

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ENERGETICKÝ POSUDEK KOGENERACE A PLYNOVÉ KOTELNY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. PETR KANDL

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Petr Kandl
Název	Energetický posudek kogenerace a plynové kotelny
Vedoucí diplomové práce	Ing. Petr Horák, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2015
Datum odevzdání diplomové práce	15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné),
- g) obsah,
- h) úvod,
- i) vlastní text práce s touto osnovou:
 - A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran
 - B. Výpočtová část
Analýza spotřeby energie posuzovaného energetického hospodářství pro výchozí stav a nový stav
výkres schéma zapojení kotelen jednotlivých variant
 - C. Energetický posudek
v souladu s vyhláškou 480/2012 Sb.
- j) závěr,
- k) seznam použitých zdrojů,
- l) seznam použitých zkratk a symbolů,
- m) seznam příloh,
- n) přílohy – výkresy

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
Ing. Petr Horák, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Obsahem diplomové práce je energetický posudek plynové kotelny v Lišově. V kotelně jsou instalovány plynové kondenzační kotle a kogenerační jednotky. Teoretická část obsahuje výčet běžně používaných kogeneračních zařízení a používaných plynů. Výpočtová část obsahuje čtyři varianty rekonstrukce kotelny. Energetický posudek srovnává vybranou variantu z výpočtové části s původním stavem.

Klíčová slova

Energetický posudek, kogenerace, kogenerační jednotka, kondenzační kotel, bioplyn, zemní plyn, úsporná opatření, ekonomická bilance, oxid uhličitý, centrální zásobení teplem.

Abstract

The thesis contains a gas boiler room energy assessment in Lišov. In the mentioned boiler room, there are installed gas condensing boilers and cogeneration units. Theoretical part of the thesis lists a summary of generally used cogeneration equipment and ordinarily used gases. Calculation part includes four variants of the boiler room reconstruction. Energy assessment compares the chosen variant from the calculation part with the original condition of the boiler room.

Keywords

Energy assessment, cogeneration, cogeneration unit, condensing boiler, biogas, natural gas, economy drive, economic balance, carbon dioxide, central heat supply.

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Petr Kandl *Energetický posudek kogenerace a plynové kotelny*. Brno, 2015. 91 s., 10 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Petr Horák, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15.1.2016

.....
podpis autora
Bc. Petr Kandl

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 15.1.2016

.....
podpis autora
Bc. Petr Kandl

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji vedoucímu práce Ing. Petru Horákovi, Ph.D. za jeho připomínky a odborné vedení diplomové práce. Déle bych velmi rád poděkoval panu Ing. Lukáši Jančokovi za jeho čas a cenné informace z praxe. Bez nich by bylo velmi těžké práci dokončit.

Dále děkuji mé rodině. Její podpora pro mne byla po celou dobu studia velmi důležitá.

OBSAH:

ÚVOD	11
ČÁST A - TEORETICKÁ ČÁST	
1.1. Úvod do kogenerace	13
1.2. Výhody kogenerace	13
1.3. Typy kogeneračních zařízení a používané plyny	16
1.4. Vhodné využití kogenerace	18
1.5. Ochrana životního prostředí s použitím kogenerace	19
1.6. Problémy spojené s použitím kogenerace	20
1.7. Zákony a vyhlášky spojené s kogenerací	21
1.8. Optimální návrh kogenerace	23
1.9. Postup návrhu – výpočtové vztahy a podklady	24
1.10. Kogenerace a výhled do energetické budoucnosti	26
1.11. Závěr	28
ČÁST B – VÝPOČTOVÁ ČÁST	
1. Návrh zdroje tepla	30
1.1. Analýza tepelných ztrát jednotlivých objektů	30
1.2. Popis tepelných ztrát distribuční sítě	31
1.3. Výpočet výkonu pro ohřev TUV	31
1.4. Návrh zdroje tepla – varianta 1	32
1.5. Návrh zdroje tepla – varianta 2	32
1.6. Předpokládaný odběr tepla	34
1.7. Předpokládaná spotřeba paliva pro variantu 1	36
1.8. Předpokládaná spotřeba paliva pro variantu 2a	37
1.9. Předpokládaná spotřeba paliva pro variantu 2b	39
1.10. Předpokládaná spotřeba paliva pro variantu 2c	41
1.11. Ekonomická bilance varianty 1	43
1.12. Ekonomická bilance varianty 2a	43
1.13. Ekonomická bilance varianty 2b	44

1.14. Ekonomická bilance varianty 2c	45
1.15. Ekonomické vyhodnocení všech variant	47
1.16. Ekologické vyhodnocení všech variant	48
1.17. Závěr	49
2. NÁVRH JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ VYBRANÉ VARIANTY	51
2.1. Akumulační zásobník tepla	51
2.2. Návrh oběhového čerpadla pro hlavní větev	54
2.3. Návrh expanzní nádoby	59
ČÁST C – ENERGETICKÝ POSUDEK	
1. TITULNÍ LIST	61
1.1. Předmět energetického posudku	61
1.2. Zpracovatel energetického posudku	61
2. ÚČEL ZPRACOVÁNÍ ENERGETICKÉHO POSUDKU PODLE §9a ZÁKONA Č.318/2012 Sb.	62
3. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	63
3.1. Lokalita objektu v rámci většího územního celku	64
3.2. Kopie katastrální mapy	65
4. STANOVISKO ENERGETICKÉHO SPECIALISTY	66
4.1. Popis historického vývoje kotelny	66
4.2. Popis spotřebičů tepla – objektů	68
4.3. Historie spotřeby tepla v posledních 3 letech	75
4.4. Popis předpokládané spotřeby tepla a potřebný výkon	75
4.5. Popis tepelných ztrát distribuční sítě	76
4.6. Vyhodnocení energetické bilance systému CZT	76
4.7. Popis současného stavu kotelny	77
4.8. Návrh řešení rekonstrukce	78
4.9. Zajištění odběru elektrické energie	79
4.10. Ekonomické zhodnocení zvoleného opatření	80
4.11. Ekologické zhodnocení zvoleného opatření	81
5. ZÁVĚREČNÉ STANOVISKO	83
6. EVIDENČNÍ LIST ENERGETICKÉHO POSUDKU	84

ÚVOD

V současné době je velkým společenským trendem snižování energetické náročnosti objektů, potažmo celých systémů centrálního zásobení teplem. Jednoznačně nejdůležitějšími důvody tohoto snižování je ekonomická bilance a ochrana životního prostředí. Touto problematikou se v současnosti velmi často zabývají orgány státní správy, Evropská unie a také stále narůstající množství odborníků.

Jedním ze zásadních témat jsou obnovitelné zdroje energie. O solárních systémech, fotovoltaických elektrárnách nebo tepelných čerpadlech toho již bylo napsáno mnoho. Málo používaným zdrojem energie jsou kogenerační jednotky. Jejich výhodou spočívá v kombinované výrobě elektrické energie a tepla. Jedná se o zdroj, který bude podle mě v budoucnosti často používán i v souvislosti s rozvojem využití skládkového plynu, bioplynu a podobně. V dnešní době se již vyrábí malé jednotky pro rodinné domky, ovšem jejich využití je jen ojedinělé.

Diplomová práce je rozdělena do tří tematických celků. V teoretické části A se budu zabývat kogenerací obecně, základními výhodami, principy a posléze také vlastním návrhem s použitými vztahy. Ve druhé výpočtové části provedu vlastní analýzu skutečné a předpokládané spotřeby tepla v řešené kotelně v Lišově. S tím bude souviset i návrh nových zdrojů tepla. Ve třetí části bude proveden energetický posudek podle vyhlášky 480/2012 Sb.

ČÁST A – TEORETICKÁ ČÁST

1.1. Úvod do kogenerace

Kogenerace je slovo cizího původu. Původním českým ekvivalentem je slovo teplárna. Kogenerační zařízení nám umožňují vyrábět teplo a elektřinu v jednom zdroji. Slovo teplárna bylo odvozeno ze skutečnosti, že se v kogeneračním zařízení zpravidla vyrobí více tepla než elektřiny. Poměr výroby elektrické energie k teplu se označuje jako teplárenský modul e . Tento poměr tedy většinou vychází menší než 1. Obvykle se pohybuje v mezích 0,2 až 0,8. V ideálním případě může dosáhnout až hodnoty 1. (1)

Elektřina se vyrábí v generátoru, který je součástí zařízení a tepelnou energii lze získat několika způsoby z chlazení. Je potřeba chladit spaliny, spalovací motor a mazací olej.

1.2. Výhody kogenerace

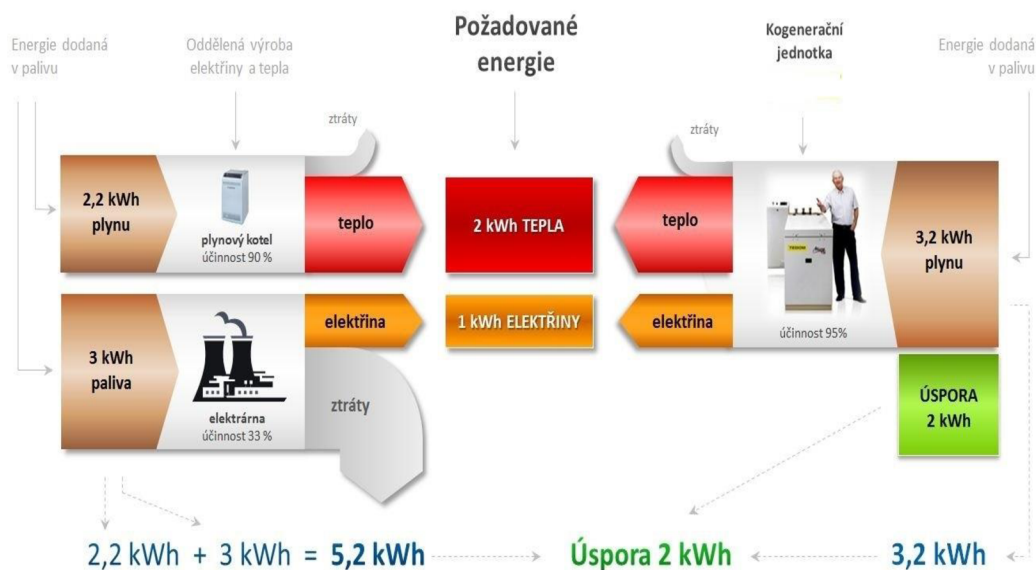
Využití energie obsažené v palivu může činit až 95%. Při smysluplném využití odpadního tepla tedy není potřeba toto teplo dále vyrábět v jiném zdroji. Tím se šetří množství potřebného paliva i finanční prostředky potřebné na jeho nákup. V níže uvedeném obrázku jsou uvedeny schematické tepelné toky a uspořené množství paliva. (2)

Rozdělení kogeneračních zařízení podle typů motoru:

- a) kogenerační jednotky s plynovou spalovací turbínou
- b) kogenerační jednotky s plynovým spalovacím motorem
- c) kogenerační jednotky s parní turbínou

Elektrická energie zde vzniká roztočením generátoru, stejně jako v mnohých jiných typech zařízení. K roztočení dochází například spalovacím motorem na různé typy paliv.

Úspora energie pomocí kogenerace

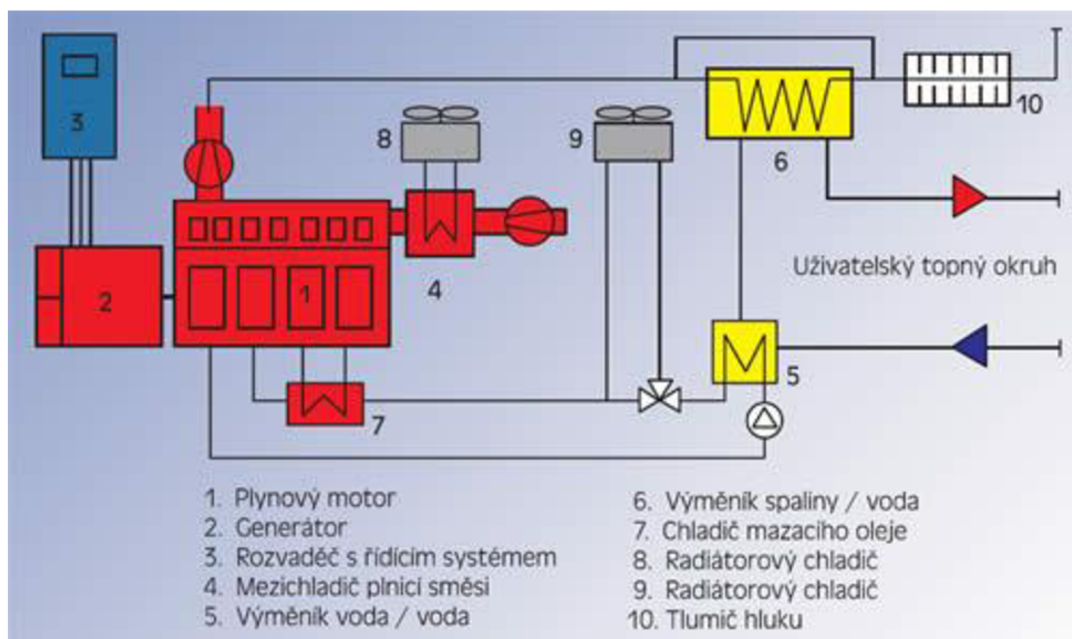


Obrázek 1-Úspora energie pomocí kogenerace (1)

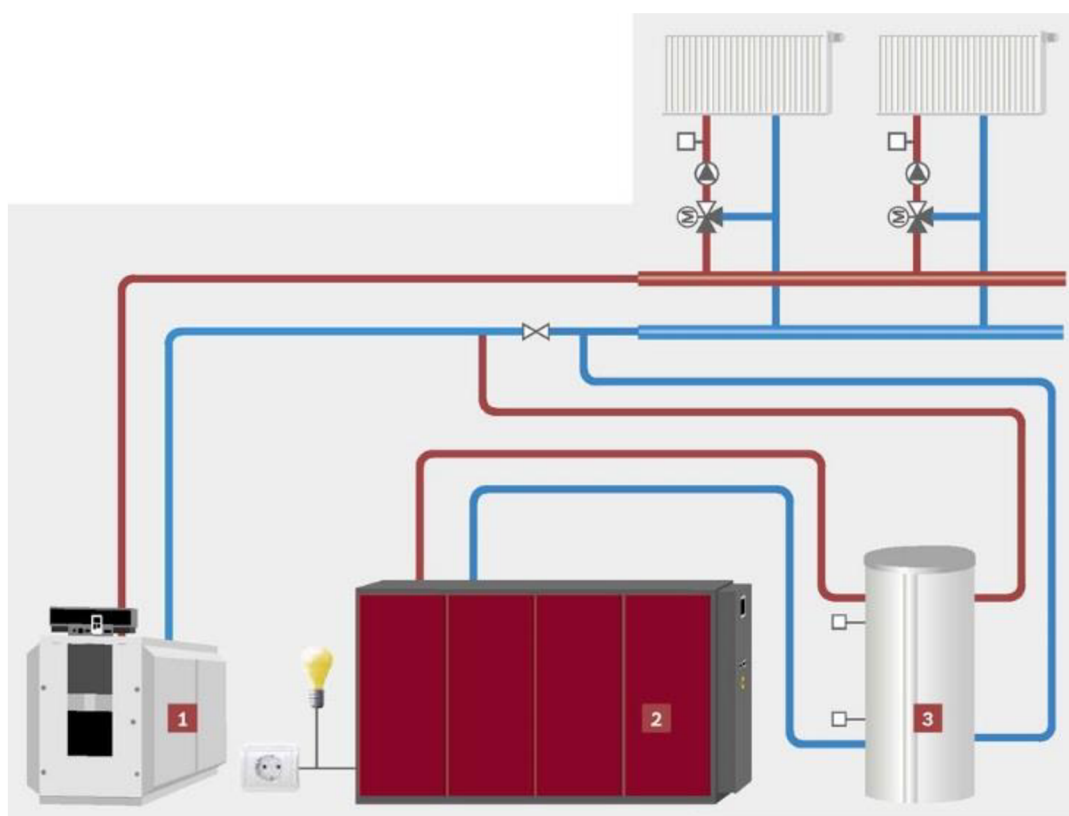
Z výše uvedeného obrázku vyplývá úspora paliva přibližně 40% oproti oddělené výrobě elektrické energie a tepla. Dalším kladem je možnost lokálního využití vyrobené elektrické energie, takže nedochází k tak značným ztrátám vlivem odporu distribuční sítě. Lze zde při současném výběru kogeneračních jednotek také navrhovat zařízení speciálně na míru pro konečného zákazníka podle analýzy spotřeb tepla a elektrické energie a tím minimalizovat potřebu nákupu elektrické energie. V jiné variantě lze počítat s potřebou tepla a elektrickou energií z větší části prodat do distribuční sítě. Zároveň při této výrobě dochází ke snížení produkce skleníkových plynů, hlavně CO₂.

Další výhodou jsou nižší investiční náklady na pořízení kogenerační jednotky než na zřízení dvou oddělených zdrojů na elektřinu a teplo. V současné době je tento zdroj energie podporován i formou různých dotačních titulů (například Zelená úsporám). Navíc výkup elektrické energie je regulován Energetickým regulačním úřadem a výkupní cena od distributora je doplněna o tzv. zelený bonus, který závisí na době provozu kogeneračního zařízení za rok. Čím delší dobu bude kogenerační zařízení fungovat, tím menší zelený bonus jeho provozovatel může vyinkasovat. (1)

Na níže uvedeném obrázku je znázorněn základní princip a funkce kogenerační jednotky.



Obrázek 2 Schéma konstrukce KGJ (3)



Obrázek 3-Zjednodušené schéma zapojení KGJ v kombinaci s plynovým kotlem

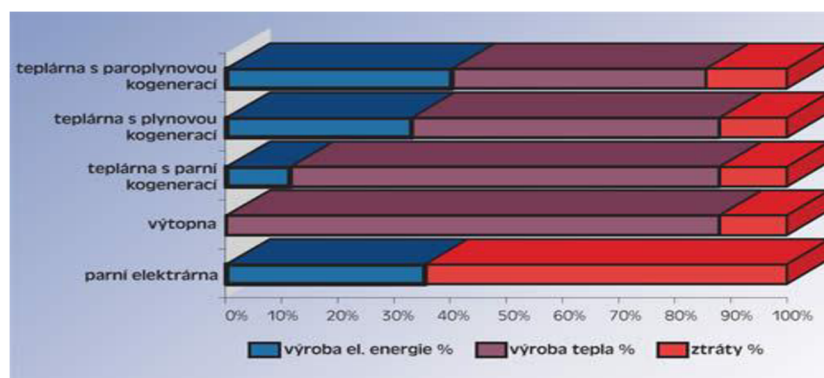
- Legenda:
- 1- plynový kondenzační kotel
 - 2- kogenerační jednotka
 - 3- akumulární zásobník tepla

1.3. Typy kogeneračních zařízení a používané plyny

Kogenerační jednotky (dále jen KGJ) lze dělit z několika hledisek a to především podle typu používaného paliva:

- a) KGJ spalující zemní plyn
- b) KGJ spalující důlní plyn (metan)
- c) KGJ spalující bioplyn
- d) KGJ spalující skládkový plyn
- e) KGJ s kyslíko-vodíkovými chemickými palivovými články
- f) hybridní solární zařízení s fotovoltaickými články chlazenými kapalinou
- g) KGJ s využitím původní technologie na fosilní paliva s parními protitlakými nebo odběrovými turbínami
- h) KGJ s geotermální teplárnou (pokud není ze země těžena přímo vodní pára)

Rozdělení různých typů zařízení a podíl v nich vyrobené energie:



Obrázek 4- Podíl výroby energie (3)

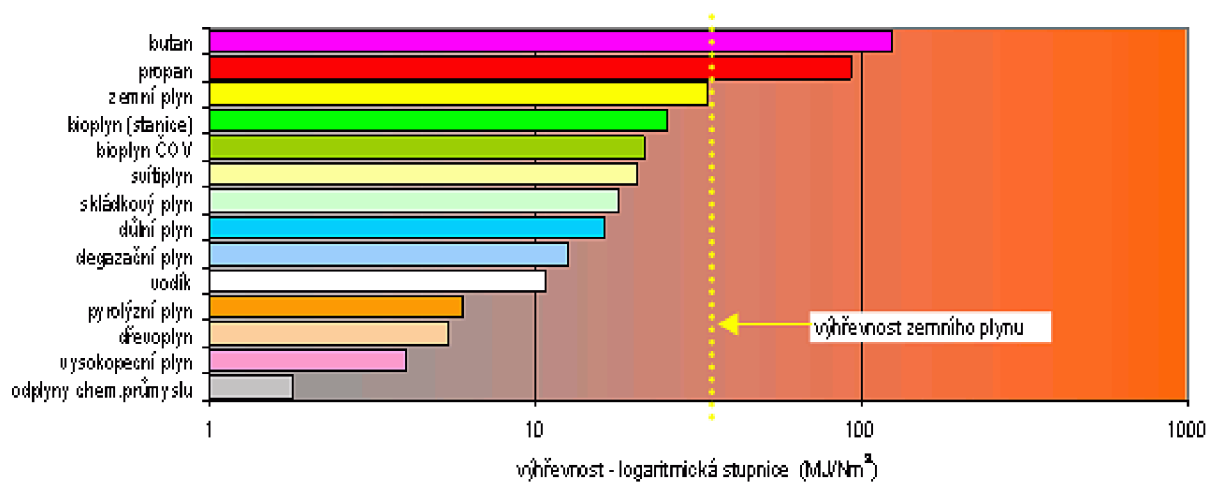
Nejpoužívanějším z tzv. „alternativních plynů“ je bioplyn. Jeho užívání je ovšem velmi silně spojené s jeho nedostatkem na běžném trhu. V dnešní době je vysoká poptávka po bioodpadu především u našich, německy mluvících, sousedů. V těchto zemích je zároveň

vysoká kupní síla, což dokáže prodejce biomasy přimět k prodeji do zahraničí za nesrovnatelných finančních podmínek. Proto dříve plánovaný odběr biomasy bioplynové stanice z okruhu maximálně 30 kilometrů není reálný. Dnes je každá stanice nucena kupovat biomasu i z cizích zemí, například Polska, Slovenska, Běloruska nebo Ukrajiny. Bioplyn se skládá především z oxidu uhličitého a metanu. Odpadem, který jsou tyto stanice schopny dále používat nebo prodávat je disegát, který lze používat jako velmi kvalitní hnojivo. Někdy bývá u bioplynových stanic obtížné odebírat teplo, protože nebývají v blízkosti vhodné objekty na odběr tepla na vytápění nebo na ohřev teplé užitkové vody. Pokud neexistuje možnost odběru tepla pro účely vytápění nebo pro ohřev teplé vody, je výhodné využít je pro nějaký technologický provoz. Například sušení dřeva nebo zemědělských plodin. V bioplynu jsou na rozdíl od zemního plynu obsaženy agresivní látky, a proto je při spalování bioplynu důležitá technická úprava motoru, jako ochrana proti jeho poškození.

