváme fytoomasou.

Pro účely vytápění řešeného vzorového sídliště se uvažuje výhradně dřevní odpad dvojího původu:

- a) dřevní odpad z údržby krajiny vč. lesa
- b) piliny ze sousedních pil

O pěstování fytoomasy, ať bylinného nebo dřevního původu, se neuvažuje, i když volné plochy, na nichž je možné založit kultury rychle rostoucích rostlin, existují na mnoha místech. Nejenže by se zlepšila teplotní a vlhkostní bilance, současně by se vytvořilo množství pracovních míst, mnohde nyní postrádaných. „Ztráta“ na mzdy se hradí ziskem z levně vyráběné energie. Lesní sběr dřevního odpadu se v poslední době zpochybňuje.

Dlouhodobé skladování štěpky je náročné na zapaření, tlení, doutnání, plesnivění a hnití.

ŠTĚPKA

Ze zkušeností lze stanovit, že bez další varianty je nutno vyrábět štěpku přímo na místě její spotřeby. V blízkosti kotelny je nutno zřídit jak hlavní skládku klestí, tak štěpkování. Varianta je velmi výhodná, proto podle vyhodnocení nutno blíže specifikovat ostatní vlivy. Jsou to:

- průzkum zdrojů fytoomasy (ořezů, klestí, piliny, hobliny);
- potenciál zdrojů dodavatelů fytoomasy, způsoby současného nakládání;
- návrh meziskládky s ohledem na skutečný objem zásob paliva, mechanizace (v kotelně nebo mimo);
- místo štěpkování, skládky, dovoz do kotelny s ohledem na hladiny hluku, dopravní možnosti a dopravní zatížitelnost;

Tyto důležité okolnosti je nutno podrobně prozkoumat v každé konkrétní lokalitě před zahájením vlastních projekčních prací.

3.5.3 INVESTIČNÍ NÁKLADY (IN)

A) KOTELNA NA ŠTĚPKU

- úpravy ve zdroji: spalovací zařízení 2 550 000,- Kč
(kotly K1 a K2, 2x300 kW s příslušenstvím)

POZNÁMKA 1

Automatická spalovací linka štěpků pro oba kotly se skládá z těchto hlavních dílců:

- a) Spalovací zařízení se spodním podáváním paliva (štěpky);*
- b) Tlaková část (volitelný výstup spalin, hrdla topné vody, potřebné armatury, spalinový ventilátor atd.);*
- c) Řízení kotle (veškeré kontrolní, výkonové, bezpečnostní funkce vč. útlumového režimu);*
- d) Mezizásobník paliva u každého kotle (1m³), čidla, pružinový sběrač klenby, šnek. dopravník, hasící zařízení;*
- e) Podávací zařízení (dostředivý podavač, vyhrabávač paliva, konstrukce);*
- f) Odebírací dopravní kanál (spodní šnek, dopravník, délka do 5 m);*
- g) Řídicí jednotka (autom. doplňování paliva do mezizásobníku kotle – řídí chod podavače, dopravníku, čidel max. – min.);*
- h) Hl. zásobník štěpky (26 m³) - silo;*
- i) Doprava štěpky do zásobníku (ventilátor + odlučovač, nebo hřeblový dopravník);*
- j) Strojní zařízení ÚT (směš. uzel, potrubí).*

- technika úpravy a přípravy paliva 750 000,- Kč
(sekačka dřevního odpadu střední velikosti – do 20 kW_{el} a technika přibližování otepí větví – malotraktor s úpravou nebo vysokozdvizný vozík a přídatná technika);
- stavební úpravy 680 000,- Kč
(komíny, demontáže, bourání, dozdění, základy kotlů a zásobníku štěpky, vrata, přístřešek);
- úpravy schématu zapojení v kotelně 435 000,- Kč
- úpravy v distribuční topné síti (TK) 1 566 000,- Kč
(zrušení stáv. TK a vybudování nového bezkanálového 2-trubkového rozvodu ÚT bez rozvodů TUV) – dtto u VAR. A;
- úpravy v objektech 2 080 000,- Kč
(zařízení regulačních směš. uzlů na patě domů, předávací stanice TUV v domech) – dtto u VAR. A)