Zdrojem bioplynu je pestrá škála organických látek, které se hodí pro kvašení. Jedná se o anaerobní kvašení, tzn. bez přístupu vzduchu. Může sem spadat například dobytčí kejda, separovaný biologický komunální odpad, slamnatý hnůj, kaly splaškových vod, biologické odpadů z nejrůznějších provozů jako jsou pivovary, lihovary, výroby vína, cukrovary eventuálně papírny. Použitelná je i tráva, naopak dřevní hmota není vhodná pro rozklad metanogenními bakteriemi, proto se dřeva používá spíše pro termický rozklad a tím se z něj získávají plyny používané pro kogeneraci.(5)

Dnes velmi populárním tématem je využití skládkového plynu. Ten se za pomoci čerpadel odsává a odlučuje se z něj vlhkost. Nejčastěji bývá kogenerační jednotka nasazena přímo v lokalitě skládky, kde je vyráběna elektrická energie a odpadní teplo se distribuční sítí přivádí k objektům, nebo je odebíráno pro vytápění například třídírny odpadů přímo v místě skládky. Existuje i možnost odpadním teplem ohřívat odpad, čímž se urychlí procesy vedoucí ke vzniku plynu.

Na obrázku, uvedeném níže, je přehled většiny používaných plynů a jejich výhřevností. Jsou zde patrné rozdíly mezi jednotlivými plyny, což souvisí i s jejich cenou. Nicméně za hraniční palivo se dá označit důlní plyn. Plyny pod touto mezí se již téměř nevyplatí používat. Dochází k malé výrobě a opotřebení kogenerační jednotky je téměř stejné jako například u zemního plynu.



Obrázek 5 - Výhřevnost různých typů paliv (5)

Zdroje těchto plynů se nachází jak v přírodě, tak i v některých oblastech lidské činnosti. Z výše uvedeného obrázku vyplývá, že jedním z nejdůležitějších parametrů pro posouzení vhodnosti plynu je jeho výhřevnost. Nejnižší výhřevnosti mají plyny z chemické výroby, vysokopecní plyn a dřevoplyn. Následuje vodík, kde je příčinou nižší výhřevnosti především absence uhlíku v molekulách. Čím vyšší je totiž obsah atomů uhlíku, tím prudčeji roste výhřevnost paliva. Za standardní se považuje výhřevnost metanu, která činí přibližně 34MJ/Nm³. Využití kapalného propanu a butanu není pro kogeneraci obvyklé, nicméně i instalace takové jednotky je na našem území známa. (5)

1.4. Vhodné využití kogenerace

Kogenerační jednotky lze vhodně využít tam, kde jsou nároky na současný odběr elektrické energie a tepla. Jedná se obvykle o zdravotnická zařízení, školy, lázně, plovárny, sportovní haly, systémy centrálního zásobení teplem (dále jen CZT), ubytovací zařízení, čističky odpadních vod, skládky a hlavně průmyslové provozy. Dalším typem, kde lze kogeneraci využít jsou zemědělské provozy – zde se počítá především s využitím bioplynu.(4)

S kogenerací však lze uvažovat i v menších objektech. Jedná se o tzv. mikrokogenerační jednotky, jejichž součástí je spalovací motor s generátorem, který vyrábí při dodávce zemního plynu teplo s vysokou účinností a elektrickou energii. V principu motor pohání generátor, který vyrábí elektrickou energii a ten je chlazen vodou, která odvádí teplo. Touto topnou vodou

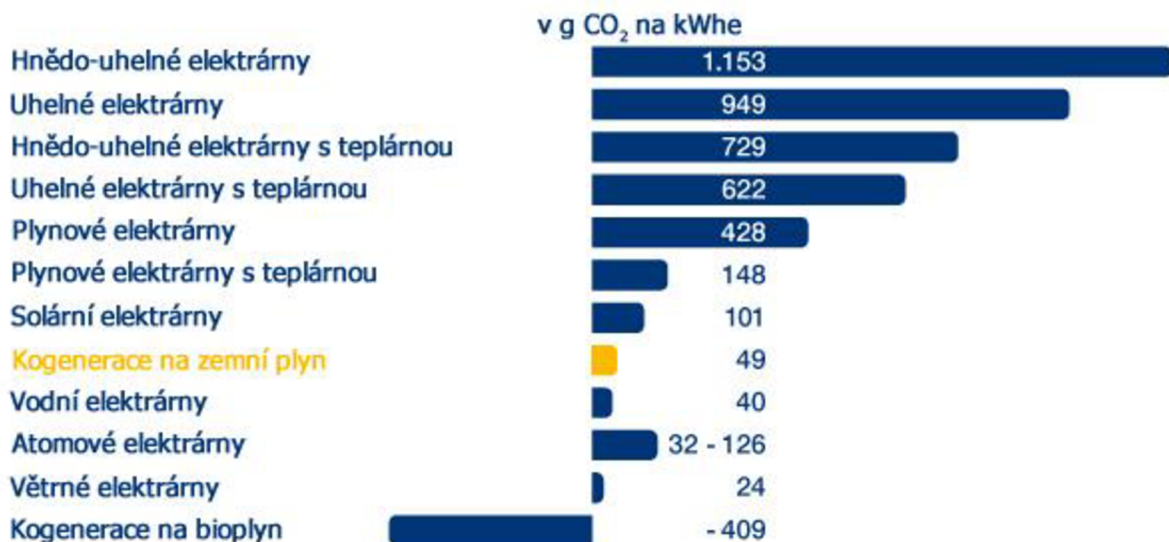
můžeme buď ohřívat teplotonosné médium v okruhu vytápění, nebo jí můžeme ohřívat teplou vodu.(4)

Výhody kogenerace oproti ostatním alternativním zdrojům energií spočívají především ve stálé a obvyklé dodávce energie do sítě. Na rozdíl od fotovoltaických elektráren nám zde odpadají problémy spojené s přetěžováním distribuční sítě a nevznikají zde tzv. „blackouty“. Odběr tepla se dá předpokládat ve standardních hodnotách a provoz kogeneračního zařízení se nastavuje podle denní potřeby. Navíc v případě náhlého odběru bývá kogenerační jednotka doplněna jiným zdrojem, který vyrábí „pouze“ tepelnou energii.

1.5. Ochrana životního prostředí s použitím kogenerace

Zásadní výhodou kogenerační jednotky je úspora paliva, protože dokáže efektivně využít odpadní teplo. Zároveň existuje i velké množství použitelných typů. Jedná se o volnou jednotku nebo kontejnerové provedení, které zásadně snižuje hlučnost zdroje. Obecně hluk z jednotky bývá častým problémem spojeným s provozem jednotky. Kogenerační zařízení lze umístit i na střechu objektu, ovšem je nutné dbát na jeho izolování od vibrací, které je potřeba minimalizovat.

Moderní kogenerační jednotky též produkují výrazně méně škodlivých látek. Je to zásluha především kvality používaných filtrů. Zároveň se jejich produkce pohybuje hluboko pod zákonem stanovenými limity. Kogenerační jednotky mají v tomto směru obrovskou výhodu i v porovnání s ostatními typy elektráren. Nižší emise oxidu uhličitého produkují jen vodní a větrné elektrárny. V některých případech můžou nižších emisí CO₂ dosáhnout i jaderné elektrárny. Dokonce i solární elektrárny produkují více CO₂ než kogenerace na zemní plyn. Nejhorší variantou je hnědo-uhelná elektrárna, která produkuje dokonce 25x více oxidu uhličitého v g/kWh_e.



Obrázek 6 - produkce CO₂

1.6. Problémy spojené s použitím kogenerace

Kogenerační jednotku se nedoporučuje realizovat v místech, kde nelze odebrat veškeré odpadní teplo z výroby elektrické energie. Vzhledem k používaným velikostem kogeneračních jednotek je smysluplné použít kogeneraci až při ročním odběru zemního plynu přibližně 6500 m³. V případě menšího odběru plynu není vhodné kogenerační jednotku používat. V dnešní době u menších rodinných domků, jejichž tepelné ztráty bývají kolem 5 kW, tedy kogenerační jednotka není optimálním řešením.

S použitím kogenerační jednotky jsou spojeny i problémy s nutnými legislativními úkony. Je to získání licence na výrobu elektrické energie, registrace účastníka trhu s elektřinou, uzavření smlouvy o prodeji elektřiny apod... Provozovatelem kogenerační jednotky navíc může být pouze právnická osoba. U velmi malých kogeneračních jednotek lze tedy pochybovat o výhodnosti její instalace vzhledem k relativně složitým legislativním podmínkám k nízké výrobě elektřiny a tepla. (2)

1.7. Zákony a vyhlášky spojené s kogenerací

Energetický zákon 458/2000 Sb. – O podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon).

Zákon o hospodaření energií 406/2000 Sb.

Zákon o podporovaných zdrojích energie 165/2012 Sb. – O podporovaných zdrojích a změně některých zákonů

Vyhláška č.453/2013 Sb. – Vyhláška o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů

Vyhláška 441/2012 Sb. – Vyhláška o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie

Dalším důležitým dokumentem je každoročně vydávaný věstník Energetického regulačního úřadu, kterým se stanovuje výše podpory pro jednotlivé druhy a typy výroby energie.

Výsledná výše podpory za elektřinu z KVET se vypočte podle vztahu:

$$C_{zb} = E_{kvet} * (ZB_{zakl.sazba} + ZB_{dopl_I})$$

C_{zb} -celková výše podpory na elektřinu z KVET

E_{kvet} -množství elektřiny z KVET

$ZB_{zakl.sazba}$ -základní sazba zeleného bonusu

ZB_{dopl_I} -doplňková sazba I k základní sazbě zeleného bonusu

Základní sazby zeleného bonusu na elektřinu z kombinované výroby elektřiny a tepla se dělí podle výkonu kogeneračních zařízení a podle počtu provozních hodin. S rostoucí velikostí a častějším používáním jednotky výše podpory klesá. Proto je důležité při návrhu zařízení provést důslednou ekonomickou analýzu jednotlivých variant a započítat předpokládaný zisk z prodeje elektrické energie.

Doplňková sazba k základní sazbě zeleného bonusu pro kogenerační jednotky spalující zemní plyn činí 455 Kč/MWh. S tou lze uvažovat pouze i u zařízení spalujících: čistou biomasu,

plyn ze zplyňování pevné biomasy, bioplyn v bioplynové stanici, důlní plyn, komunální odpad nebo komunální odpad s různými jinými zdroji energie. Nejvyšší je doplňková sazba pro různé typy výroben elektřiny spalujících bioplyn.

Příklad výše podpory z roku 2014 dle věstníku ERÚ částka 4/2014, ročník 14 ze dne 12. listopadu 2014:

Podporovaný druh energie	Instalovaný výkon výrobní (kW)		Provozní hodiny (h/rok)	Zelený bonus (Kč/MWh)
	od	do (včetně)		
Elektřina z KVET s výjimkou elektřiny podporované podle bodu 1, a nebo 2.1. cenového rozhodnutí s výjimkou elektřiny z KVET vyrobené ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	0	200	3 000	1 640
	0	200	4 400	1 180
	0	200	8 400	250
	200	1 000	3 000	1 180
	200	1 000	4 400	780
	200	1 000	8 400	170
	1 000	5 000	3 000	830
	1 000	5 000	4 400	500
Elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny současně podporovaná podle bodu 1 a 2.1 cenového rozhodnutí a elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	1 000	5 000	8 400	75
	0	5 000	8 400	45

Kogenerační jednotku lze provozovat i vyšší počet hodin než je uvedeno v tabulce, ovšem na energii vyrobenou nad uvedené hodnoty nelze čerpat zelený bonus, ale pouze sazbu stanovenou elektrárnou.

Pro srovnání výše podpory s ostatními zdroji energie se podpora zdrojů KVET pohybuje na nižší úrovni. Nejvyšší podporu v současné době inkasují provozovatelé fotovoltaických elektráren. Na vyšší úrovni se pohybuje i podpora elektřiny z vodních i větrných elektráren.

Srovnatelná je výše podpory pro kogenerační jednotky spalující bioplyn. Ovšem je zapotřebí si uvědomit i to, že kogenerace skýtá možnost prodeje odpadního tepla, která je pro ekonomickou bilanci jednotky nezbytná.

Dle cenového rozhodnutí ERÚ vydaného 19. 11. 2015 dochází k zásadnímu obratu v provozu a podpoře kogeneračních zařízení. Současná výše podpory tedy platí do konce roku 2015 a od 1. ledna 2016 není podpora kogeneračních zařízení vůbec stanovena. Současná situace se dává za vinu byrokratickým problémům a předpokládá se, že výše podpory bude vyhlášena na základě rozhodnutí Evropské komise, potažmo jejího notifikačního řízení. Ze strany státní správy České republiky a z oficiálních strategických dokumentů z oblasti energetiky je vidět snaha zachovat tento zelený bonus. Nezbyvá než doufat, že se bude jednat o rychlý proces a následky současného stavu budou naprosto minimální.

1.8. Optimální návrh kogenerace

V případě rekonstrukcí kotelen na kogenerační zdroj je zapotřebí vycházet především ze skutečných a ověřených spotřeb tepla v jednotlivých napojených objektech v průběhu roku, tzn. z ročního odběrového diagramu tepla. V souvislosti s tím, že investiční náklad do kogeneračního zařízení s generátorem je výrazně vyšší, než do plynového kondenzačního kotle stejného tepelného výkonu, není hospodárné navrhovat do kotelen pouze kogenerační zařízení na maximální potřebný výkon, ale je výhodné je navrhnout pouze na jeho část. Je přitom velmi důležité, aby kompletní tepelný výkon kogenerace byl využit pokud možno po celý rok a veškeré teplo bylo dodáno do soustavy vytápění a pro přípravu teplé vody. Jinými slovy lze říci, že kogenerační zařízení by mělo pokrýt základní zatížení v odběrovém diagramu tepla. Do celkových nákladů se taktéž nepříznivě promítá, kromě ceny zařízení také to, že životnost pístových plynových motorů bývá menší než u plynových kotlů.(1)

Toky energií v kogenerační jednotce a v plynovém kondenzačním kotli jsou ve vzájemném vztahu. Z obou zařízení tvoří 15% případné ztráty. Ze zbylých 85% ovšem v kogeneraci zaujímá přibližně 35% elektrina a 50% teplo. V plynovém kotli se samozřejmě celých 85% přemění na teplo. Vlastností kogeneračního zařízení je nutno využít pro jeho dimenzování. Pro návrh se v odběrovém diagramu na vodorovné ose znázorní počet dní (0-365) a na svislé ose poměrné zatížení kotlů v procentech (0-100). Klíčovou hodnotou pro návrh je stálá potřeba tepla v letních měsících. Jedná se pouze o potřebu tepla pro ohřev teplé vody. (1)

U jednotlivých výrobců se samozřejmě mohou hodnoty jednotlivých účinností lišit. Důležité je brát v úvahu i velikost jednotek. V zásadě platí, že s rostoucím výkonem jednotky roste elektrická účinnost a klesá tepelná. Ovšem klesá i celková účinnost zařízení. Tepelná účinnost lze odvodit z výkonu odváděného chladičem oleje a chlazením válců. Dohromady je to přibližně 30% energie obsažené v palivu. Ve spalínách se odvádí zhruba 35% energie paliva, ovšem lze využít pouze zhruba 20%, protože spaliny nelze vychladit na teplotu okolí (1).

U kogeneračního zařízení je potřeba uvažovat s nutnou několikadenní odstávkou z důvodu pravidelné údržby (výměna oleje, filtru vzduchu a oleje, seřízení jednotky apod.). Náklady na tuto údržbu mohou činit, v případě přepočtu na jednotkový elektrický výkon přibližně 0,50 Kč/kWh_e.

Životnost pístových zařízení kogeneračního zařízení činí přibližně 30 000 hodin. Posléze je nutné provést generální opravu. V dnešní době výrobci udávají hodnotu i 50 000 hodin. S ohledem na roční provoz jednotky určený věstníkem NZÚ lze jednotku provozovat 11 až 15 let. Respektive tuto hodnotu uvažujeme pro případné odpisy. Po generální opravě jednotka může ještě nějaký čas fungovat, ovšem je nutné počítat i s variantou pořízení nového zařízení. V případě kogenerační jednotky na zemní plyn je potřeba uvažovat s investičními náklady v relaci 15 000 – 20 000 Kč/kWh_e. (1)

1.9. Postup návrhu – výpočtové vztahy a podklady

1) Pro plynový motorgenerátor musí platit celková energetická bilance:

$$Q_{pal} = P_e + Q_{pm} + Q_z \text{ (kW)}$$

Q_{pal} – příkon motoru v dodávaném palivu (kW_t)

P_e – elektrický výkon generátoru na hřídeli (kW_e)

Q_{pm} – celkový využitý tepelný výkon motoru (kW_t)

Q_z – ztracený výkon z motoru (kW_t) (1)

2) Pro vlastní návrh zařízení vycházíme ze vztahu pro denní potřebu tepla:

$$Q = V * c * \Delta t * \rho \text{ (J)}$$

Q – denní potřeba tepla pro ohřev TUV (J)

V – denní potřeba TUV (m³)

c – měrná tepelná kapacita vody (kJ/kgK), jedná se o hodnotu 4 180 kJ/kgK

Δt – rozdíl teplot, obvykle se pro ohřev teplé vody používá hodnota 50 K, 10°C→60°C

ρ – objemová hmotnost vody (kg/m³); používá se hodnota 1 000 kg/m³

3) Poté navrhne vlastní zařízení s ohledem na denní provoz zařízení a celkový roční provoz jednotky (3 000 nebo 4 400 hodin). Postupuje se s ohledem na optimalizaci provozu v letním měsíci, což znamená, že jednotka bude v tuto dobu v provozu kolem 3 hodin denně. V zimních měsících pak může jednotka produkovat elektrickou a tepelnou energii zhruba 12 hodin denně. Je zapotřebí vycházet z nabízených zařízení jednotlivých výrobců a také z podmínek provozovatele distribuční elektrické sítě a podmínek napojení, v případě, že hodlám elektrickou energii prodávat.

4) V předběžném variantě nebo při návrhu nového zařízení lze vycházet i z jiných vztahů, vycházejících z celkové energetické bilance:

$$P_e = Q_{pal} * \eta_m * \eta_g = \text{obvykle } 0,35 * Q_{pal} (kW)$$

P_e – elektrický výkon generátoru na hřídeli (kW_e)

Q_{pal} – příkon motoru v dodaném palivu (kW_t)

η_m – účinnost motoru (-)

η_g – účinnost generátoru (-)

V případě, že v soustavě nebude instalován akumulční zásobník, což se v současných trendech nepředpokládá, vzhledem k tomu, že potřeba tepla je stále nižší a je potřeba je akumulovat, by bylo zapotřebí veškeré odpadní teplo odvádět do okolí. Jeho množství se určí dle vztahu:

$$Q_z = Q_{cho} + Q_{chv} + Q_s \approx 0,65 * Q_{pal} (kW)$$

Q_z - ztracený výkon z motoru (kW_t)

Q_{cho} - odpadní tepelný výkon odváděný z mazacího oleje (kW)

Q_{chv} - odpadní tepelný výkon odváděný z válců motoru (kW)

Q_s – odpadní tepelný výkon odváděný spalínami (kW)

Po odečtení 15% ztrát ve spalínách tedy celkové využitelné teplo činí:

$$Q_{pm} = 0,5 * Q_{pal} (kW)$$

Z výše uvedeného výpočtu je vidět jednoznačná struktura, která odpovídá tomu, že zhruba 50% energie v palivu dodaném do zařízení se přemění na tepelnou energii a přibližně 35% je přeměněno na elektrickou energii. Patnácti-procentní ztráty jsou v dnešní době při modernizaci jednotlivých částí zařízení poněkud přemrštěny, ovšem i z tohoto výpočtu lze vycházet pro vlastní návrh kotelny.

Při rekonstrukcích kotelen lze vycházet i z hodnot naměřených na patách jednotlivých objektů, výše uvedený vztah používáme při jednotném měření dodaného tepla na vytápění i na ohřev teplé vody. Z hodnoty potřebné denní dodávky tepla vycházíme při návrhu provozních hodin kogenerační jednotky. Součet hodin za rok by měl činit 3000 nebo 4400, v závislosti na cenovém rozhodnutí podpory NZÚ. Měl by být proveden návrh několika jednotek, různých typů provozu a poté ekonomická bilance jednotlivých variant. V obvyklém návrhu je důležité použít akumulaci zásobník tepla. Provoz jednotky v letních měsících u bytové zástavby bývá kolem 3 až 4 hodin denně, proto je důležité teplo akumulovat. Pokud kogenerační jednotku používáme i pro vytápění, tak objem akumulace bude ještě větší a provoz v zimních měsících bude také častější. Může se přibližně uvažovat s objemem 50–80 litrů/kW_t. V celkové bilanci poté vychází při správném návrhu roční dodávka tepla z kogenerace kolem 60%. Zbylé potřebné teplo dodají plynové kondenzační kotle nebo jiný tepelný zdroj. Důležité je dodržet základní pravidla pro návrh kotelen.

1.10. Kogenerace a výhled do energetické budoucnosti

Když současná společnost Tedom a.s. uvedla před 24mi lety na trh první kogenerační jednotku s motorem ze Škody Favorit, byla to rarita, která u okolí vzbudila velký zájem. V tehdejší době a ještě v době následující byla výroba elektřiny výhradně výsadou velkých společností, které nad výrobou elektřiny držely monopol. Výroba elektřiny totiž byla chápána jako poslání a tak se i přistupovalo k jejím výrobcům a dávala se jim větší důležitost a

nedotknutelnost, než jak tomu ve skutečnosti bylo. I v současné době jsou velké elektrárny nepostradatelné. (7)

Nicméně už se zde objevuje tisíce nových výrobců elektřiny. Bohužel se jedná o velmi mediálně velmi citlivou vzhledem k nesmyslně nastaveným garantovaným dotacím na fotovoltaické parky. Proto veřejnost malé výrobce elektrické energie považuje spíše za jakési „příživníky“. Navíc konečný odběratel pocítil především zvýšení poplatku na OZE (obnovitelné zdroje energie). Tento poplatek pomohl provozovatelům a stavitelům malých elektráren k obrovským ziskům, které neodpovídaly jejich investici a předpokládané tržbě. (7)

I přesto, že se zvýšil poplatek za OZE, tak cena elektřiny ve výsledku zůstává na přibližně konstantní hodnotě. Důvodem je zlevnění silové elektřiny. Fotovoltaika totiž pracuje prakticky beznákladově. To sice neplatí o kogeneraci, kam je třeba dodávat palivo, ale podpora tohoto zdroje je na místě. Dokáže totiž palivo velmi významně šetřit. V porovnání s dobou před 25 lety zde máme navíc tepelná čerpadla, již zmíněné fotovoltaické panely nebo palivové články. A to jsme pravděpodobně na začátku celého procesu přecházení na obnovitelné zdroje. Zkrátka díky velkému rozvoji nejrůznějších druhů technologií se energetický svět zásadně změnil. (7)

Je tedy víc než jasné, že se pohybujeme v době energetické revoluce. Zřejmě se blíží doba, kdy budeme moci efektivně využít kogenerační jednotky i pro rodinné domky. V souvislosti s tím je třeba zmínit, že firma Tesla pracuje na vývoji akumulátoru elektrické energie a je ve fázi, kdy jejich současný akumulátor má kapacitu, že by z něj průměrná domácnost fungovala přibližně 10 dnů. A vývoj jde samozřejmě stále dopředu. To znamená, že se můžeme dočkat doby, kdy zkrátka nebudeme potřebovat distribuční síť a veškerou elektrickou energii si budeme vyrábět sami. Nebude tedy zapotřebí ani takové množství bloků jaderných elektráren a uhelné elektrárny se budou zavírat. V dnešní době zhruba 30 procent energie vyvážíme do zahraničí, především Německa. Německo ovšem při současném vývoji za takových 15 let už žádnou elektřinu nebude muset nakupovat, protože bude zcela soběstačné. Zároveň díky budování OZE získají Němci náskok oproti zbytku Evropy a budou schopni elektřinu vyrábět mnohem levněji než ostatní státy. (7)

1.11. Závěr

Závěrem lze tedy říci, že kogenerace je stále na vzestupu a musí se s ní do budoucna počítat. Problémem je současné cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu, ale to by nemělo provozovatele kogenerací odradit od jejich dalšího provozování, popřípadě k instalaci nových jednotek. V blízké budoucnosti můžeme pravděpodobně očekávat situaci, kdy veškeré nové domy budou energeticky soběstačné, jak z pohledu tepelné, tak i z pohledu elektrické energie. A pak bude kogenerace zcela nenahraditelným zdrojem. Ovšem, když někdo před 25 lety mluvil o kogeneraci, tak vzbuzoval údiv a posměch. Nemůžeme tedy vědět, jaká bude situace za dalších 25 let a jestli se neobjeví další nový zdroj energií.

ČÁST B – VÝPOČTOVÁ ČÁST

1. NÁVRH ZDROJE TEPLA

Pro návrh zdroje tepla budu vycházet ze dvou variant.

- a) Využití pouze plynových kondenzačních kotlů
- b) Využití plynových kondenzačních kotlů s kogeneračními jednotkami na zemní plyn

1.1 Analýza tepelných ztrát jednotlivých objektů

Objekt	Tepelná ztráta (kW)	Potřebný výkon pro TUV (kW)
Jednota	99,00	24,36
Multifunkční dům (MFD)	46,12	21,12
Základní škola	323,17	36,5
Mateřská škola	67,05	X
602 (13 bytů)	30,89	75,01
603 (8 bytů)	51,50	46,16
616 (13 bytů)	25,80	75,01
597 (8 bytů)	41,23	46,16
596 (8 bytů)	41,23	46,16
600+601 (26 bytů)	60,00	150,02
Součet výkonů (kW)	785,99	520,7
	1306,69	

Potřebné tepelné ztráty byly zjištěny přímo od realizátorů zateplovacích systémů objektů, popřípadě od majitelů objektů.

Výpočet potřebného výkonu pro ohřev TUV je uveden níže.

1.2. Popis tepelných ztrát distribuční sítě

rok	2012	2013	2014
Vstupy do objektů (GJ)	5615	5332	3911
Výstup z kotelny (GJ)	7331	7441	5369
Průměr na výstupu (GJ)	6714		
Průměrné roční ztráty	35,56 %		

Roční potřeba energie v palivu při zachování stávajících kotlů činí **8534,96 GJ**. Z tohoto údaje vyplývá sezónní účinnost stávajících kotlů **78,7 %**.

Roční platba za palivo by pak při ponechání stávajících kotlů a při odpojení kulturního domu činila **2 748 779 Kč**.

1.3. Výpočet výkonu pro ohřev TUV

a) Výpočet pro byty:

Dle ČSN 736655 se vychází ze vztahu, který udává největší soudobost všech výtoků. Soudobý vteřinový výtok se dle této normy stanoví ze vztahu:

$$q_{v,max} = \sqrt{q_i^2 * n}$$

Vstupní hodnoty: počet bytů = 72

$q_i=0,085$ l/s (umyvadlo a dřez)

$q_i=0,13$ l/s (vana)

$$q_{v,max} = \sqrt{(0,085 + 0,085 + 0,13)^2 * 76} = 2,6153 \text{ l/s}$$

$$Q_v = 2,6153 * 1,163 * 3600 * 10^{-3} * 40 = 437,99 \text{ kW}$$

Výkon pro jeden byt: $437,99/76 = 5,77 \text{ kW}$

b) Výpočet pro školu:

$$Q_v = s \cdot q_v \cdot n = 0,2 \cdot 7,3 \cdot 25 = \mathbf{36,5 \text{ kW}}$$

s- součinitel současnosti (0,2)

q_v- tepelný výkon přítoku do výpočtového zařízení (7,3 – umyvadlo)

n- počet tříd (25)

c) Výpočet pro nákupní středisko:

$$Q_v = s \cdot q_v \cdot n = 0,3 \cdot 81,2 \cdot 1 = \mathbf{24,36 \text{ kW}}$$

s- součinitel současnosti (0,2)

q_v- tepelný výkon přítoku do výpočtového zařízení

(7,3 – umyvadlo 4x, 12 – sprcha 1x, 2 – dřez 2x)

n- počet objektů (1)

d) Výpočet pro multifunkční dům:

$$Q_v = s \cdot q_v \cdot n = 0,8 \cdot 70,4 \cdot 1 = \mathbf{56,32 \text{ kW}}$$

s- součinitel současnosti (0,3)

q_v- tepelný výkon přítoku do výpočtového zařízení

(7,3 – umyvadlo 8x, 12 – sprcha 1x)

n- počet objektů (1)

1.4. Návrh zdroje tepla – varianta 1

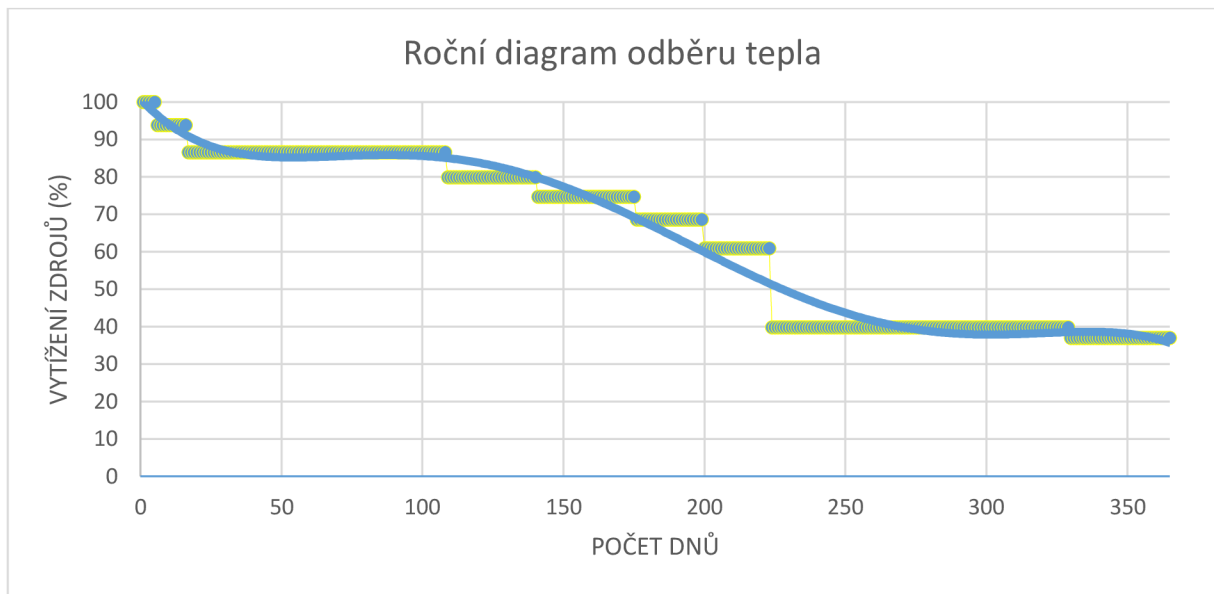
Výkon zdroje bez ztrát systému: $Q=1306,69 \text{ kW}$

Výkon zdroje se zjištěnými ztrátami systému: $Q=1306,69 \cdot 1,3556=1772 \text{ kW}$

Navržený zdroj tepla pro variantu 1: Logano plus SB625 (4x466 kW)

1.5. Návrh zdroje tepla – varianta 2

Pro návrh kogeneračních jednotek je třeba uvažovat s možným využitelným výkonem především v letních měsících, kdy probíhá pouze ohřev teplé užitkové vody a je tím pádem nejnižší potřeba výkonu kotelny.



Z výše uvedeného grafu vyplývá stálé zatížení zdrojů přibližně 35 %.

Kogenerační jednotku ovšem navrhujeme především s ohledem na denní spotřebu tepla pro ohřev teplé vody v letních měsících. Denní spotřeba tepla zde představuje v obvyklých dnech 5,56 GJ. Ve spolupráci s firmou Tedom a.s. tedy navrhují 3 typy systémů s kogenerační jednotkou.

Výpočet denního odběru tepla v letním měsíci:

$$Q = V * c * \Delta t = 26,6 * 4180 * 50 = 5,56 \text{ GJ}$$

$$V = \text{počet bytů} * 3,5 * 100 \text{ l/os} = 76 * 3,5 * 100 = 26,6 \text{ m}^3$$

Varianta 2a: **1 x TEDOM CENTO L230 OM/SE (282 kW) v provozu 3000 h/rok**
+ 4 x Logano plus SB625 (2x466 kW a 2x 283 kW)

Varianta 2b: **1 x TEDOM CENTO L230 OM/SE (282 kW) v provozu 4400 h/rok**
+ 4 x Logano plus SB625 (2x466 kW a 2x 283 kW)

Varianta 2c: **1 x TEDOM CENTO L330 SE (365 kW) v provozu 3000 h/rok**
+ 3 x Logano plus SB625 (3x466 kW)

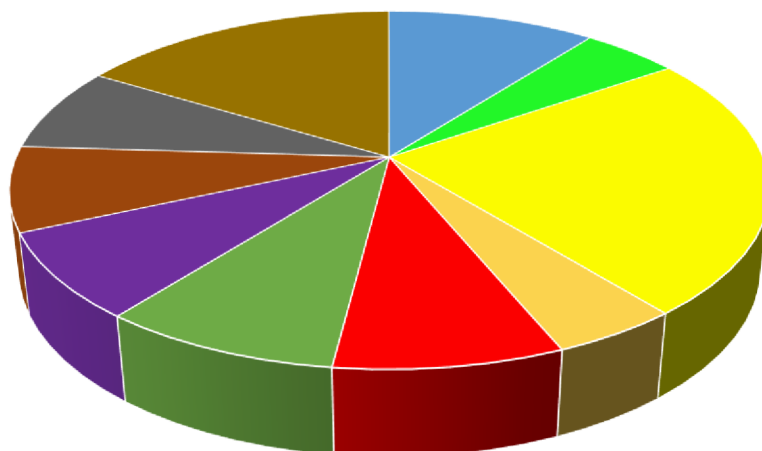
1.5. Předpokládaný odběr tepla

Objekt	Předpokládaný odběr tepla (GJ)	Denní potřeba TUV (m ³)	Předpokládaný odběr tepla pro ohřev TUV (GJ)
Jednota	484	0,5	53,5
Multifunkční dům (MFD)	225,5	0,3	24,9
Základní škola	968,1	3,2	232,1
Mateřská škola	236,2	X	X
602 (13 bytů)	162,4	2,4	256,6
603 (8 bytů)	270,8	1,6	171,1
616 (13 bytů)	135,7	1,6	256,6
597 (8 bytů)	216,8	1,6	171,1
596 (8 bytů)	216,8	1,6	171,1
600+601 (26 bytů)	315,5	4,8	513,2
Součet předp.odběrů (GJ)	3231,8		1764,7
Celkový předpokládaný odběr tepla (GJ)		4996,5	

Pro výpočet bylo využito programu na portálu www.tzb-info.cz :

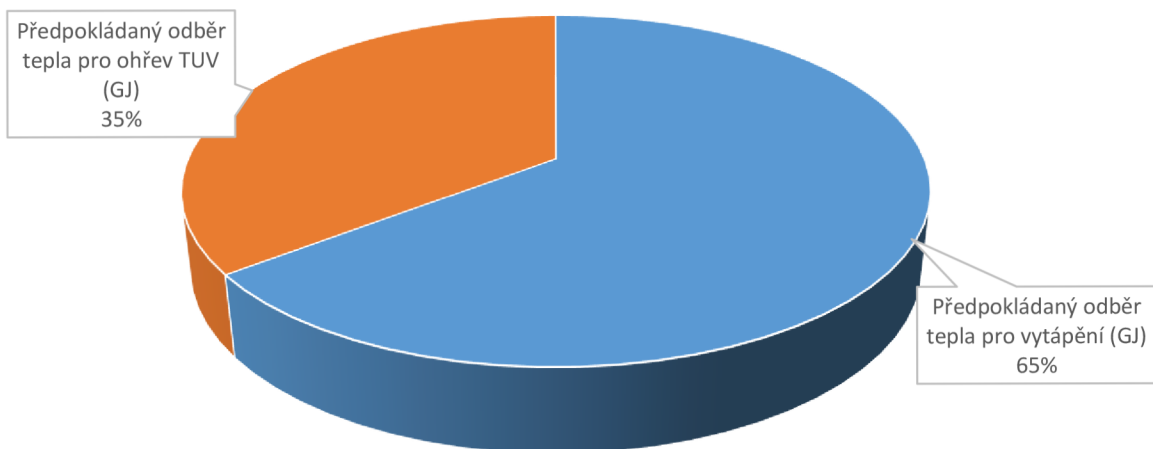
<http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody>

Graf předpokládaného odběru tepla (GJ)



- | | |
|------------------|--------------------------|
| ■ Jednota | ■ Multifunkční dům (MFD) |
| ■ Základní škola | ■ Mateřská škola |
| ■ 602 (13 bytů) | ■ 603 (8 bytů) |
| ■ 616 (13 bytů) | ■ 597 (8 bytů) |
| ■ 596 (8 bytů) | ■ 600+601 (26 bytů) |

Podíl potřeby tepla na ohřev TUV a na vytápění



- | |
|--|
| ■ Předpokládaný odběr tepla pro vytápění (GJ) |
| ■ Předpokládaný odběr tepla pro ohřev TUV (GJ) |

Z výše uvedených tabulek a grafů vyplývá, že snížení energetické náročnosti budov je v současném stavu bezpředmětné – všechny objekty v posledních letech prošly fází zateplení obvodového pláště a výměny oken. Taktéž teplo odebrané pro ohřev teplé vody se pohybuje v obvyklých mezích pro daný rozsah napojených objektů.