Mezisoučet	8 061 000,- Kč
-------------------	-----------------------

Rezerva 5%	403 000,- Kč
------------	--------------

Investiční náklady VAR. D – A)	bez DPH 8 464 000,- Kč
	vč. DPH 8 887 200,- Kč

B) KOTELNA NA UHLÍ

Pro malé kotelný připadá v úvahu pouze hnědé uhlí, systém VARIMATIK
(zde 300 kW – 2x nebo 1x300kW a 1x200kW)

- spalovací zařízení (kotly 300 kW – 2x) 880 000,- Kč
- zauhlování (dopravník, mech. lopata) 290 000,- Kč
- stavební úpravy (komíny – úprava, uhelna, základy pod kotly) 460 000,- Kč
- úpravy schématu zapojení v kotelně 435 000,- Kč
- úpravy v distribuční topné síti (TK) – dtto u VAR.A	... 1 566 000,- Kč
- úpravy v objektech – dtto u VAR. A	... 2 080 000,- Kč
Mezisoučet	5 711 000,- Kč
Rezerva (5%)	286 000,- Kč
Investiční náklady VAR. D – B)	bez DPH 5 997 000,- Kč vč. DPH 6 296 900,- Kč

3.5.4 PROVOZNÍ NÁKLADY (PN)

Pro možnost srovnávat jednotlivé varianty vycházíme ze stejného ročního množství tepla pro vytápění v průměrném roce, jak bylo uvedeno v úvodu.

Pro výpočet provozních nákladů je zvolen výchozí stav, tj. u všech variant stejná spotřeba tepla. Odpočet předpokládaných úspor může být proveden podle předpokladů každé varianty.

Zajímavá se stává VAR. D a) a rovněž VAR. D b) z důvodu nízké ceny vyrobeného tepla (v Kč/1GJ). Je možno realizovat i následná opatření, která snižují provozní náklady obdobně jako u VAR. A. Jsou to (viz odst. 4.2.4):

- snížení tepelných ztrát v předizolovaných rozvodech ve srovnání se stávajícími top. kanály ... - 5 % z celk. výroby tepla (252 GJ/r)
- snížení tepelných ztrát ve stáv. rozvodech ... - 8 % z min. tepla na TUV (89 GJ/r)
- snížení ztrát domů vlivem nově instalované regulace na patě domů
...-15 % z celkové spotřeby tepla na vytápění (456 GJ/r)

Mezisoučet - úspora tepla: 797 GJ/rok

- zvýšení celkových ztrát zdroje ... + 10% z celkové spotřeby tepla, tj. 503 GJ/rok

Úspora tepla celkem: **294 GJ/rok**

Roční potřeba tepla: **4 737 GJ/rok**, tj. 603 t/rok dřevní štěpky.

A) CENA VYROBENÉHO TEPLA – BIOMASA

Základním údajem je vstupní cena fytohmoty. Pro požadovaných **603 t/rok** se předpokládá poplatek za dřevní odpad i za odvoz ve výši max. 300 Kč/t (maximální průměrná cena pro piliny i ořezy).

Teplý obsah 1 t při účinnosti 78 % a vlhkosti 40 % činí 7,9 GJ/t. Měrný podíl na 1GJ činí 38,- Kč/GJ.

Mzdy obsluhy kotlů jsou největší položkou provozních nákladů. Hlavní náplní není obsluha kotlů, ale příprava paliva. Uvažujeme pracovní poměr ne na plný úvazek, čemuž odpovídají měsíční mzdové náklady 3x 15 000,- Kč. Za topnou sezónu, která trvá 8 měsíců, činí mzdové náklady 3x 120 000,- Kč vč. pojištění. Mimo sezónu se počítá s ohřevem TUV a mzdy jsou v tomto období nižší tj. 50 000,- Kč. Měrný podíl mezd při vyrobených 4 737 GJ činí 87,- Kč/1GJ.

Údržba zdroje tepla je vyčíslená měrným nákladem 21,- Kč/GJ, což představuje částku 100 000,- Kč/sezónu.

Spotřeba elektřiny na provoz štěpkovače (sekačky) dopravníku, podavače a kotlů bude náklad 120 000,- Kč/sezónu, což znamená v přepočtu na 1 GJ částku 25,- Kč/GJ.

Dalšími položkami provozních nákladů jsou odpisy (předpoklad ve výši 355 000,- Kč/rok, tj. 75,- Kč/GJ) a přiměřený zisk – ve výši 140 000,- Kč/rok, tj. 26,- Kč/GJ.