1.7. Předpokládaná spotřeba paliva pro variantu 1:

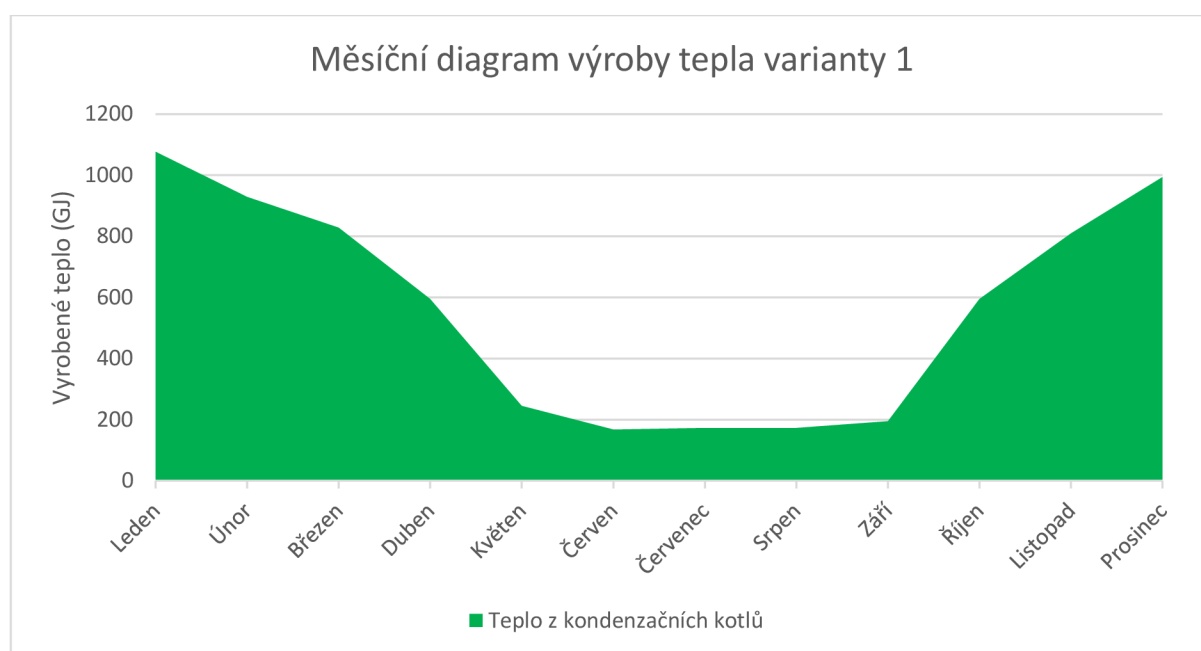
$Q = \text{spotřebované teplo} * (1 + \text{ztráty systému})$

$Q = 4996,5 * (1 + 0,3556)$

$Q = 6773,25 \text{ GJ}$

Sezónní účinnost zdroje tepla uvažují 94%. Proto tuto předpokládanou výrobu ještě navýšíme.

$Q_c = Q / 0,94 = 6773,25 / 0,94 = 7206 \text{ GJ}$



Uvažujeme-li s výhřevností 34 MJ/m^3 vyjde nám, že potřebujeme na rok celkem

$211\,941 \text{ m}^3$ zemního plynu.

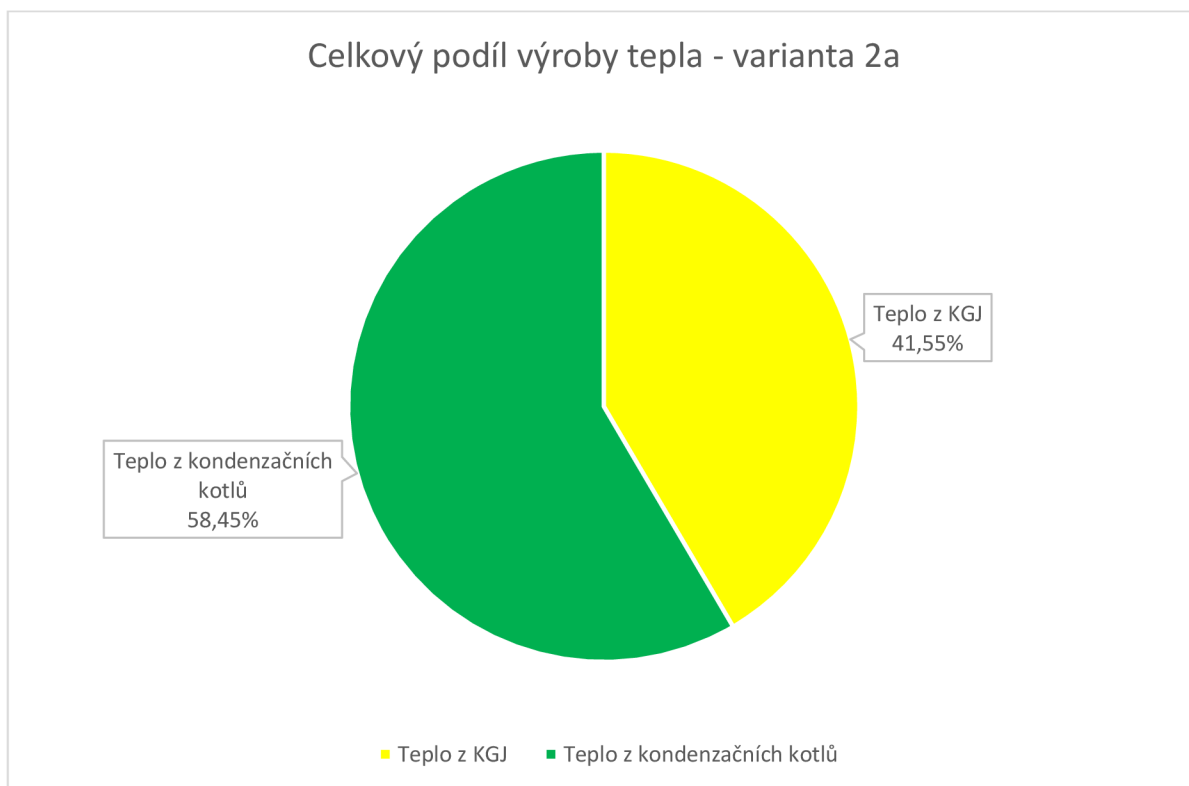
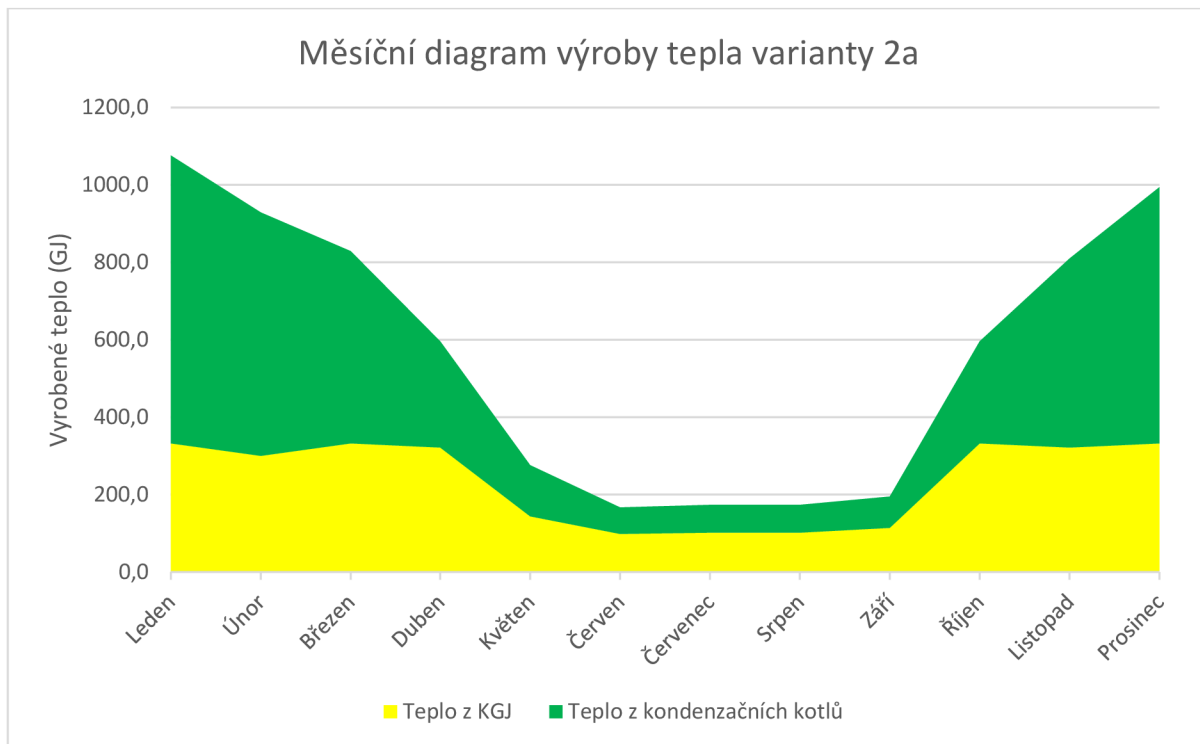
Roční platba za plyn vychází tedy **2 320 772 Kč**. (Cena za MWh = 1159,42 Kč).

Výsledná cena tepla pro zákazníka bude činit **620 Kč/GJ**. (Vycházím z doporučení provozovatelů systémů CZT přidávat k ceně z paliva 50 Kč na 1 GJ, v ceně jsou zohledněny veškeré náklady na realizaci zařízení, servis v průběhu let a je zde nastavena návratnost u nejlepší varianty do 10 let. Tato cena je použita u všech variant.)

1.8. Předpokládaná spotřeba paliva pro variantu 2a:

Model provozu kogenerační jednotky:

Měsíc	Denní provoz (h/den)	Teplo (GJ)	Prodej EE (MWh)
Leden	11,4	332,0	79,1
Únor	11,4	299,9	71,4
Březen	11,4	332,0	79,1
Duben	11,4	321,3	76,6
Květen	4,9	143,7	33,1
Červen	3,5	98,2	22,1
Červenec	3,5	101,5	22,8
Srpen	3,5	101,5	22,8
Září	4,0	114,1	26,0
Říjen	11,4	332,0	79,1
Listopad	11,4	321,3	76,6
Prosinec	11,4	332,0	79,1
Celkem		2829,6	667,2



Kondenzační plynové kotle musí tedy vykrýt **3980,1 GJ**.

Sezónní účinnost kondenzačních kotlů uvažujeme stejně jako v předchozím případě 94 %.

$$Q_{\text{kotle}} = Q / 0,94 = 3980,1 / 0,94 = 4234,15 \text{ GJ}$$

Spotřeba plynu v kogenerační jednotce je 60 m³/h.

Roční spotřeba je tedy 3000*60= 180 000 m³.

Potřeba pro kondenzační kotle: 4234,15/0,034 = 124 534 m³.

Celková potřeba dodávky plynu: 304 534 m³.

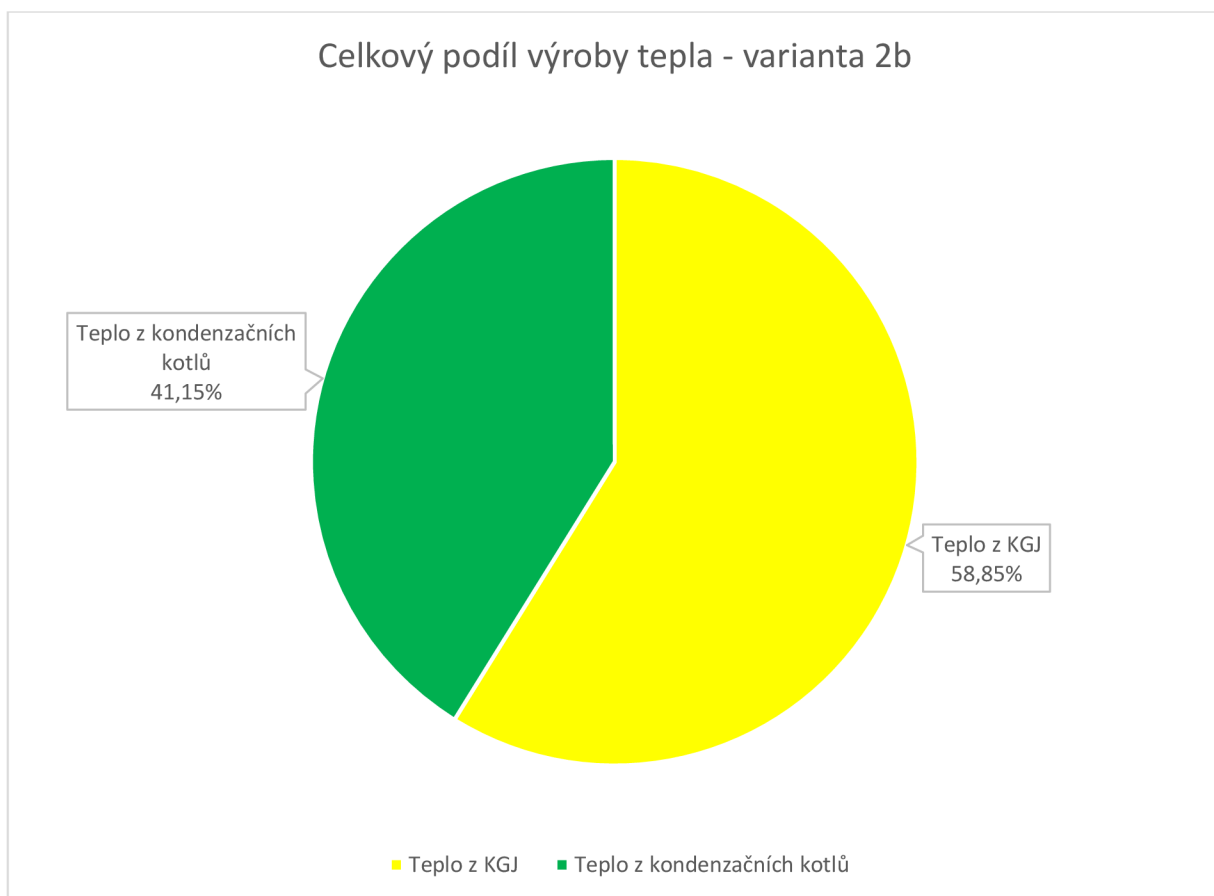
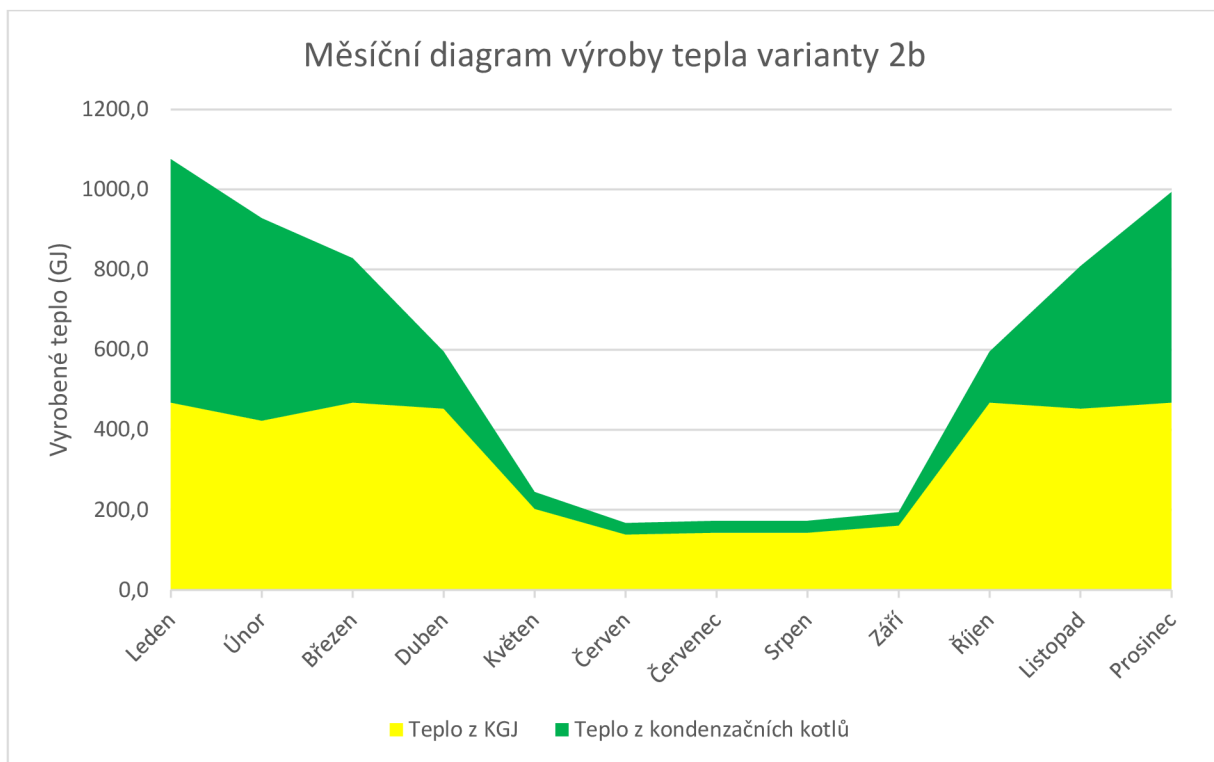
Roční platba za plyn vychází tedy **3 334 670 Kč**. (Cena za MWh = 1159,42 Kč).

Cena za 1 GJ pro konečného zákazníka bude nastavena stejně jako u použití pouze plynových kondenzačních kotlů.

1.9. Předpokládaná spotřeba paliva pro variantu 2b:

Model provozu kogenerační jednotky:

Měsíc	Denní provoz (h/den)	Teplo (GJ)	Prodej EE (MWh)
Leden	16,0	467,8	111,4
Únor	16,0	422,6	100,6
Březen	16,0	467,8	111,4
Duben	16,0	452,7	107,8
Květen	6,9	202,5	46,6
Červen	4,9	138,4	31,1
Červenec	4,9	143,0	32,1
Srpen	4,9	143,0	32,1
Září	5,7	160,8	36,6
Říjen	16,0	467,8	111,4
Listopad	16,0	452,7	107,8
Prosinec	16,0	467,8	111,4
Celkem		3987,0	940,2



Kondenzační plynové kotle musí tedy vykrýt **2788,1 GJ**.

Sezónní účinnost kondenzačních kotlů uvažujeme stejně jako v předchozím případě 94 %.

$$Q_{\text{kotle}} = Q / 0,94 = 2788,1 / 0,94 = 2966,1 \text{ GJ.}$$

Spotřeba plynu v kogenerační jednotce je 60 m³/h.

Roční spotřeba je tedy 4400*60= 264 000 m³.

Potřeba pro kondenzační kotle: 2966,1/0,034 = 87237,17 m³.

Celková potřeba dodávky plynu: 351 237,2 m³.

Roční platba za plyn vychází tedy **3 846 072 Kč**. (Cena za MWh = 1159,42 Kč).

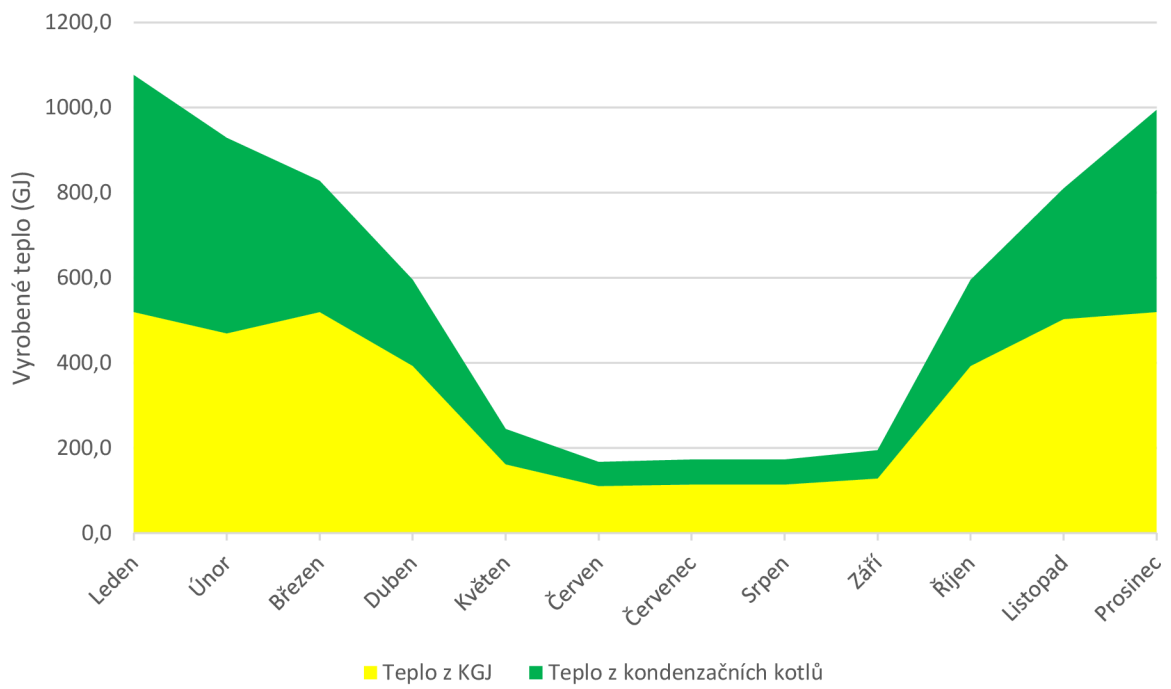
Cena za 1 GJ pro konečného zákazníka bude nastavena stejně jako u použití pouze plynových kondenzačních kotlů.

1.10. Předpokládaná spotřeba paliva pro variantu 2c:

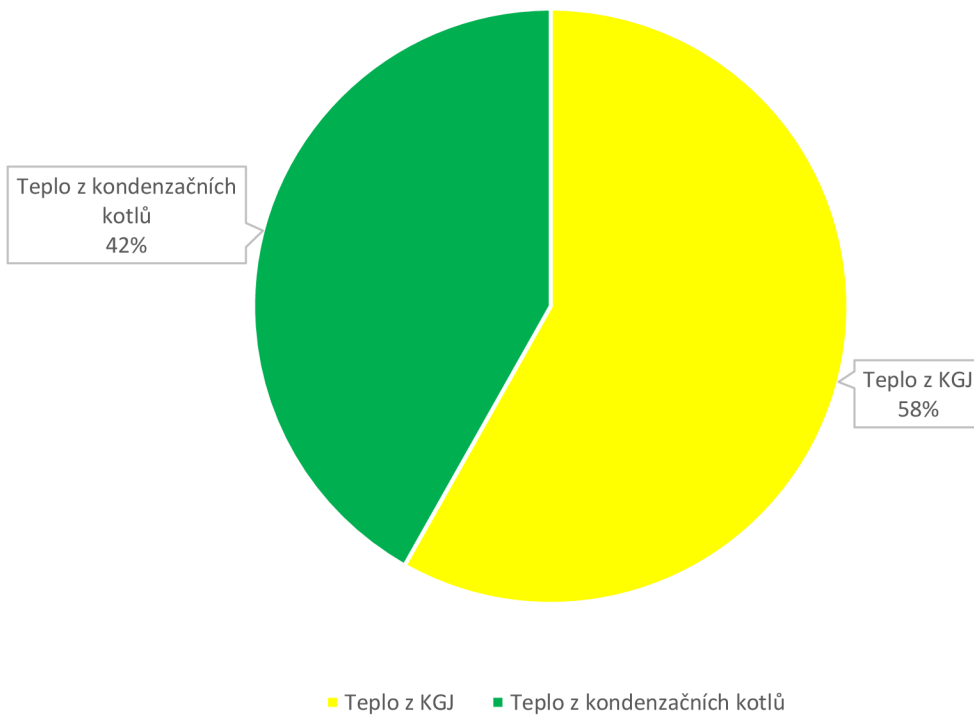
Model provozu kogenerační jednotky:

Měsíc	Denní provoz (h/den)	Teplo (GJ)	Prodej EE (MWh)
Leden	12,7	519,2	125,9
Únor	12,7	469,0	113,8
Březen	12,7	519,2	125,9
Duben	10,0	392,7	94,7
Květen	4,0	161,3	37,5
Červen	2,8	110,2	25,0
Červenec	2,8	113,9	25,8
Srpen	2,8	113,9	25,8
Září	3,3	128,1	29,4
Říjen	9,6	392,5	94,6
Listopad	12,7	502,5	121,8
Prosinec	12,7	319,2	125,9
Celkem		3942,0	946,5

Měsíční diagram výroby tepla varianty 2c



Celkový podíl výroby tepla - varianta 2c



Kondenzační plynové kotle musí tedy vykrýt **2834,1 GJ**.

Sezónní účinnost kondenzačních kotlů uvažujeme stejně jako v předchozím případě 94 %.

$$Q_{\text{kotle}} = Q / 0,94 = 2834,1 / 0,94 = 3015,0 \text{ GJ}$$

Spotřeba plynu v kogenerační jednotce je 83,5 m³/h.

Roční spotřeba je tedy 3000*83,5= 250 500 m³.

Potřeba pro kondenzační kotle: 3015,0/0,034 = 88 676 m³.

Celková potřeba dodávky plynu: 339 176 m³.

Roční platba za plyn vychází tedy **3 714 009 Kč**. (Cena za MWh = 1159,42 Kč).

Cena za 1 GJ pro konečného zákazníka bude nastavena stejně jako u použití pouze plynových kondenzačních kotlů.

1.11. Ekonomická bilance varianty 1:

Cena použitých kotlů (30 307 EUR/ks)	3 394 384 Kč
Odhad ostatních investičních nákladů	3 568 000 Kč
Roční náklady na údržbu (2955 EUR/ks)	330 960 Kč/rok
Roční náklady na palivo	2 320 772 Kč/rok
Roční příjem za prodané teplo (620 Kč/GJ)	-3 097 830 Kč/rok

1.12. Ekonomická bilance varianty 2a:

Cena použitých kotlů (30 307 EUR/kus) – 466 kW	1 636 578 Kč
Cena použitého kotle (20 569 EUR/kus) – 283 kW	1 110 726 Kč
Roční náklady na údržbu kotlů (2955 EUR/ks)	319 140 Kč/rok
Odhad ostatních investičních nákladů pro kondenzační kotle	2 996 000 Kč

Cena kogenerační jednotky	3 925 000 Kč
Servis kogenerační jednotky	218 550 Kč/rok
Odhad ostatních investičních nákladů pro KGJ	1 570 000 Kč
Roční náklady na palivo	3 334 670 Kč/rok
Roční příjem za prodané teplo (620 Kč/GJ)	-3 097 830 Kč/rok
Roční příjem z prodeje elektrické energie	-1 724 712 Kč/rok

Výpočet výše výkupní ceny elektrické energie:

$$C_{zb} = E_{kvet} * (C_{Zzakl.sazba} + ZB) = 667,2 * (1635+950) = \mathbf{1\ 724\ 712\ Kč}$$

$C_{Zzakl.sazba}$ – Základní sazba

ZB – Zelený bonus dle věstníku ERÚ (ročník 14)

1.13. Ekonomická bilance varianty 2b:

Cena použitých kotlů (30 307 EUR/kus) – 466 kW	1 636 578 Kč
Cena použitého kotle (20 569 EUR/kus) – 283 kW	1 110 726Kč
Roční náklady na údržbu kotlů (2955 EUR/ks)	319 140 Kč/rok
Odhad ostatních investičních nákladů pro kondenzační kotle	2 996 000 Kč
Cena kogenerační jednotky	3 925 000 Kč
Servis kogenerační jednotky	218 550 Kč/rok
Odhad ostatních investičních nákladů pro KGJ	1 570 000 Kč
Roční náklady na palivo	3 846 072 Kč/rok
Roční příjem za prodané teplo (620 Kč/GJ)	-3 097 830 Kč/rok
Roční příjem z prodeje elektrické energie	-2 054 337 Kč/rok

Výpočet výše výkupní ceny elektrické energie:

$$C_{zb} = E_{kvet} * (C_{Zzakl.sazba} + ZB) = 940,2 * (1235+950) = \mathbf{2\ 054\ 337\ Kč}$$

$C_{Zzakl.sazba}$ – Základní sazba

ZB – Zelený bonus dle věstníku ERÚ (ročník 14)

1.14. Ekonomická bilance varianty 2c:

Cena použitých kotlů (30 307 EUR/kus) – 466 kW	2 454 867 Kč
Roční náklady na údržbu kotlů (2955 EUR/ks)	239 355 Kč/rok
Odhad ostatních investičních nákladů pro kondenzační kotle	2 598 000 Kč
Cena kogenerační jednotky	4 790 000 Kč
Servis kogenerační jednotky	307 803 Kč/rok
Odhad ostatních investičních nákladů pro KGJ	1 916 000 Kč
Roční náklady na palivo	3 714 009 Kč/rok
Roční příjem za prodané teplo (620 Kč/GJ)	-3 097 830 Kč/rok
Roční příjem z prodeje elektrické energie	-2 446 703 Kč/rok

Výpočet výše výkupní ceny elektrické energie:

$$C_{zb} = E_{kvet} * (C_{Zzakl.sazba} + ZB) = 946,5 * (1635+950) = \mathbf{2\ 446\ 703\ Kč}$$

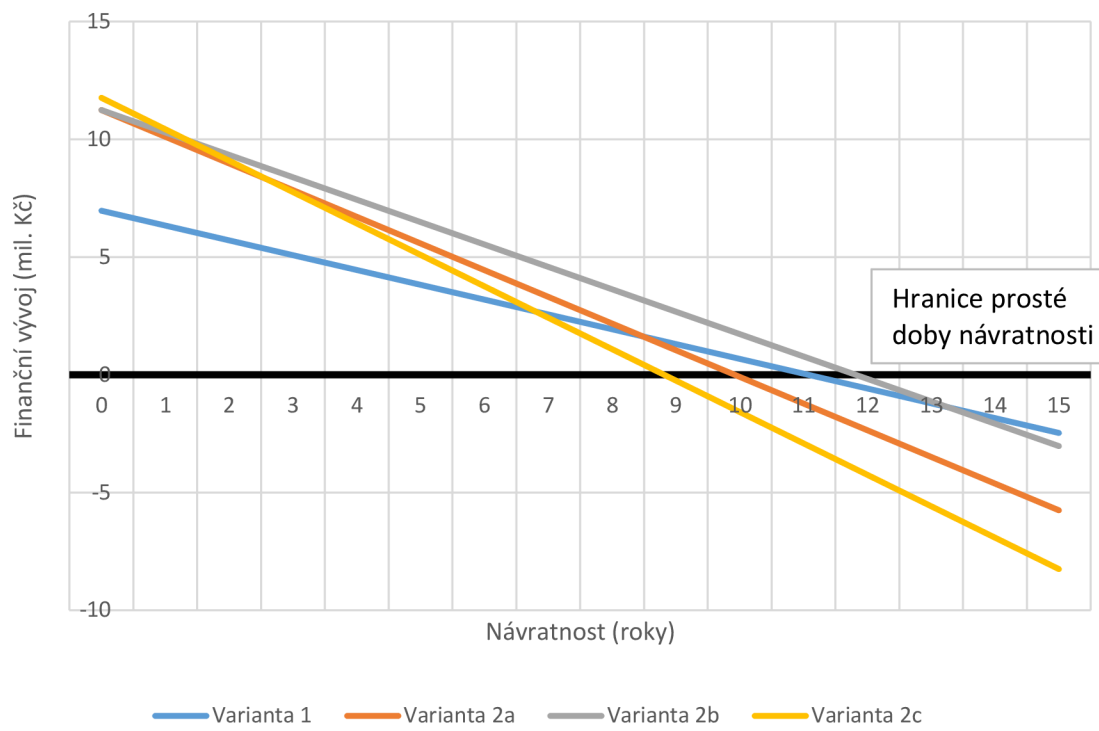
$C_{Zzakl.sazba}$ – Základní sazba

ZB – Zelený bonus dle věstníku ERÚ (ročník 14)

U ostatních investičních nákladů pro kondenzační kotle je uvažován 2000 Kč/kW.

Zjednodušené finanční vyhodnocení všech variant bez diskontní sazby a při stálých cenách energií po celou dobu životnosti:

Předpoklad finančního vývoje jednotlivých variant



1.15. Ekonomické zhodnocení všech variant

PARAMETR	JEDN.	VAR. 1	VAR. 2a	VAR. 2b	VAR. 2c
Investiční výdaje projektu	Kč	6 962 384	11 238 304	11 238 304	11 758 867
Změna nákladů na energie	Kč	560 070	-453 828	-965 230	-965 230
Změna ostatních provozních nákladů	Kč	69 040	-137 690	-137 690	-147 158
Změna osobních nákladů	Kč	0	0	0	0
Změna ostatních provozních nákladů	Kč	0	0	0	0
Změna nákladů na emise a odpady	Kč	0	0	0	0
Změna tržeb za teplo a elektřinu	Kč	0	1 724 712	2 054 337	2 446 703
Přínosy projektu celkem	Kč	629 110	1 133 194	951 417	1 334 315
Doba hodnocení	Roky	15	15	15	15
Roční růst cen energie	%	3	3	3	3
Diskont	%	4	4	4	4
Ts – prostá doba návratnosti	Roky	10	9	11	8
Tsd – reálná doba návratnosti	Roky	13	11	14	10
NPV – čistá současná hodnota	Kč	1 525 316	4 050 296	1 597 833	6 243 177
IRR – vnitřní výnosové procento	%	7	8	6	10

Poznámka: Doba hodnocení projektu je uvedena 15 let na základě doporučení výrobce kogeneračních jednotek, které souvisí s životností jednotek, případně s jejich generální opravou.

1.16. Ekologické vyhodnocení všech variant

Hodnocená škodlivina	Jednotkové množství emisí (g/GJ)	Původní stav (kg)	Varianta 1 (kg)	Varianta 2a (kg)	Varianta 2b (kg)	Varianta 2c (kg)
Množství paliva (GJ)	-	8534,96	7206	10354,15	11942,06	11532,0
Tuhé látky	0,6	5,12	4,324	6,21	7,17	6,919
SO ₂	0,3	2,56	2,16	3,11	3,58	3,46
NO _x	56,4	481,4	406,4	583,97	673,53	650,4
CO	9,4	80,2	67,7	97,33	112,26	108,4
CO ₂	56	477,9	403,5	579,83	668,76	645,8

Je potřeba uvážit, že kogenerační jednotka vyrábí elektrickou energii, která by jinak musela být vyrobena jiným zdrojem. V následující tabulce je uvedeno, kolik emisí by při výrobě stejného množství elektřiny vyprodukovala průměrná česká elektrárna.

Škodlivina	Jednotkové množství emisí (g/GJ)	Varianta 2a (kg)	Varianta 2b (kg)	Varianta 2c (kg)
Vyrobená elektřina (GJ)	-	2401,92	3384,72	3407,4
Tuhé látky	104	249,8	352,01	354,37
SO ₂	520,3	1 249,72	1 761,07	1 772,87
NO _x	441	1 059,25	1 492,66	1 502,66
CO	110	264,21	372,32	374,81
CO ₂	325	780,63	2 642,21	1 107,41

Z výše uvedených tabulek vyplývá nepříliš výrazná úspora při výměně zdroje tepla, naopak v souvislosti s místní výrobou dojde k navýšení emisí. Výrobou elektrické energie ovšem dojde k velmi výrazné úspoře. Je třeba uvážit, že elektřiny by bylo potřeba vyrobit jinde a průměrná česká elektrárna dosahuje výrazně vyšších emisních faktorů. Ve výsledku se tedy navržené kogenerační zařízení jeví jako velmi šetrné a ekologické ke svému okolí.

1.17. Závěr

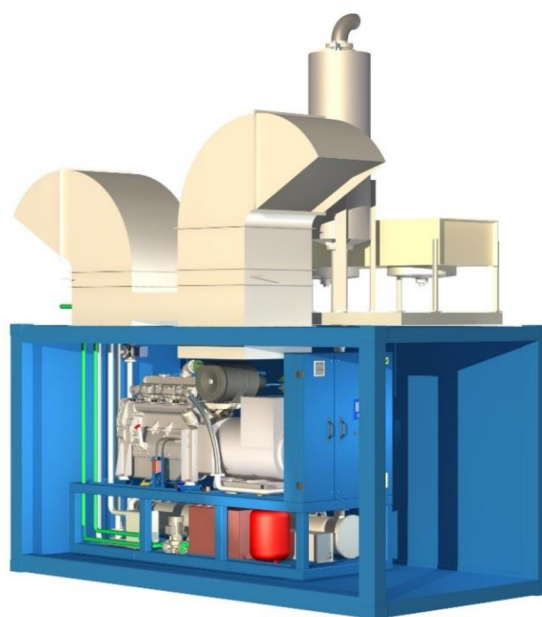
Z grafu i z tabulky části ekonomického zhodnocení vyplývá jako nejlepší varianta 2c. Uvažujeme-li však pouze finanční hledisko. Více tepla v kogenerační jednotce se vyrobí ve variantě 2b. Jedná se však pouze o minimální rozdíl. Nejnižší počáteční investice je do varianty 1. Ovšem při dnešní tendenci instalace obnovitelných zdrojů a různých podpůrných programů (např. Zelená úsporám) nemá tato varianta rozumnou dobu návratnosti vzhledem k ostatním variantám při zachování stálé ceny tepla pro konečného zákazníka 620 Kč/GJ.. Zásadní výhodou variant 2a a 2c je vyšší výkupní cena elektrické energie dle věstníku NZÚ.

Ekologická bilance celého projektu je s výjimkou varianty 1 velmi pozitivní a šetrná k životnímu prostředí. Z těchto důvodů je jako finální varianta vybrána 2c.:

1 x TEDOM CENTO L330 SE (365 kW) v provozu 3000 h/rok

+ 3 x BUDERUS Logano plus SB625 (3x466 kW).

Pro uvedenou variantu je v následujících kapitolách zpracován energetický posudek a částečná projektová dokumentace.



Obrázek 7- Navržená kogenerační jednotka TEDOM CENTO L330E SE



Obrázek 8 - Navržený kotel BUDERUS Logano PLUS SB625

2. Návrh jednotlivých prvků vybrané varianty

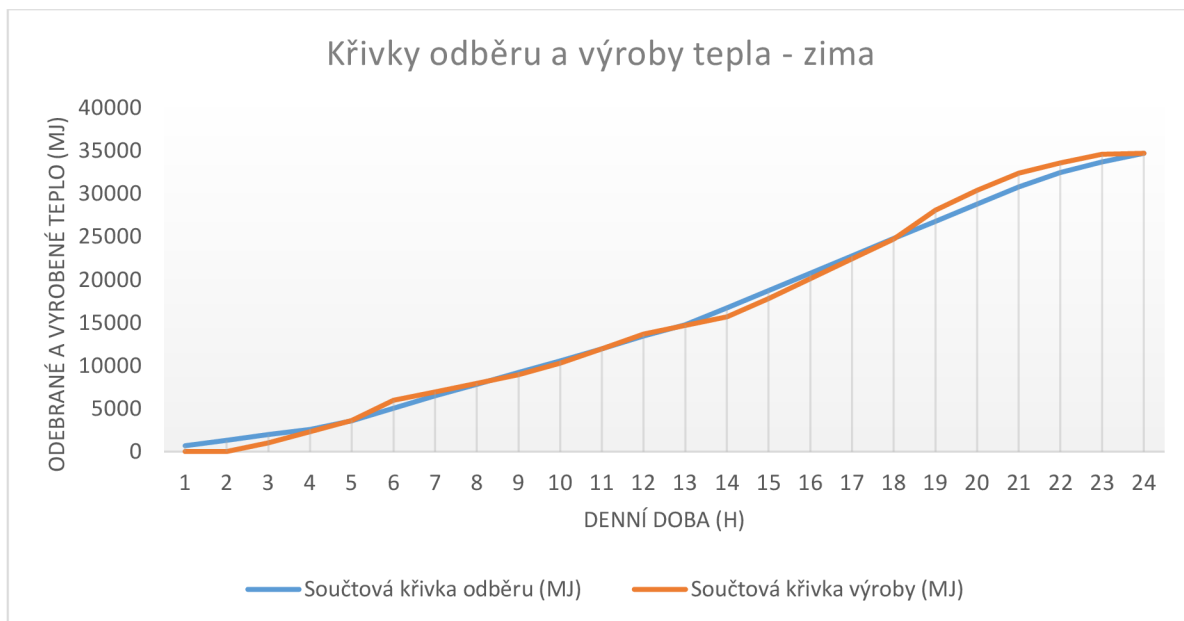
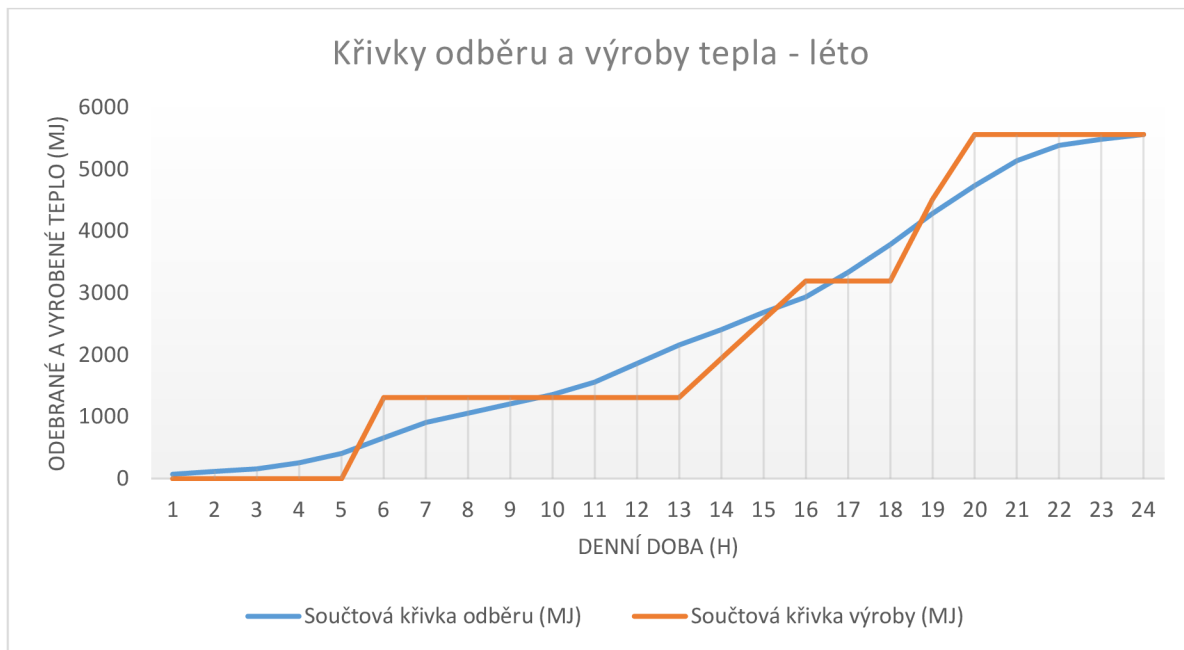
2.1. Akumulační zásobník tepla

Potřeba tepla pro ohřev TUV v letním měsíci.