Všechny hodnoty jsou přehledně uvedeny v následující tabulce č.5:

Tabulka č.5

Spotřeba	Celkem Kč/rok	Měrný náklad Kč/GJ	Poznámka
Palivo-dřev. odpad	181 000,-	38,-	při 400,- Kč/t
Mzdy obsluhy	360 000,- +50 000,-	87,-	vč. TUV
Údržba	100 000,-	21,-	předběžné hodnoty
El. energie	120 000,-	25,-	
Odpisy	355 000,-	75,-	
Zisk	140 000,-	26,-	
Celk. cena tepla	1 306 000,-	276,-	

B) CENA VYROBENÉHO TEPLA – HNĚDÉ UHLÍ

Podobně lze stanovit cenu tepla i pro hnědouhelný zdroj. Roční potřeba paliva pro celkovou roční potřebu tepla 4737 GJ (viz výše) je při výhřevnosti hnědého uhlí 15 MJ/kg a při celkové roční účinnosti 75%: **422 t/rok**.

Obsluha se uvažuje na částečný úvazek: 3x 80 000,- + 30 000,- (léto), tj. celkem 270 tis. Kč/rok.

Tabulka č.6

Spotřeba	Celkem Kč/rok	Měrný náklad Kč/GJ	Poznámka
Palivo hnědé uhlí tříděné, ořech 2	506 000,-	107,-	při 1 200,- Kč/t
Mzdy obsluhy	240 000,- +30 000,-	57,-	vč. TUV
Údržba	80 000,-	17,-	předběžné hodnoty
El. energie	65 000,-	14,-	
Odpisy	252 000,-	53,-	
Zisk	140 000,-	26,-	
Celk. cena tepla	1 313 000,-	277,-	

ZÁVĚR Odst. 3.5

Z výše provedeného rozboru k VARIANTĚ D je možno učinit následující závěry:

- řešení kotelny na štěpku je investičně velmi nákladné (mimoto nejsou uvažovány investiční náklady na řešení skladu paliva – např. pozemek + lehký přístřešek apod.);
- v případě použití štěpky je nutno ověřit zdroje paliva, jejich dlouhodobou spolehlivost a cenu atd. – jedná se o poměrně značné množství paliva ročně;
- provozní náklady jsou pro obě řešení (štěpku i hnědé uhlí) přibližně shodné.

Prostá návratnost (ve srovnání s výchozím stavem):

$N = \text{rozdíl investic} / \text{rozdíl provozních nákladů}$

A) PRO ŠTĚPKU

$= (8\,464 - 1\,500) / (1\,912 - 1\,306) = 11,5 \text{ let}$

B) PRO HNĚDÉ UHLÍ

$= (5\,997 - 1\,500) / (1\,912 - 1\,313) = 7,5 \text{ let}$

Reálná návratnost (diskont 4%):

A) PRO ŠTĚPKU **24,2 let**

B) PRO HNĚDÉ UHLÍ **17,4 let**

3.6 VARIANTA E – kotelny přímo v jednotlivých domech

3.6.1 Všeobecně

Varianta více zdrojů je obvykle velmi diskutovaná. Obecně platí výhody takového zásobování teplem, kdy zdroj je co nejbližší ke konečnému spotřebiteli. Za příklad může sloužit několik referenčních stavebních akcí podobného charakteru. Zajímavá je nová spotřeba tepla, nižší až o 30 % na jeden byt.⁴

I zde je tedy řešena varianta plynových zdrojů tepla v každém domě.⁵ Jako předpoklad pro dosažení minimální ceny paliva se uvažuje centrální rozvod plynu s jediným fakturačním měřidlem stl. plynoměrem. Z toho vyplývá, že se předpokládá zachování subjektu „dodavatele tepla“, který může do celého procesu vstoupit i jako investor. Jako indikátory pro rozpočítání nákladů jednotlivých domů budou sloužit podružné ntl. plynoměry u jednotlivých domů, umístěny budou v regulačních stanicích domů.

Stávající kotelna by byla uvolněna k dalšímu využití nebo odprodána. Zrušeny by byly rovněž topné kanály.