Hodina	Hodinová potřeba tepla (MJ)	Součtová křivka odběru (MJ)	Vyrobené teplo (MJ)	Součtová křivka výroby (MJ)	Rozdíl mezi součt. křivkami
1	70	70	0	0	-70
2	50	120	0	0	-120
3	40	160	0	0	-160
4	100	260	0	0	-260
5	150	410	0	0	-410
6	250	660	1314	1314	654
7	250	910	0	1314	404
8	150	1060	0	1314	254
9	150	1210	0	1314	104
10	150	1360	0	1314	-46
11	200	1560	0	1314	-246
12	300	1860	0	1314	-546
13	300	2160	0	1314	-846
14	250	2410	627	1941	-469
15	275	2685	627	2568	-117
16	250	2935	627	3195	260
17	400	3335	0	3195	-140
18	450	3785	0	3195	-590
19	500	4285	1314	4509	224
20	450	4735	1051	5560	825
21	400	5135	0	5560	425
22	250	5385	0	5560	175
23	100	5485	0	5560	75
24	75	5560	0	5560	0

Potřeba tepla pro ohřev TUV a pro vytápění v zimním měsíci:

Hodina	Hodinová potřeba tepla (MJ)	Součtová křivka odběru (MJ)	Vyrobené teplo (MJ)	Součtová křivka výroby (MJ)	Rozdíl mezi součt. křivkami
1	700	700	0	0	-700
2	600	1300	0	0	-1300
3	700	2000	1000	1000	-1000
4	600	2600	1319	2319	-281
5	1000	3600	1319	3638	38
6	1450	5050	2319	5957	907
7	1450	6500	1000	6957	457
8	1350	7850	1000	7957	107
9	1350	9200	1000	8957	-243
10	1350	10550	1319	10276	-274
11	1400	11950	1700	11976	26
12	1500	13450	1700	13676	226
13	1300	14750	1000	14676	-74
14	2000	16750	1000	15676	-1074
15	2000	18750	2124	17800	-950
16	2000	20750	2319	20119	-631
17	2000	22750	2319	22438	-312
18	2050	24800	2319	24757	-43
19	2000	26800	3319	28076	1276
20	2000	28800	2319	30395	1595
21	2000	30800	2000	32395	1595
22	1700	32500	1200	33595	1095
23	1200	33700	1000	34595	895
24	1000	34700	105	34700	0



Pro návrh velikost nádrže zvoleno zimní období!

$$Q = 1595 + 1300 = 2895 \text{ MJ}$$

$$V = Q / (c * \Delta t * \rho) = 2895 * 10^6 / (4180 * 60 * 1000) = 11,54 \text{ m}^3$$

Navržen akumulční zásobník o objemu **14 m³**.

Zvolený typ bude vyroben na zakázku.

2.2. Návrh oběhového čerpadla

a) hlavní distribuční větev (jižní větev)

Úsek	Q(l/s)	Průměr	v(m/s)	L (m)	R (kPa/m)	R .l (kPa)	ξ	Δp_f	P (kPa)
U1	21,12	DN150	1,22	100	0,0918	9,18	2,6	1,93492	11,11492
U2	21,12	DN150	1,22	80	0,0918	7,344	2,6	1,93492	9,27892
U3	21,12	DN150	1,22	190	0,0918	17,442	2,6	1,93492	19,37692
U4	21,12	DN150	1,22	70	0,0918	6,426	3,7	2,75354	9,17954
U5	21,12	DN150	1,22	70	0,0918	6,426	5,2	3,86984	10,29584
U6	21,12	DN150	1,22	80	0,0918	7,344	2,6	1,93492	9,27892
U7	21,12	DN150	1,22	90	0,0918	8,262	2,6	1,93492	10,19692
U8	21,12	DN150	1,22	120	0,0918	11,016	5,7	4,24194	15,25794
									94,97992

Jako návrhové parametry pro výběr čerpadla byly určeny hodnoty hmotnostního průtoku **Q=76048kg/h** a dopravní výšky čerpadla **h=10 m**.

Pomocí návrhového programu fy. Grundfos byla vybrána čerpadla.:

3xNBE 40-125/107 50 Hz.

Jsou navržena 3 čerpadla s tím, že jedno čerpadlo je uvažováno jako záložní.

Další parametry čerpadel jsou patrné z níže uvedených grafů.

b) čerpadlový systém kotlového okruhu

Návrhové parametry: **Q= 76048 kg/h**

h= 4 m

Pomocí návrhového programu fy. Grundfos byla vybrána čerpadla.:

5xCRN 15-1 A-CA-G-E-HQQE.

Je navrženo 5 čerpadel s tím, že jedno čerpadlo je uvažováno jako záložní.

Další parametry čerpadel jsou patrné z níže uvedených grafů.

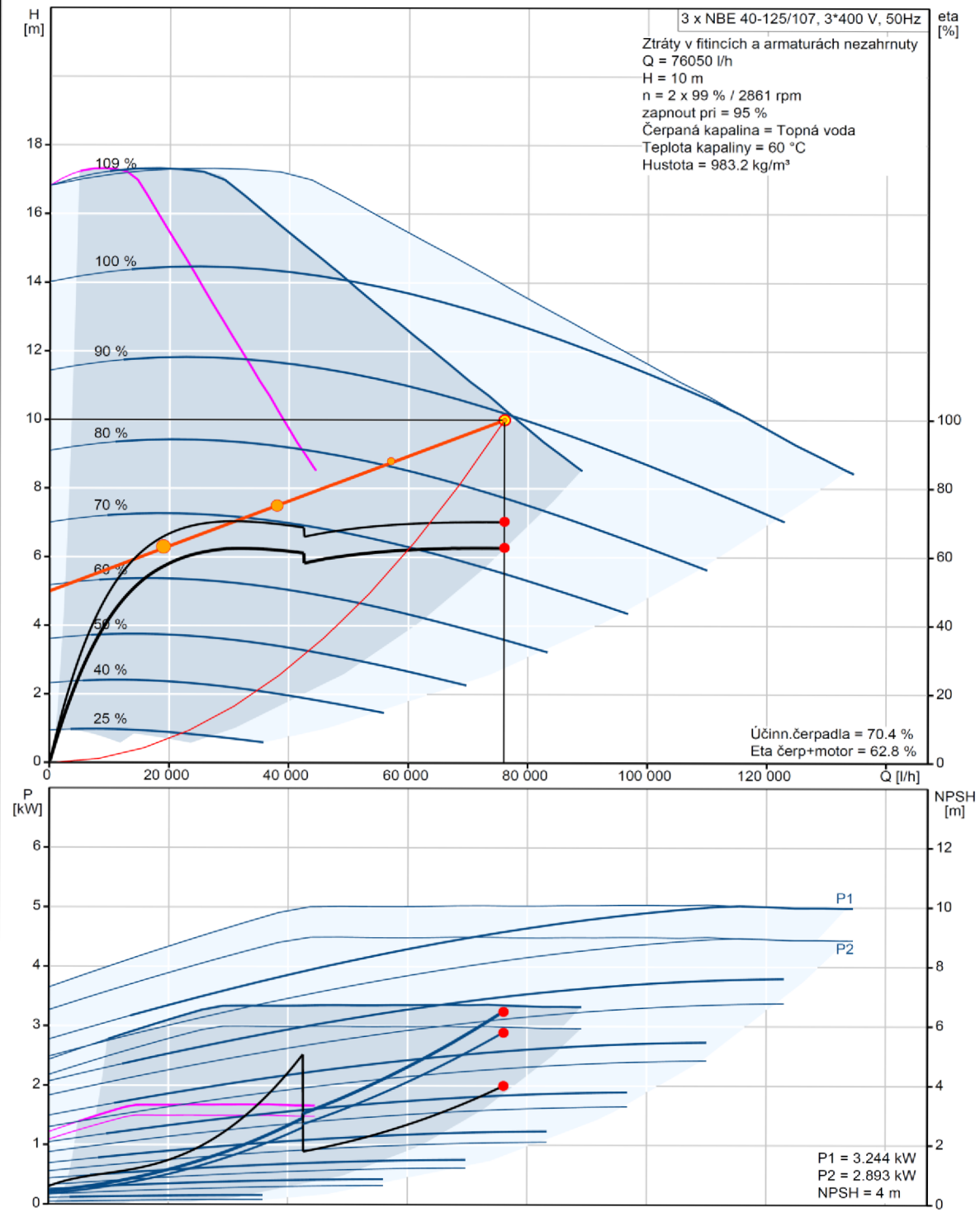
ČERPADLOVÝ SYSTÉM PRO HLAVNÍ VĚTEV



Název společnosti:
Vypracováno kým:
Telefon:

Datum: 12/14/2015

NBE 40-125/107 50 Hz



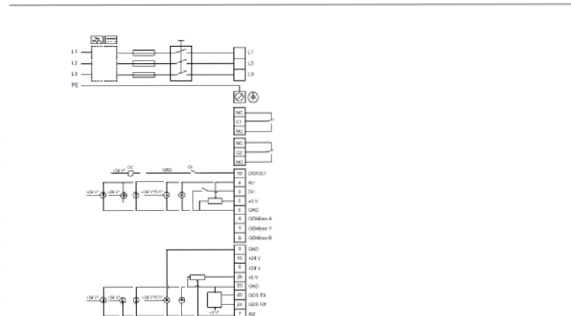
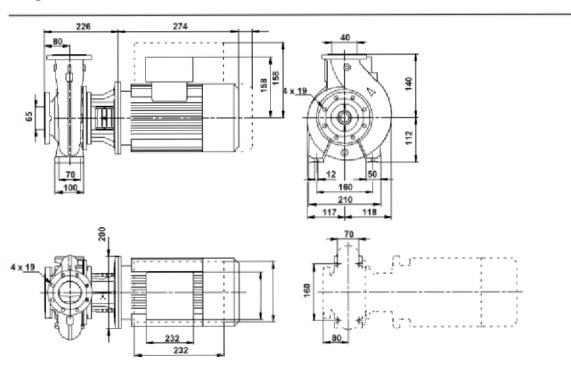
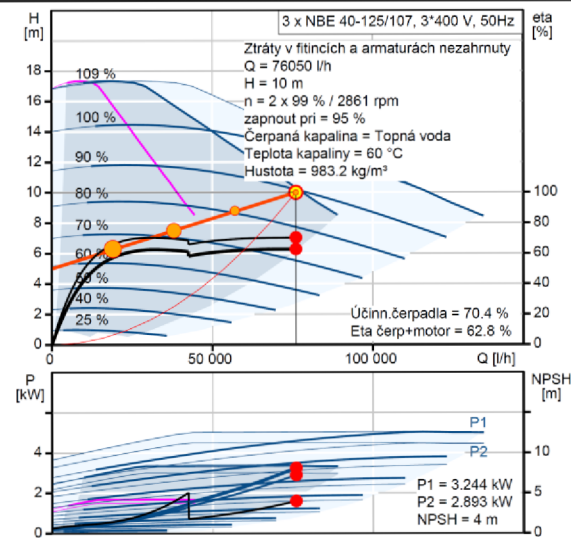
Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku::	NBE 40-125/107 A-F2-A-BAQE
Číslo výrobku:	Na vyžádání
EAN kód::	Na vyžádání
Techn.:	
Údaje čerpadla pro dané otáčky:	2901 ot/min
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	76050 l/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	10.01 m
Skutečný průměr oběž. kola:	107 mm
Jmenovitý průměr oběž. kola:	125 mm
Max. oběžné kolo:	129 mm
Ucpávka:	BAQE
Sekundární ucpávka:	NONE
Průměr hřídele:	24 mm
Toleranční pásmo křivky:	ISO9906:2012 3B
Verze čerpadla:	A

Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina EN-GJL-250 ASTM A48-40 B
Oběžné kolo:	Litina EN-GJL-200 ASTM A48-30 B
Kód mater. provedení:	A

Instalace:	
Max. teplota okolí:	50 °C
Max. provozní tlak:	16 bar
Standardní příruba:	EN 1092-2
Kód pro připojení:	F2
Sací hrdlo:	DN 65
Výtlačné hrdlo:	DN 40
PN pro potrubní přípojku:	PN 16
Těsnící kruh(y):	Těsnící kruh(y)

Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Topná voda
Rozsah teploty kapaliny:	0 .. 120 °C
Teplota kapaliny:	60 °C
Hustota:	983.2 kg/m ³
Kinematická viskozita:	1 mm ² /s

Elektrické údaje:	
Typ motoru:	90SC
Třída účinnosti IE:	NA
Počet pólů:	2
Jmenovitý výkon - P2:	1.5 kW
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	3 x 380-500 V
Jmenovitý el. proud:	2,90-2,40 A
Cos phi - účinník:	0,92-0,85
Jmenovité otáčky:	360-4000 ot/min
Účinnost:	88,9%
Krytí (IEC 34-5):	IP55
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Ano



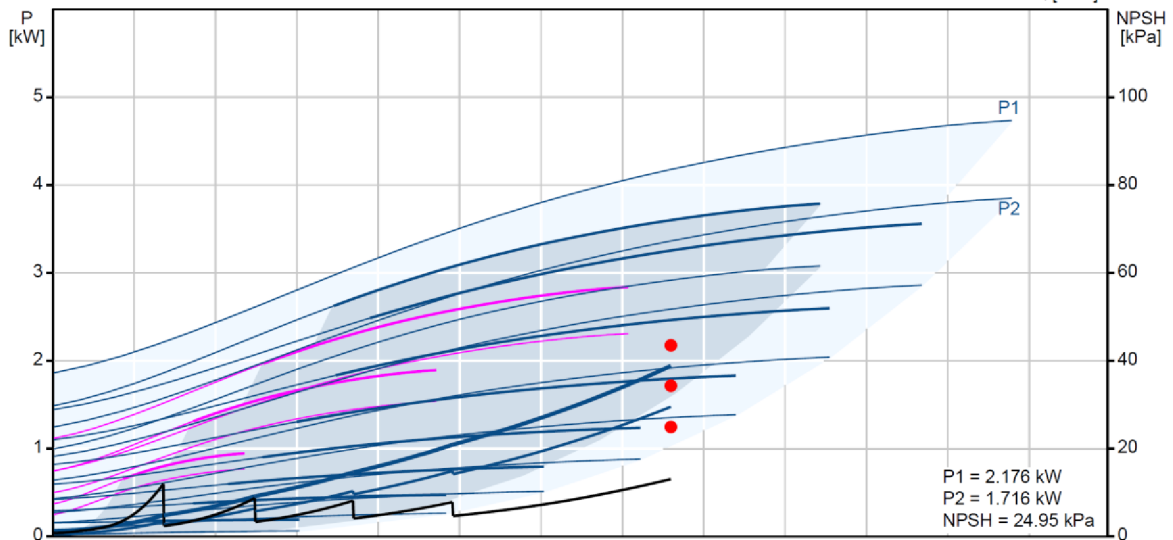
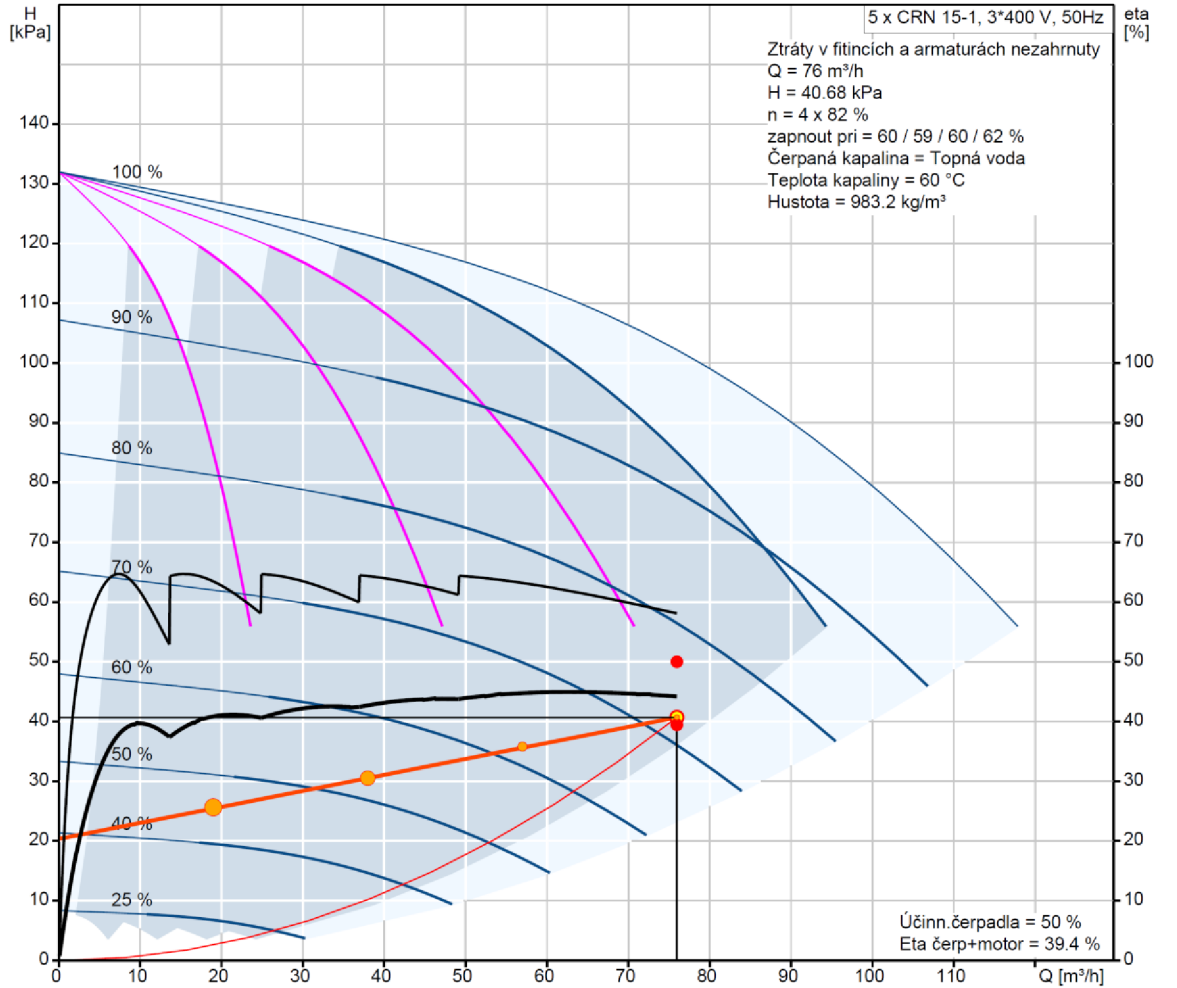
ČERPADLOVÝ SYSTÉM PRO KOTLOVÝ OKRUH