3.6.2 Hlavní zásady řešení

- zrušení stávající centrální kotelny, odprodej budovy nebo jiné využití;
- zrušení topných kanálů, jejich zaslepením zabetonovanými zátkami ze všech konců a ve všech šachticích;
- v každém z 8 sekcí se samostatnými vchody nalézt vhodný prostor cca 8 až 12 m² podlahové plochy pro zdroje tepla – kotelničky do 100 kW vč. přípravy TUV (může to být volná část sklepních boxů, část kočárkárny nebo technické místnosti v domě);
- kotelničky se vybaví 1 nebo 2 komín. průduchy, vedenými vně domů po fasádě nad střechu (nerez - hliník);
- v krajním případě budou vybudovány tři kotelny dle ČSN 07 0703: pro bloky č. 1 až 3 (max. 240 kW vč. TUV), pro bloky 4 a 5 (max. 140 kW vč. TUV) a pro bloky 7 a 8 (max. 160 kW vč. TUV); pro blok 6 bude instalováno odběrné plynové zařízení o topném výkonu max. 48 kW;

⁴ Všech 80 b.j. u popisované akce má vlastní plynoměr, vedeny jsou přesné záznamy o spotřebě, stížnosti na obtěžující emise nejsou zaznamenány. Není známo, zda vznikaly jiné problémy, jako jsou „krádeže“ tepla sousedy, plísně v bytech apod..

⁵ Obecně platí snaha vybudovat „ODBĚRNÉ PLYNOVÉ ZAŘÍZENÍ“, nikoliv KOTELNY dle ČSN 07 0703. Při zachování této vytyčené zásady je tedy nejvhodnější vybudovat 8 topných plynových zařízení ve všech sekcích domu se samostatným vchodem.

- topné rozvody budou z nových kotelen navazovat na stáv. vnitřní rozvody do bytů;
- v domech s více sekcemi musí být rozdělen stávající potrubní rozvod a osamostatněn pro danou sekci (pro řešení bez kotelen dle ČSN 07 0703);
- vnitřní instalace budou řešeny jednotným způsobem, tj. „předpisově“ v dnešní úrovni (ekvitermní regulace na patě, termostatické ventily, vyvážení rozvodů, příp. pomocí systému IRC);

3.6.3 INVESTIČNÍ NÁKLADY

a) <i>Zrušení kotelny a topných kanálů, odprodej budovy kotelny, nalezení místností pro nové zdroje tepla (uvažována je nulová bilance)</i>	0,- Kč
b) <i>Zdroje tepla – strojní část, elektro + MaR</i>	
- kotle, expanzní nádoby, potrubí, armatury	3 221 000,- Kč
- elektroinstalace, regulační systémy ve zdrojích tepla	698 000,- Kč
Zdroje tepla celkem	3 919 000,- Kč
c) <i>Plynoinstalace, stavební úpravy, úpravy rozvodů ÚT</i>	
- plynovody, regulační zařízení, podružné měření atd.	765 000,- Kč
- stavební úpravy vč. komínů	582 000,- Kč
- úpravy stáv. rozvodů ÚT	211 000,- Kč
Úpravy v objektech celkem	1 558 000,- Kč
Mezisoučet	5 477 000,- Kč
Rezerva 5%	274 000,- Kč
Investiční náklady celkem (bez DPH)	5 751 000,- Kč
(s DPH 5%)	6 039 050,- Kč

3.6.4 PROVOZNÍ NÁKLADY

Lze vyčíslit, že pro realizaci uvedené varianty poklesne potřeba tepla na vytápění i ohřev TUV takto (výchozí hodnoty – viz odst. 2.2.):

- snížení ztrát ve vlastní kotelně: cca 2% z celkové hodnoty výroby tepla;
- snížení ztrát v rozvodech ÚT: cca 10% z celkové hodnoty výroby tepla;
- snížení ztrát v rozvodech TUV: cca 12% z množství tepla na TUV;
- snížení potřeby tepla v domech vlivem instalace vlastních zdrojů tepla s regulačním zařízením na patě jednotlivých domů: cca 20% z celkové hodnoty potřeby tepla na vytápění.

Vyčíslení úspor:

ad a) 100 GJ/rok

ad b) 500 GJ/rok

ad c) 145 GJ/rok

ad d) 605 GJ/rok

Celkem úspora: **1350 GJ/rok, tj. 513,0 tis. Kč/rok**

Úspory ad a) a b) získá dodavatel, úspory ad c) a d) získají odběratelé tepla.

Cena tepla pro r. 2002 se předběžně předpokládá shodná jako u centrální plynové kotelny, tj. 380,- Kč/GJ (s ohledem na srovnatelnost variant).

Prostá návratnost (ve srovnání se stáv. stavem):

$N = \text{rozdíl investic} / \text{úspora provozních nákladů} = (5\,751 - 1\,500) / 513 = 8,3 \text{ let}$

Reálná návratnost (diskont 4%): **19,4 let**

Zvláštností při realizaci této varianty je možnost instalace tepelných čerpadel pro ohřev TUV, příp. přitápění v rámci jednotlivých zdrojů tepla v domech (dle shodných zásad dle var. B vč. řešení akumulární zásoby v jednotlivých domech). Ekonomické zhodnocení (investiční a provozní náklady i návratnost) lze převzít rovněž z rozboru k var. B.

3.7 VARIANTA F – přímé elektrické vytápění

3.7.1 Všeobecně

V této variantě je uvažován efektivní způsob elektrického vytápění bytových domů – kombinace různých způsobů elektrického vytápění:

- přímotopné vytápění pomocí elektrických konvektorů;
- sálavé vytápění pomocí sálavých panelů;
- el. podlahové vytápění pomocí elektrických topných rohoží.

Základním nutným předpokladem pro realizaci této varianty je důkladné a komplexní zateplení všech domů, aby měrné tepelné ztráty splňovaly podmínku ČSN 73 0540 pro doporučené hodnoty pro elektrické vytápění:

Tabulka č.7

Dům č.	Počet bytů	Tepelná ztráta po zateplení (kW)	Měrná tep. ztráta (kW/m ³ /K)
1 – 3	36	84,1	0,383
4	12	33,6	0,318
5	12	33,6	0,397
6	5	18,8	0,397
7, 8	24	53,8	0,368

Topidla budou rozmístěna v jednotlivých místnostech – vybrána a dimenzována budou vždy dle skutečné tepelné ztráty místnosti, dle účelu místnosti a dle její požadované vnitřní teploty.

3.7.2 Hlavní zásady řešení

- zrušení stávající centrální kotelny, odprodej budovy nebo jiné využití;
- zrušení topných kanálů, jejich zaslepením zabetonovanými zátkami ze všech konců a ve všech šachticích;
- rekonstrukce elektroinstalace v domech;
- instalace sálavých těles v hlavních obytných místnostech;
- instalace konvektorů v ostatních místnostech;
- instalace el. podlahového vytápění pomocí topných kabelů a topných sušáků v koupelnách;
- instalace el. boilerů pro přípravu TUV do všech jednotlivých bytů;
- instalace komfortního regulačního systému (IRC = individuální programovatelná regulace v každé místnosti s čidlem teploty v každé místnosti);
- blokování odběru el. energie v době tarifní špičky.

3.7.3 Investiční náklady

a) *Zrušení kotelny a topných kanálů, odprodej budovy kotelny, trafostanice*
(nové trafo ve stáv. stanici) - uvažována a je nulová bilance) 0,- Kč

b) *Elektroinstalace - silnoproud*

- rozvody	1 785 000,- Kč
- rozváděče	892 000,- Kč

Zdroje tepla celkem 2 677 000,- Kč

c) *Vlastní elektrické vytápění*

- topidla	708 000,- Kč
- ohřev TUV (boilery)	582 000,- Kč
- regulační systém	292 000,- Kč
- montáž systému	122 000,- Kč
Úpravy v objektech celkem	1 704 000,- Kč
Mezisoučet	4 381 000,- Kč
Rezerva 5%	219 000,- Kč
Investiční náklady celkem (bez DPH)	4 600 000,- Kč
(s DPH 5%)	4 830 000,- Kč

3.7.4 Provozní náklady

Instalovaný el. příkon přímého vytápění a ohřevu TUV:

Tabulka č.8

Odběr	Instalovaný max. výkon (kW)	Skutečný max. výkon (kW)
Vytápění	368	331
příprava TUV	184	147
Ostatní	524	262
Celkem	1 076	740
Max. proud		I = 1 121 A

Sazba (uvažováno je centrální měření odběru tepelné energie):

Předpokládá se poskytnutí dvoutarifové sazby B12:

- 1 kW ¼ hod maxima: 169,- Kč
- VT (4 hod denně): 1,60 Kč/kWh
- NT (20 hod denně): 1,14 Kč/kWh

Dosahované ¼ hodinové maximum bude závislé na ročním období a na využití regulace odběru el. výkonu v pásmu tarifních špiček. Elektrické vytápění a el. ohřev TUV bude v době VT blokován proti provozu.