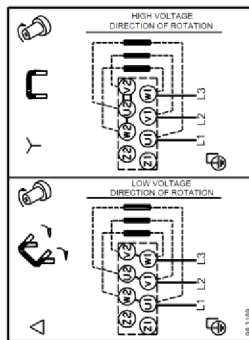
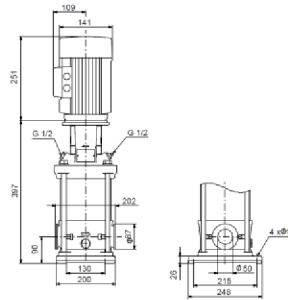
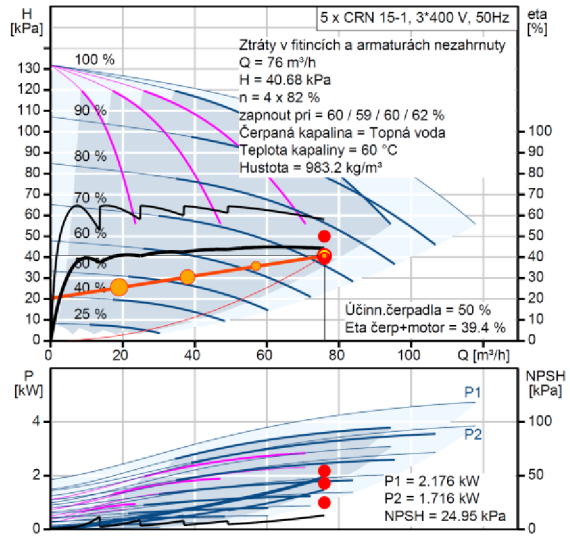
Název společnosti:
Vypracováno kým:
Telefon:

Datum: 1/4/2016

96501782 CRN 15-1 50 Hz



Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku::	CRN 15-1 A-CA-G-E-HQQE
Číslo výrobku:	96501782
EAN kód::	5700396229102
Techn.:	
Údaje čerpadla pro dané otáčky:	2853 ot/min
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	76 m ³ /h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	40.69 kPa
Oběžná kola:	01
Ucpávka:	HQQE
Schval. značky na typovém štítku:	CE,TR
Toleranční pásmo křivky:	ISO9906:2012 3B
Stupně:	2
Verze čerpadla:	A
Model:	A
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Korozivzdorná ocel DIN W.-Nr. 1.4408 ASTM A 351 CF 8M
Oběžné kolo:	Korozivzdorná ocel DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316
Kód mater. provedení:	G
Kód pro pryžové součásti:	E
Bush material:	NONE
Instalace:	
Max. teplota okolí:	60 °C
Max. tlak při dané teplotě:	25 bar / 120 °C 25 bar / -20 °C
Standardní příruba:	FLEXICLAMP
Kód pro připojení:	CA
Potrubní přípojka:	87 mm
Velikost příruby motoru:	FT100
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Topná voda
Rozsah teploty kapaliny:	-20 .. 120 °C
Teplota kapaliny:	60 °C
Hustota:	983.2 kg/m ³
Kinematická viskozita:	1 mm ² /s
Elektrické údaje:	
Typ motoru:	80C
Třída účinnosti IE:	IE3
Počet pólů:	2
Jmenovitý výkon - P2:	1.1 kW
Příkon (P2) vyžadovaný čerpadlem:	1.1 kW
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	3 x 220-240 D/380-415 Y V
Jmenovitý el. proud:	4,35/2,50 A
Rozběhový el. proud:	450-500 %
Cos phi - účinník:	0,83-0,76
Jmenovité otáčky:	2840-2870 ot/min
Účinnost:	IE3 82,7%



2.3. Návrh expanzní nádoby

Objem vody v soustavě:	Akumulační zásobník	14000 litrů
	Potrubí	6300 litrů
	Ostatní zařízení	2000 litrů

Celkový objem vody v soustavě je 22 300 litrů.

$$\text{Expanzní objem } V_e = 1,3 * V_0 * n = 1,3 * 22,3 * 0,012 = 0,34788 \text{ m}^3$$

$$\text{Nejnižší dovolený přetlak: } 1,1 * h * \rho * g * 10^{-3} = 1,1 * 15 * 1000 * 9,81 * 10^{-3} = 161,87 \text{ kPa}$$

Zvoleno $p_d = 200 \text{ kPa}$

$$\text{Nejvyšší dovolený přetlak: } p_k - (h_{mr} * \rho * g) = 400 - (1 * 1000 * 9,81) = 390 \text{ kPa}$$

Zvoleno $p_h = 350 \text{ kPa}$

$$V_{\text{exp}} = \frac{V_e * (p_h + 100)}{(p_h - p_d)} = (0,34788 * (350 + 100)) / (350 - 200) = 1,045 \text{ m}^3$$

Navržena tlaková expanzní nádoba o objemu 1 200 litrů.

ČÁST C – ENERGETICKÝ POSUDEK

1. Titulní list



1.1 Název předmětu energetického posudku

Energetický posudek plynové kotelny v Lišově.

1.2 Zpracovatel energetického posudku

Zpracovatel: Bc. Petr Kandl
Adresa: Luční 777, Lišov 373 72
Datum zpracování: Únor 2015 – Leden 2016
Číslo oprávnění: Nevydáno
Číslo EP: Neurčeno
Telefon: +420 721 290 536
Email: p.kandl@seznam.cz

2. Účel zpracování energetického posudku podle §9a zákona č. 318/2012 Sb.

Zatřídění dle zákona č.318/2012 Sb. je posouzení efektivnosti a finanční návratnosti stavebních a technických úprav týkající se snižování energetické náročnosti budovy a využívání obnovitelných a alternativních zdrojů energie.

Energetický posudek je zpracován na základě žádosti investora z důvodu zamýšlené kompletní rekonstrukce objektu kotelny. Důvodem je její havarijní stav a dále také skutečnost, že se větší množství objektů ve městě v posledních letech odpojilo od centrálního zásobování teplem (dále jen CZT) a tím pádem je kotelna značně předimenzovaná a neefektivní.

Cílem posudku je návrh minimalizace nákladů na vytápění a instalace nového řídicího systému. Pro konečný návrh vycházím z následujících požadavků:

- 1) Rekonstrukce plynové kotelny a instalace kogeneračních jednotek z důvodu jejího havarijního stavu.
- 2) Snížení potřebného výkonu kotelny na nejnutnější hodnotu.
- 3) Prodej elektrické energie.
- 4) Reálná doba návratnosti projektu nepřekročí 15 let.
- 5) Snížení emisí CO₂ o 50 %.

Energetický posudek byl zpracován dle zákona č.318/2012 Sb. O hospodaření energií a dle související vyhlášky č.480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku.

Software využitý při zpracování posudku: Microsoft Word 2013

Microsoft Excel 2013

Archicad 16

3. Identifikační údaje

Název:	Energetický posudek plynové kotelny v Lišově
Účel stavby:	Rekonstrukce kotelny z důvodu jejího havarijního stavu
Adresa:	Nová 612/16, Lišov 373 72
Vlastník:	Město Lišov, třída 5. května 139/156, Lišov 373 72
Adresa vlastníka:	Město Lišov, třída 5. května 139/156, Lišov 373 72
Telefon:	+420 387 007 911 – ústředna MÚ Lišov +420 602 491 484 – správce kotelny
Email:	posta@mulisov.cz sluzby@mulisov.cz

3.1. Lokalita objektu v rámci většího územního celku



3.2. Kopie katastrální mapy



4. Stanovisko energetického specialisty

4.1. Popis historického vývoje kotelny

Předmětem posouzení v energetickém posudku je objekt plynové kotelny v Lišově. Kotelna se nachází na okraji města, v Nové ulici, poblíž základní školy. Zajišťuje tepelnou energii celkem 10 výměňkových stanic v jednotlivých objektech. Z objektů občanské vybavenosti je na kotelnu napojena základní škola, mateřská škola, kulturní dům, multifunkční dům a nákupní středisko. Dále je napojeno 5 panelových čtyřpodlažních bytových domů.

Kotelna byla vybudována na počátku 70-tých let společně s výstavbou základní školy. V letech 1984 a 1985 byla zrekonstruována. Tehdy se přestalo topit lehkým topným olejem a přešlo se na vytápění plynem. Celkový instalovaný výkon kotelny je 6,18 MW. V kotelně se v současné době nachází 4 kotle, přičemž dva z nich jsou trvale odstaveny kvůli havarijnímu stavu.

Rozvody tepla také postupem let procházely zásadními změnami. Největší změnou je odstavení východní a západní větve, stejně jako odstavení a demolice olejové kotelny v ulici Nová a kotelny na spalování tuhých paliv na konci ulice Jirsíkova. Rozvody CZT byly postupem času obnoveny, propojeny a převedeny na dvoutrubkový systém. V současné době je zásobení teplem vedeno v jedné jižní větvi v ulici Nová. Ta zásobuje objekty Mateřské a Základní školy. Dále též objekt multifunkčního domu a nákupního střediska. V neposlední řadě zásobuje též 7 panelových domů za pomoci 6 výměňkových stanic. Celá tato větev byla v roce 1996 zrekonstruována a byl zaveden právě již zmíněný dvoutrubkový systém. Přechod na tento dvoutrubkový systém byl prováděn postupně, v jednotlivých objektech jsou instalovány tlakově nezávislé předávací stanice s ohřevem teplé vody. Měření odebraného tepla je prováděno na vstupu do objektu. Další měření je prováděno v jednotlivých bytech. Důležité je též měření na výstupu z kotelny, pomocí kterého lze nejobjektivněji určit tepelné ztráty rozvodů sítě a navýšit potřebný výkon kotelny a předpokládaný odběr tepla.

Základní technické údaje kotlů – kotelna CZT Lišov				
Označení kotle	K1	K2	K3	K4
Výrobce	Sigma Slatina Brno			
Výrobní číslo	VVK 1600 1	VVK 1600 1	VVK 1600 1	VVK 600-03
Rok výroby	1983	1983	1983	1984
Rok uvedení do provozu	1983	1983	1983	1984
Jmenovitý výkon (kW)	1860	1860	1860	600
Palivo	Zemní plyn			

Základní technické údaje hořáků				
Výrobce	První brněnská strojírna závod Třebíč			
Typ	APH 25 P2	APH 25 P2	APH 25 P2	APH 05PS
Výrobní číslo	87-469	88-931	88-932	84-461
Rok výroby	1987	1988	1988	1984
Jmenovitý výkon (kW)	2117	2120	2120	663
Regulace	Spojitá regulace výkonu, elektronická vazba palivo-vzduch			



Obrázek 9 - Objekt kotelny - jihozápadní pohled

4.2. Popis spotřebičů tepla – objektů

Zástavba je provedena kombinovaně bytovými domy a objekty občanské vybavenosti. Původně bylo v době výstavby centrální kotelny a sídlištních objektů napojeno 16 bytových domů o celkem 289 bytových jednotkách. Dále bylo napojeno 8 objektů občanské vybavenosti.

Od doby rekonstrukce soustavy CZT do roku 2013 byla z hlavního rozvodu CZT odpojena převážná část objektů, situovaných převážně v ulici Čechova. V těchto objektech byly zřízeny samostatné plynové kotelny. V současné době se tedy předpokládá zachování dodávek tepla do 4 objektů občanské vybavenosti a do 7 bytových objektů.

Budova kulturního domu bude ze stávající sítě CZT odpojena z důvodu vybudování vlastní kotelny a proto není v dalších výpočtech uvažována.

Všechny uvažované objekty již v minulých letech prodělaly stavební úpravy vedoucí ke snížení potřeby tepelné energie na vytápění. Převážná většina z nich je kompletně zateplena a došlo také k většinové výměně oken a dveří. Jednotlivé objekty tedy dnes splňují podmínky pro zařazení do lepších energetických tříd v průkazech energetické náročnosti budov. Obvykle se pohybují v třídách B, C a D. Lze tedy konstatovat, že navrhovaný tepelný výkon kotelny je objektivní a nebude potřeba jej v dohledné době upravovat. Jediným problémem by mohlo být odpojení jednotlivých objektů a zřízení vlastních kotelen. V tom případě by kotelna byla předimenzována.

Otopné soustavy jednotlivých objektů jsou vybaveny termostatickými ventily, na vstupech byly osazeny předávací stanice s decentrálním ohřevem teplé vody. Objekty jsou též vybaveny ekvitermní regulací topné vody – přimícháváním vratné vody do přívodu topné vody. Měření odebraného tepla je provedeno vždy na patě objektu. U bytových domů je druhé měření provedeno na vstupu do bytu.

Jednotlivé otopné soustavy se nacházejí v uspokojivém stavu a nepředpokládá se jejich velká rekonstrukce. Může dojít pouze k lokálním výměnám například otopných těles, ale to by nemělo mít na kotelnu zásadní vliv.

Fotodokumentace napojených objektů:



Obrázek 10 - Objekt nákupního střediska



Obrázek 11 - objekt č.p. 603



Obrázek 12 - Objekt č.p. 597



Obrázek 13 - objekt č.p. 602



Obrázek 14 - objekt č.p. 610



Obrázek 15 - objekt č.p. 600 + 601



Obrázek 16 - objekt č.p. 597



Obrázek 17 - objekty mateřské školy



Obrázek 18 - objekty základní školy



Obrázek 19 - objekt multifunkčního domu

Mapa používaného rozvodu a napojených objektů:



4.3. Historie spotřeby tepla v posledních 3 letech (GJ)

Objekt	2012	2013	2014	Průměr
Jednota	510	444	339	431
ZŠ	2019	1876	1298	1731
MŠ	455	479	312	415
MFD	266	272	179	239
Č.602	244	235	199	226
Č.603	355	313	221	889
Č.616	263	243	199	235
Č.597	573	551	368	497
Č.596	363	380	362	368
Č.600+601	567	539	434	413
CELKEM	5615	5332	3911	4953

3.4. Popis předpokládané spotřeby tepla a potřebný výkon

Objekty napojené na CZT Lišov						
Objekt	Majitel objektu	Počet bytů	Spotřeba tepla		Ustálené tepelné ztráty (kW)	Potřebný výkon pro TUV (kW)
			Vytápění (GJ/rok)	TUV (GJ/rok)		
Jednota	Město Lišov	-	484,0	53,5	99,0	24,36
ZŠ	Město Lišov	-	968,1	232,1	323,17	36,5
MŠ	Město Lišov	-	236,2	-	67,05	-
MFD	Město Lišov	-	225,5	24,9	46,12	21,12
Č.602	SBD Reals	13	162,1	256,6	30,89	75,01
Č.603	Vlastníci	8	270,8	171,1	51,5	46,16
Č.616	Vlastníci	13	135,7	256,6	25,8	75,01
Č.597	SBD	8	216,8	171,1	41,23	46,16
Č.596	SBD	8	216,8	171,1	41,23	46,16
Č.600+601	SBD Reals	26	315,5	513,2	60,0	150,02
Větev JIH		76	3231,8	1764,7	785,99	520,7
			4996,5		1306,7	

4.5. Popis tepelných ztrát distribuční sítě

rok	2012	2013	2014
Vstupy do objektů (GJ)	5615	5332	3911
Výstup z kotelny (GJ)	7331	7441	5369
Průměr na výstupu (GJ)	6714		
Průměrné roční ztráty	35,56 %		

Průměrná roční potřeba energie v palivu stávajících kotlů činí **8534,96 GJ**. Z tohoto údaje vyplývá sezónní účinnost stávajících kotlů **78,7 %**.

Roční platba za palivo by pak při ponechání stávajících kotlů a při odpojení kulturního domu činila **2 748 779 Kč**. Tato hodnota bude výchozí pro další porovnání.

4.6. Vyhodnocení energetické bilance systému CZT

Z analýzy vyplývá vysoká ztrátovost distribučního systému. Dá se předpokládat, že největší ztráty systému jsou v letním období při ohřevu teplé vody. Jejich případnou eliminaci lze docílit významných úspor. Bohužel investice do opravy rozvodu v současné době není možná.

Jako ekonomicky nejvýhodnější se proto jeví zřízení decentrálního ohřevu teplé vody přímo v jednotlivých objektech. Lze je vyřešit například zásobníkovými ohřivači přímo v bytových objektech, popřípadě průtokovými ohřivači nebo maloobjemovými zásobníky u jednotlivých odběrných míst (například ordinace a kanceláře v MFD, popřípadě šatny v nákupním středisku). Orientačně se může jednat o přibližně 20 kusů do všech objektů. Úplná decentralizace by rovněž přinesla možnost úplné letní odstávky kotelny, z čehož by navíc plynula vysoká úspora elektrické energie na provoz cirkulačních čerpadel. Další výhodou by byla možnost čištění předávacích stanic bez přerušování dodávky teplé vody, což by přineslo vyšší

komfort pro všechny obyvatele. Nicméně ani tato varianta se nejeví jako možná a rychle proveditelná vzhledem k různým majetkovým a vlastnickým poměrům v jednotlivých objektech.

Největším problémem je ovšem zastaralé zařízení kotelny a její havarijní stav. Vzhledem k funkčnosti už pouze jen jednoho kotle většího a jednoho menšího není schopna kotelna zajistit pokrytí 60% výkonu v případě nutné odstávky většího kotle. Vzhledem k tomu, že v současné podobě je kotelna značně předimenzována a nelze účinně regulovat výkon kotlů, tak bude nutno zdroje tepla obměnit.

4.7. Popis současného stavu kotelny

V kotelně se nachází 4 paralelně zapojené plynové kotle, jejichž podrobný výrobní popis je uveden v kapitole 4.1. Kotle jsou vždy osazené oběhovým čerpadlem se zpětným potrubím pro možnost regulace teploty vratné vody (na minimálně 60°C, kvůli riziku nízkoteplotní eroze). V současné době již jsou dva kotle z důvodu havarijního stavu odpojeny.

Tento funkční kaskádový kotlový okruh dodává teplo do společného rozdělovače, z něž je pak tepelná energie dodávána do jižní distribuční větve (západní i východní větve byly v minulých letech uzavřeny a odpojeny). Dále tepelná energie putuje potrubím k předávacím stanicím v jednotlivých objektech. Větev je vybavena oběhovým čerpadlem s konstantními otáčkami.

Tento primární okruh pracuje s teplotami topné vody okolo 90°C (v zimním období). V létě se pak využívají teploty přibližně o 10°C nižší. Po předání tepla v předávacích stanicích se voda vrací zpět ke kotlům, kde se podle potřeby dohřívá v kotlích pro opětovnou dodávku do soustavy. Teploty vratné vody bývají typicky o 15 – 20°C nižší.

Předávací stanice v jednotlivých objektech jsou tlakově nezávislé, tedy s nepřímou dodávkou topné vody do topného okruhu objektu. Topných okruhů je v každém objektu několik a do nich je voda dodávána přes rozdělovač a sběrač za výměňikovou stanicí. Větev se sestává z čerpadla sekundárního okruhu, následně směšovacího trojcestného ventilu s elektronickým řízením, jehož účelem je dodávat do topného okruhu vodu o předem stanovené teplotě (na základě ekvitermní křivky).

Technický stav předávacích stanic, kromě stanice v objektu multifunkčního domu, však již v současné době neodpovídá standardům pro dodávku tepla do objektů. Jedná se většinou o původní stanice s původními oběhovými čerpadly bez regulace otáček. Jedná se o samostatné stanice bez vazby na zdrojovou část systému. Jejich rekonstrukce, případně výměna, ovšem v současné době není v plánu.

Primární distribuční okruh dodává prakticky otopnou vodu s konstantní teplotou. K regulaci teploty proto dochází až v jednotlivých objektech.