Náklady na odebranou roční el. energii na vytápění a ohřev TUV (pouze NT)
 vytápění: 400 MWh x 1 140 = 456 tis. Kč/rok (měrné náklady: 63 Kč/m², 311,- Kč/GJ)
 ohřev TUV: 270 MWh x 1 140 = 308 tis. Kč/rok
 - celkem vytápění + ohřev TUV: **764 tis. Kč/rok**

Ostatní spotřeba: 350 MWh

Po započtení ¼ hod. maxima a podílu VT a NT vychází průměrná cena 1 kWh: 2,56 Kč/kWh. Současná cena činí 3,20 Kč/kWh. Úsporu lze tedy vyčíslit na $350 \times (3,20 - 2,56) = 224 \text{ tis. Kč}$.

Relativní úspora⁶ oproti výchozímu stavu činí:

$$5\,031 \times (380 - 311) + 224\,000 = 571,1 \text{ tis. Kč/rok}$$

Prostá návratnost (opět s jistým zjednodušením – el. vytápění je dimenzováno na snížený topný výkon po zateplení domů, proto není od investičních nákladů odečtena částka 1,5 mil. Kč na nutnou opravu kotelny):

$$N = \text{investiční náklady} / \text{úspora provozních nákladů} = 4\,600 / 571,1 = 8,1 \text{ let}$$

Reálná návratnost (diskont 4%): **18,5 let**

Výhodami popsané varianty plné elektrifikace vytápění a přípravy TUV v bytových domech jsou:

- bezobslužný provoz;
- max. regulovatelnost;
- objektivní měření odebrané energie a motivace k úsporám.

Nicméně - závěrem ekonomického rozboru této varianty je nutno zdůraznit předpoklady reálnosti tohoto řešení:

- nezbytně nutné je důkladné a nákladné zateplení domů;
- kotelna a topné kanály jsou dožité a před okamžitou nutnou rekonstrukcí;
- existuje potřeba rekonstruovat el. rozvody v domech;
- existuje potřeba rekonstruovat teplovodní otopné soustavy v domech;
- je dlouhodobě zaručen nízký tarif pro přímotopy (nelze odpovědně určit).

⁶ Úsporu provozních nákladů v absolutních číslech nelze s výchozím stavem srovnat, protože u elektrického vytápění se uvažují mimo náklady na elektrovytápění i poměrně značné investiční náklady na zateplení objektu. Proto je vyčíslena pouze relativní úspora – není zahrnuta investice na zateplení a tudíž není započítáno ani snížení roční potřeby tepla na vytápění.

4. VYHODNOCENÍ VARIANT

4.1 PŘEHLED EKONOMICKÝCH UKAZATELŮ VARIANT

Tabulka č. 9

Var.	Invest. náklady celkem (Kč)	Úspora prov. nákladů celkem (Kč/rok)	Prostá návratnost (roky)	Reálná návratnost (roky)	Poznámka k ekonomickému vyhodnocení
A	5 171	321,9	11,4	27,9	
B	7 076	512,2	10,9	24,0	
C	6 301	446,1	10,8	24,5	
Da)	8 464	606	11,5	24,2	
Db)	5 997	599	7,5	17,4	
E	5 751	513	8,3	19,4	
F	4 600	571,1	8,1	18,5	Nutné je zateplení domů !!! Investiční náklady však zateplení nezahrnují.

Srovnání jednotlivých variant je provedeno s prostou opravou kotelny bez úspor provozních nákladů (viz odst. 3.). Náklady na prostou opravu byly vyčísleny na 1 500 tis. Kč.

4.2 KOMENTÁŘ K EKONOMICKÉMU VYHODNOCENÍ

Jak již bylo uvedeno při rozboru úspor provozních nákladů jednotlivých variant, přinese část těchto úspor přímý prospěch dodavateli tepla, další část přímý prospěch odběratelům (je to dáno umístěním fakturačních měřičů tepla). Dodavateli přinese přímý prospěch zvýšení účinnosti zdroje tepla a snížení ztrát v distribuční síti ÚT, odběratelům zase snížení ztrát v rozvodech TUV a vlivem regulačních opatření na patě domu.

Ovšem z dlouhodobého hlediska, v přísně ekonomickém tržním a konkurenčním prostředí by se jakékoli úspory měly promítnout v ceně tepla pro konečného odběratele. Např. úspora nákladů dodavatele by měla vést ke snížení ceny tepla odběratelů. Kalkulační vzorec pro určení ceny tepla pro odběratele by měl zahrnovat všechny hlavní ekonomické parametry - od odpisů investic přes úroky úvěrů až po ekonomické vyjádření ztrát tepla ve zdroji a při distribuci tepla. Z tohoto důvodu se snaha o minimalizaci provozních nákladů a ztrát stává společnou snahou jak dodavatele, tak odběratelů tepla. Proto se zde dále nerozlišuje, kdo bude mít užitek z úspor, nebo naopak, z jakého zdroje budou pocházet nutné investice pro realizaci opatření. Tato skutečnost je např. zvláště zřejmá u varianty E, kdy by se v ceně tepla pro odběratele mělo zohlednit snížení ztrát tepla při distribuci, které jdou nyní na vrub dodavatele tepla. Tím se návratnost investice dále zkrátí.

4.3 VLIV ZATEPLENÍ DOMŮ NA VÝŠI INVESTIČNÍCH A PROVOZNÍCH NÁKLADŮ

V následující tabulce jsou uvedeny hlavní parametry bytových domů jako spotřebičů z hlediska ČSN 73 4210 pro stav po zateplení:

Tabulka č.10

Dům č.	Max. tep. ztráta (kW)	Geom. char. A/V (1/m)	Vytápěný objem (m ³)	Měrná spotřeba tepla e _v		SEN (stupeň energetické náročnosti)
				požadovaná (kWh/m ³)	skutečná (kWh/m ³)	
1 – 3	84,1	0,382	7 194	30,6	24,8	81% D
4	33,6	0,416	2 820	31,5	25,1	80% C
5	33,6	0,416	2 820	31,5	25,1	80% C
6	18,8	0,475	1 641	33,0	25,8	78% C
7, 8	53,8	0,377	4 738	30,5	24,3	80% C

Vzhledem k tomu, že po zateplení domů klesne okamžitá hodinová i průměrná roční potřeba tepla, dojde logicky i ke snížení investičních nákladů na úpravu nebo rekonstrukci zdroje tepla i ke snížení provozních nákladů na teplo na vytápění. Snížení investičních nákladů se nejvíce projeví u realizace variant D, E a F (varianta F bez zateplení domů nemá smysl). Snížení provozních nákladů se citelně projeví u všech variant (u variant s centrální kotelnou však vzroste procentuální podíl ztrát při výrobě a distribuci tepla). Hodnoty investičních i provozních nákladů po zateplení jsou přibližně vyčísleny v tabulce č.11:

Tabulka č. 11

Var.	Invest. náklady ⁷ celkem (Kč)	Úspora prov. nákladů celkem (Kč/rok) – vztaženo k výchozímu stavu	Prostá návratnost (roky) vztaženo k výchozímu stavu	Reálná návratnost (roky) vztaženo k výchozímu stavu
A	4 471	891,9	3,3	8,7
B	6 376	1 374,8	3,5	8,0
C	5 601	1 016,1	4,0	9,6
Da)	6 464	1 096	4,5	10,2
Db)	5 097	1 199	3,0	7,4
E	4 751	1 173	2,8	7,0
F	4 600	571,1	5,4	14,0

⁷ V investičních nákladech není zahrnuto zateplení domů, jen náklady na zajištění zásobení teplem, proto je toto ekonomické hodnocení pouze srovnávací (návratnost je velmi krátká, protože se nejedná o návratnost zateplení).