4.8. Návrh řešení rekonstrukce

Velmi důležitou fází energetického posudku je volba zdroje tepla. Z výpočtové části se jako optimální varianta jeví systém s kogenerační jednotkou TEDOM Cento L330E SE, která bude v provozu 3000 h/rok. Tato kogenerační jednotka bude doplněna třemi kotli BUDERUS Logano plus SB625 - 510 o výkonu 466 kW. Celá tato soustava bude doplněna akumulacním zásobníkem o objemu 14 000 litrů pro lepší možnost regulace celé soustavy a uchování tepelné energie.

Jedním z navrhovaných úsporných opatření bude též optimalizace řídicího systému kotelny. S tím souvisí regulace teploty otopné vody v primárním topném okruhu. Dále lze v případě nových zdrojů tepla využít vyšších účinností těchto zdrojů, čímž dojde ke značné úspoře paliva.

Dalším úsporným opatřením bude zcela jistě výměna oběhových čerpadel za čerpadla s plynulou regulací otáček. Tato výměna se bude jednak týkat čerpadel na primárním topném okruhu, ale také za rozdělovačem a sběračem na jižní větvi. I tam jsou dnes čerpadla s konstantními otáčkami, která reagují na změnu potřeby průtoku pouze vypnutím či opětovným zapnutím. Energeticky úspornější čerpadla s plynulou regulací otáček dokáží dle zkušeností z praxe a dle čísel udávaných výrobcem ušetřit ideálně 40 – 50% elektrické energie.

Navíc se ukazuje, že vychlazení vody v otopných tělesech a v soustavě je velmi nízké a proto dochází k významným ztrátám tepla i ke zbytečné čerpací práci. Vychlazení v topných větvích by mělo být přibližně o 15 K. V přechodném období alespoň o 10 K. Řešením by proto byla optimalizace otopných soustav v objektech. Bohužel se jedná o velmi nákladnou a složitou investici, vzhledem k případnému souhlasu všech nájemníků, popřípadě majitelů bytů.

Nicméně i snížením teploty otopné vody lze docílit výrazně nižších tepelných ztrát v distribučním systému. V současné době je rozdíl střední teploty v systému a teploty okolní zeminy přibližně 65°C, při snížení teploty otopné vody by tento rozdíl mohl být 50°C. V případě, že uvažujeme s konstantní teplotou zeminy 5°C. Toto snížení by logicky vedlo ke snížení tepelných ztrát až o 23%.

Pro návrh nového zdroje tepla bylo využito konzultací s firmou Tedom a.s. a aplikace její kogenerační jednotky pro zajištění dodávky tepla pro ohřev teplé vody v letních měsících. V souvislosti s kogenerační jednotkou bude navržena ještě akumulací nádrž. Její objem je specifikován ve výpočtové části.

Kogenerační jednotka bude tedy doplněna třemi kotli Buderus o výkonech 3x466 kW. Kotle budou mít v normálním režimu účinnost 98%, v kondenzačním pak 104%. V rámci bezpečného návrhu je uvažováno se sezónní účinností 94%.

Po instalaci zdrojů tepla a akumulátoru tepla bude tedy značně nižší výkon všech zdrojů, který bude napojen na stávající rozvod tepla. Z kotelny tedy bude vystupovat již jen jedna jižní větev DN 150. Ostatní vývody budou zaslepeny. Tomuto stavu bude uzpůsobena i upravena další technologie v kotelně. Veškeré zařízení bude umístěno v současné strojovně kotelny. Tím pádem se uvolní větší místnost, kde jsou v současnosti umístěny kotle. Bude možno tento prostor využít pro parkování vozidel městských služeb.

V rámci rekonstrukce dojde i k úpravě spalinovodu, respektive k napojení kogenerační jednotky a nových kotlů do stávajícího komína. Odvod spalin z nich bude mít profil DN80 v celé své délce. Na horizontální část potrubí bude nasazen tlumič hluku s redukcí na DN65 a bude též instalován vlnovcový kompenzátor, aby bylo zabráněno přenosu vibrací z motoru na potrubí. Vně objektu bude potrubí vedeno ve stávajícím komínovém tělese a bude izolováno čedičovou vlnou v tloušťce 30 mm a obaleno hliníkovou fólií.

4.9. Zajištění odběru elektrické energie

Zdrojem elektrické energie v kogeneračních jednotkách je vodou chlazený synchronní generátor umístěný v prostoru akustického krytu (kontejneru). Rozvaděč kogenerační jednotky zabezpečuje její provoz ve všech provozních stavech. Zároveň slouží jako fázovací místo. Samostatný provoz kogenerační jednotky jako záložního zdroje se nepředpokládá.

Z kogenerační jednotky bude veškerý elektrický výkon vyveden kabelem do hlavního rozvaděče kotelny. S ohledem na velmi malou vlastní spotřebu kotelny bude téměř veškerý výkon dodáván do distribuční sítě NN a bude též využíváno dotace na prodej elektrické energie z kombinované výroby elektřiny a tepla. Výroba bude měřena čtyř-kvadrantovým fakturačním elektroměrem na straně NN v rozvaděči. Podmínky připojení budou určeny provozovatelem rozvodné sítě, kterým je E-ON distribuce a.s.

4.10. Ekonomické zhodnocení zvoleného opatření

Výdaje:

Použité kotle Buderus Logano plus SB625	2 454 867 Kč
Použitá kogenerační jednotka TEDOM CENTO L330E SE	4 790 000 Kč
Odhad ostatních investičních nákladů pro zařízení kondenzačních kotlů	2 598 000 Kč
Odhad ostatních investičních nákladů pro zařízení KGJ	1 916 000 Kč
Roční náklady na údržbu kotlů	239 355 Kč/rok
Roční náklady na servis kogenerační jednotky	307 803 Kč/rok
Roční náklady na palivo (zemní plyn)	3 714 009 Kč/rok

Příjmy:

Roční příjem za prodané teplo (620 Kč/GJ)	3 097 830 Kč/rok
Roční příjem z prodeje elektrické energie	2 446 703 Kč/rok

Původní náklady:

Předpokládaná platba za plyn při zachování původních zdrojů tepla	2 748 779 Kč/rok
Roční náklady na údržbu kotlů	400 000 Kč/rok

PARAMETR	JEDNOTKA	VARIANTA 2c
Investiční výdaje projektu	Kč	11 758 867 Kč
Změna nákladů na energie	Kč	- 965 230 Kč
Změna ostatních provozních nákladů	Kč	- 147 158 Kč
Změna osobních nákladů	Kč	0 Kč
Změna ostatních provozních nákladů	Kč	0 Kč
Změna nákladů na emise a odpady	Kč	0 Kč
Změna tržeb za teplo a elektřinu	Kč	2 446 703 Kč
Přínosy projektu celkem	Kč	1 334 315 Kč
Doba hodnocení	Roky	15
Roční růst cen energie	%	3
Diskont	%	4
Ts – prostá doba návratnosti	Roky	8,81
Tsd – reálná doba návratnosti	Roky	10
NPV – čistá současná hodnota	Kč	763 777 Kč
IRR – vnitřní výnosové procento	%	5

4.11. Ekologické zhodnocení zvoleného opatření

Způsob ekologického vyhodnocení se provádí vždy metodou globálního hodnocení. V případě požadavku zadavatele je možné provést také ekologické vyhodnocení metodou lokálního hodnocení.

Globální hodnocení je prováděno na bázi celospolečenského pohledu. Při změně dodávek energie, která je vyráběna v jiném místě, jsou do výpočtu zahrnuty emisní faktory vycházející buď z konkrétních, nebo průměrných údajů o produkovaných znečišťujících látkách.

Lokální hodnocení je prováděno výhradně na bázi změn produkce znečišťujících látek ze zdrojů situovaných v lokalitě obce, ve které je umístěn předmět vyhodnocení. V rámci tohoto energetického posudku bude provedeno pouze globální hodnocení.

a) Globální hodnocení

Energie obsažená v palivu v původním stavu:	8535 GJ
Energie obsažená v palivu pro variantu 2c:	11 532,0 GJ
Produkce při spalování plynu:	tuhé znečišťující látky= 0,6 mg/MJ
	SO ₂ =0,3 mg/MJ
	NO _x = 47,2 mg/MJ
	CO=9,4 mg/MJ
	CO ₂ = 56 mg/MJ

Znečišťující látka	Výchozí stav (g/rok)	Varianta 2c (g/rok)
Tuhé znečišťující látky	5 121	6 919
SO ₂	2 560,5	3 460
NO _x	402 852	650 400
CO	80 229	108 400
CO ₂	477 960	645 800

Z tabulky vyplývá navýšení ekologické zátěže prostředí. Je však třeba uvážit nižší produkci všech látek v souvislosti s výrobou elektrické energie. Proto je v následující tabulce uvedena produkce emisí související s výrobou elektrické energie ve standartní elektrárně.

	Varianta 2c (kg/rok)
Vyrobená elektřina (GJ)	3407,4
Tuhé látky	354,37
SO ₂	1 772,87
NO _x	1 502,6
CO	374,81
CO ₂	1 107,41

Výchozí stav CO ₂ :	477,96 kg/rok
Předpoklad produkce elektrárny:	1 107,41 kg/rok
Předpoklad produkce z KGJ:	645,8 kg/rok

$$\frac{645,8}{477,96 + 1107,41} = 0,407$$

Závěrem lze tedy říci, že při instalaci kogenerační jednotky dojde ke snížení produkce CO₂ o téměř 60%. Požadované kritérium snížení o 50% je tedy splněno.

5. Závěrečné stanovisko

Varianta 2c dosáhla nejlepší doby návratnosti. Zároveň bylo přihlédnuto k co nejnižší ceně tepla pro konečného odběratele a byla nastavena pro všechny varianty totožná na hodnotě 620 Kč/GJ. Tuto cenu lze samozřejmě v průběhu let upravovat podle potřeby a podle kolísání ceny zemního plynu. Ekologické vyhodnocení vychází u všech čtyř variant velmi podobně. Podstatný rozdíl je u použití kogenerace v nižších objemech emisí oproti průměrné elektrárně v České Republice. Doporučenou variantu lze shrnout v těchto bodech:

- Celkové investiční náklady činí **11 758 867 Kč**
- Roční přínos navrženého opatření činí **1 334 315 Kč**
- Roční úspora energie dosáhne **1577,95 GJ**
- Prostá doba návratnosti činí **8,81 roku.**
- Reálná doba návratnosti činí **10 let.**
- Vnitřní výnosové procento má hodnotu **5%**

Evidenční list energetického posudku
podle § 9a odst. 1 písm. d) zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění
pozdějších předpisů

Evidenční číslo 001 / 2016

1. Část - Identifikační údaje

1. Jméno (jména) příjmení/název nebo obchodní firma vlastníka předmětu EP

Město Lišov

2. Adresa trvalého bydliště/sídlo, popřípadě adresa pro doručování

a) ulice	b) č.p./č.o.	c) část obce	
Třída 5.května	139 / 156	Lišov	
d) obec	e) PSČ	f) email	g) telefon
Lišov	373 72	posta@mulisov.cz	+420 387 007 911

3. Identifikační číslo osoby, pokud bylo přiděleno

nepřiděleno

4. Údaje o statutárním orgánu

a) jméno	b) kontakt
Město Lišov	třída 5.května 139/156, Lišov 373 72

5. Předmět energetického posudku

a) název
Energetický posudek plynové kotelny v Lišově
b) adresa nebo umístění
Nová 612/16; Lišov 373 72
c) popis předmětu EP

Předmětem posouzení je plynová kotelna v Lišově. Kotelna zásobuje teplem školu, školku, nákupní středisko, multifunkční dům a 7 bytových objektů. Byla vystavena na počátku 70tých let v souvislosti se stavbou školy a sídliště a byl v ní instalován výkon 6,18 MW. V letech 1984 a 1985 byla kotelna zrekonstruována a původní kotle na LTO byly vyměněny za kotle na zemní plyn. Z původního rozvodu tepla byla odpojena východní i západní větev z důvodu zřízení vlastních kotelen v jednotlivých objektech.

2. Část - Seznam stanovených kritérií

1. Energetická kritéria

Snížení potřebného výkonu kotelny na nejnižší hodnotu.
Zavedení výroby tepla i elektrické energie a prodej EE.

2. Ekologická kritéria

Snížení všech emisních faktorů v zamýšlené rekonstrukci.
Snížení emisí CO₂ o 50% v globálním měřítku.

3. Ekonomická kritéria

Rekonstrukce se splněním doby návratnosti maximálně 15 let.

4. Technická a ostatní kritéria

Rekonstrukce z důvodu havarijního stavu kotelny.

3. Část - Údaje o posuzovaném návrhu

1. Popis návrhu

Doporučenou variantou pro realizaci je varianta 2c, představující instalaci kogenerační jednotky Tedom Cento L330E SE. Tato kogenerační jednotka má tepelný výkon 365 kW a elektrický výkon 330 kW. Instalovaná jednotka bude v provozu 3000 hodin ročně. Bude doplněna třemi plynovými kondenzačními kotli BUDERUS Logano plus SB625 o výkonu 466 kW. Bude zrekonstruováno též zařízení kotelny.

2. Základní energetické, ekologické, ekonomické, technické a ostatní údaje

Energetická náročnost kotelny bude díky výměně kotlů nižší, vzhledem k vyšší účinnosti kotlů. Varianta 2c má prostou dobu návratnosti 8 let a vnitřní výnosové procento 10%. Ekologie opatření je velmi výhodná, především vzhledem k výrobě elektrické energie. Technicky lze danou variantu provést zcela bez problémů.

4. Část - Výsledky posouzení proveditelnosti návrhu podle stanovených kritérií

1. Proveditelnost podle energetických kritérií

Tepelný výkon zařízení navržených ve variantě 2c činí v součtu 1783 kW. Potřebný tepelný výkon je 1772 kW.

2. Proveditelnost podle ekologických kritérií

Ekologie navrženého zařízení je pozitivní. Celková spotřeba paliva je sice vyšší, ovšem v globálním měřítku vyrábíme elektrickou energii ekologicky šetrnější metodou, čili požadovaná kritéria jsou splněna.

3. Proveditelnost podle ekonomických kritérií

Prostá doba návratnosti navržené rekonstrukce je 8 let. Reálná doba návratnosti je 10 let. Návratnost je tedy kratší než požadovaných 15 let, což je předpokládaná životnost KGJ do generální opravy.

4. Proveditelnost podle technických a ostatních kritérií

Technicky není problém danou rekonstrukci provést.

5. Část - Doporučení a podmínky proveditelnosti

1. Doporučení

Lze doporučit rekonstrukci hlavního rozvodu sítě, popřípadě decentralizaci výroby teplé vody do jednotlivých objektů.

2. Podmínky proveditelnosti

Rekonstrukce bude provedena podle platných právních předpisů a norem. Pro vlastní rekonstrukci musí být vyhotovena projektová dokumentace na základě energetického posudku.

6. Část - Údaje o energetickém specialistovi

1. Jméno (jména) a příjmení

Petr Kandl

Titul

Bc.

2. Číslo oprávnění v seznamu energ. specialistů

nevydáno

3. Datum vydání oprávnění

nevydáno

4. Datum posledního průběžného vzdělávání

neurčeno

5. Podpis

Petr Kandl

6. Datum

15.1.2016

ZÁVĚR:

Ve své práci jsem se zabýval energetickým posudkem plynové kotelny a kogenerace v Lišově. V teoretické části jsem řešil problematiku kogenerace. V její poslední části je uveden postup výpočtu, který byl konzultován s panem Ing. Lukášem Jančkem, a který je používán v technické praxi. Ve výpočtové části byla navržena 4 opatření, z nichž ve třech je použita kogenerace. Jako nejlepší byla zvolena varianta 2c a to na základě především ekonomické bilance.

V poslední části je na danou variantu zpracován energetický posudek. Základním důvodem pro vypracování posudku a celkového návrhu kotelny je její havarijní stav. V úvahu by přicházela i další opatření CZT, ovšem jejich ekonomická bilance se nejeví pozitivně.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ:

1. Ing. Valenta, Vladimír a kolektiv. *Topenářská příručka 3.* místo neznámé : ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
2. Tedom, a.s. Jak funguje kogenerace. *TEDOM*. [Online] [Citace: 16. 12. 2015] <http://kogenerace.tedom.com/jak-funguje-kogenerace.html>.
3. EkoWATT. Kogenerace. *EkoWATT*. [Online] [Citace: 16. 12. 2015] <http://www.ekowatt.cz/uspory/kogenerace.shtml>.
4. Kogenerace. *TZB-info.cz*. [Online] [Citace: 16. 12. 2016] <http://energetika.tzb-info.cz/kogenerace>.
5. Tintěra, Ing. Ladislav. Kogenerace - použití zvláštních plynů, obnovitelné zdroje energie a ekonomická motivace (II). *TZB-info.cz*. [Online] 9. 1. 2006 [Citace: 19. 12. 2015] <http://www.tzb-info.cz/2986-kogenerace-pouziti-zvlastnich-plynu-obnovitelne-zdroje-energie-a-ekonomicka-motivace-ii>.
6. Kogenerační jednotky Bosch přinášejí efektivní řešení pro elektřinu a teplo. *TZB-info*. [Online] 11. 12. 2013 [Citace: 21. 12. 2015] <http://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/10680-kogeneracni-jednotky-bosch-prinaseji-efektivni-reseni-pro-elektřinu-a-teplo>.
7. Jeleček, Josef. Kogenerace není módní vlna, ale perspektiva do budoucnosti. *Česká pozice*. [Online] 12. 5. 2015 [Citace: 21. 12. 2015] http://ceskapozice.lidovky.cz/kogenerace-neni-modni-vlna-ale-perspektiva-do-budoucnosti-p3u-/forum.aspx?c=A150511_133042_pozice-forum_kasa.
8. Technické podklady firmy Buderus s.r.o.
9. Technické podklady firmy Tedom a.s.
10. Technické podklady firmy Grundfos s.r.o.

OSTATNÍ INTERNETOVÉ ZDROJE:

11. www.inkapo.cz
12. www.tzb-info.cz
13. www.honeywell.com
14. www.dzd.cz
15. www.ege.cz

LEGISLATIVNÍ ZDROJE:

Při zpracování všech tří částí diplomové práce bylo použito aktuálně platných právních předpisů a norem.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ:

KGJ	kogenerační jednotka
CO ₂	oxid uhličitý
MJ	megajoule
GJ	gigajoule
CZT	centrální zásobení teplem
kWh _e	kilowatthodina elektřiny
g	gram
kW	kilowatt
Sb.	sbírka zákona
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
MWh	megawatthodina
ERÚ	energetický regulační úřad
NZÚ	nová zelená úsporám
OZE	obnovitelné zdroje energie
MFD	multifunkční dům
TUV	teplá užitková voda
Kč	koruna česká
EE	elektrická energie
EUR	euro
SO ₂	oxid siřičitý
NO _x	oxidy dusíku
CO	oxid uhelnatý
h	hodina
Hz	hertz
EN	evropská norma
K	kelvin
NN	nízké napětí
mg	miligram

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1 - Úspora energie pomocí kogenerace (1).....	- 14 -
Obrázek 2 - Schéma konstrukce KGJ (3).....	- 15 -
Obrázek 3 - Zjednodušené schéma zapojení KGJ v kombinaci s plynovým kotlem	- 15 -
Obrázek 4 - Podíl výroby energie (3).....	- 16 -
Obrázek 5 - Výhřevnost různých typů paliv (5).....	- 18 -
Obrázek 6 - produkce CO ₂	- 20 -
Obrázek 7- Navržená kogenerační jednotka TEDOM CENTO L330E SE	- 50 -
Obrázek 8 - Navržený kotel BUDERUS Logano PLUS SB625	- 50 -
Obrázek 9 - Objekt kotelny - jihozápadní pohled	- 67 -
Obrázek 10 - Objekt nákupního střediska	- 69 -
Obrázek 11 - objekt č.p. 603	- 69 -
Obrázek 12 - Objekt č.p. 597	- 70 -
Obrázek 13 - objekt č.p. 602	- 70 -
Obrázek 14 - objekt č.p. 610	- 71 -
Obrázek 15 - objekt č.p. 600 +601	- 71 -
Obrázek 16 - objekt č.p. 597	- 72 -
Obrázek 17 - objekty mateřské školy	- 72 -
Obrázek 18 - objekty základní školy	- 73 -
Obrázek 19 - objekt multifunkčního domu	- 73 -

SEZNAM PŘÍLOH:

- V01 - Půdorys současného stavu kotelny
- V02 - Půdorys nového stavu kotelny
- V03 - Schéma zapojení varianty 1
- V04 - Schéma zapojení varianty 2a a 2b
- V05 - Schéma zapojení varianty 2c