5. DOPORUČENÍ VARIANT K REALIZACI

5.1 ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ VARIANT, PROGNÓZA PROVOZNÍCH NÁKLADŮ

Varianty A, B, C jsou založeny na zachování výchozí koncepce zásobení teplem. Palivem je plyn. U variant B a C je využit centrální systém k uplatnění progresivních prvků – zejména pro přípravu TUV, tepelného čerpadla a kogenerační jednotky, což přinese úsporu provozních nákladů, ovšem za cenu zvýšení nákladů investičních. U varianty E je rovněž využit plyn. Úspora provozních nákladů je dána max. přiblížením místa výroby a spotřeby tepla (odpadají ztráty při distribuci), ovšem nelze využít výše uvedených progresivních prvků. Hlavními výhodami variant založených na zemním plynu je čistota provozu a využití řady stávajících komponentů. Nevýhodou je závislost na surovině z dovozu. Navíc lze očekávat, že cena zemního plynu nadále poroste, a to citelně. Tyto základní nevýhody lze eliminovat:

- použitím tepelného čerpadla, zdrojem je tuzemská elektřina, výhodou je poměrně vysoký topný faktor a příslušná zvýhodňující sazba distributora energie, které lze dosáhnout;
- max. úsporným provozem – jak z hlediska zdroje tepla, tak na straně spotřebičů (zateplení domů);

Varianty D (ad a) i b)) jsou založeny na plném využití tuhých paliv z tuzemských (příp. zcela místních) zdrojů. To je také základní výhoda této varianty. Lze očekávat, že cena paliva poroste pouze inflačně. Dřevní štěpku lze mimoto zatím považovat za odpad. Základní nevýhodou je u hnědého uhlí prašnost manipulace s palivem a popelem, u štěpky určité nejistoty v její dodávce s dlouhodobého hlediska.

Varianta F je založena rovněž na využití tuzemského zdroje – elektřiny – vývoj její ceny je však rovněž nejistý.

Kombinovaná výroba tepla a elektřiny rovněž naráží na řadu nejistot – zejména legislativních. V současné době byly některé již realizované kogenerační jednotky odpojeny – původci tohoto nepříznivého ekonomického tlaku jsou zřejmě velcí distributoři elektřiny a malá podpora státu. Tuto variantu nelze proto v současné době dost dobře doporučit, přesto, že na první pohled se zdá výhodná.

5.2 DOPORUČENÍ VARIANT K REALIZACI - POŘADÍ

S ohledem na výše uvedené ekonomické zhodnocení vč. diskuze o výhodách a nevýhodách a prognóze cenového vývoje lze doporučit varianty k doporučení v tomto pořadí:

1. **Varianta E** – decentralizované zásobení teplem s využitím velkoodběratelské sazby zemního plynu (jeden fakturační plynoměr vůči Plynárně + podružné plynoměry), přednostně instalovat odběrná plynová zařízení; uplatněním kalkulačního vzorce by mělo dojít ke snížení ceny tepla pro odběratele (jako zvláštní opatření je možno instalovat tepelná čerpadla pro ohřev TUV, případně přitápění).
2. **Varianta B** – úprava stávající plynové kotelny, příprava TUV pomocí tepelného čerpadla, rozvod čtyřtrubkový (možnost rekonstrukce topných kanálů později).
3. **Varianta Db)** – kotelna na hnědé uhlí, čtyřtrubkový rozvod (možnost rekonstrukce topných kanálů později).
4. **Varianta Da)** – kotelna na dřevní štěpku, rozvod topné vody čtyřtrubkový (možnost rekonstrukce topných kanálů později).
5. **Varianta A** – úprava stávající plynové kotelny, rozvod dvoutrubkový, příprava TUV přímo v domech.
6. **Varianta C** – úprava stávající plynové kotelny, instalace kogenerační jednotky, odběr elektřiny pro vlastní potřebu, čtyřtrubkový rozvod (možnost rekonstrukce topných kanálů později).
7. **Varianta F** – elektrické přímotopy.

Důležitým doplňujícím doporučením k výše uvedenému je zateplení domů. Je zřejmé, že pokud k zateplení dojde bezprostředně před rekonstrukcí zařízení pro zásobení teplem, ekonomický efekt celé investice se zvýší.

6. ZÁVĚR

Předložený rozbor poskytuje obecnou základní orientaci v problematice zásobení teplem malého sídliště. Obsahuje energetický i ekonomický rozbor sedmi variant řešení zdroje tepla a TUV vč. posouzení dopadu případného zateplení zásobených domů na výběr a realizaci nejvýhodnější varianty. Obsažena je i diskuze k ekonomické prognóze vývoje cen paliv – na základě současných dostupných skutečností i pojednání o dalších výhodách a nevýhodách jednotlivých řešení. Výstupem je doporučení variant k realizaci podle pořadí jejich výhodnosti.