

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**REKONSTRUKCE SYSTÉMŮ TZB METODOU
EPC**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BC. PETR PÁVEK

**Vedoucí diplomové práce :
Konzultant(i) :**

**doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.
Ing. Eduard Hromada, Ph.D.
K126**

2016/2017




ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Pávek	Jméno: Petr	Osobní číslo: 370664
Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov (K125)		
Studijní program: Budovy a prostředí (BP)		
Studijní obor: Technická zařízení budov		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Rekonstrukce systémů TZB metodou EPC	
Název diplomové práce anglicky: _____	
Pokyny pro vypracování: Student popíše metodiku Energetické služby se zárukou (angl. Energy performance contracting - EPC) a vypracuje studii provedených úprav v Kongresovém centru Praha s dopady na energetickou náročnost budovy, zejména část vytápění. Provede srovnání jednotlivých provozních stavů budovy v letním, přechodném a zimním období. Znázornění pomocí vhodných prostředků. Součástí práce bude i ekonomické pojednání o metodice EPC, jejím provádění a financování, především pro systémy TZB. Seznam doporučené literatury: Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.	
Datum zadání diplomové práce: 5.10.2016	Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017
Podpis vedoucího práce 	Podpis vedoucího katedry _____

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

<u>10.10.2016</u>	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

Praha, 8.1.2017

Petr Pávek

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Vladimíru Jelínkovi, CSc., za nesmírnou trpělivost při konzultacích této práce.

Dále kolegům ze společnosti ENESA, a.s., kteří mi pomohli nejen se zpracováním poskytnutých dat.

A především mým rodičům, za vytrvalou podporu mých studií.

Obsah

1. Úvod.....	6
2. Postup projektu EPC	7
2.1. Účastníci projektu EPC	7
2.2. Zadání projektu.....	8
2.3. Realizace projektu	11
2.4. Finanční specifika EPC	13
2.5. Poskytování energetického managementu.....	13
2.6. Příklady harmonogramů	14
2.7. Legislativní požadavky.....	15
3. Modernizace zdrojů tepla Kongresového centra Praha, a.s.	17
3.1. Původní stav	18
3.2. Nový stav.....	18
3.3. Příprava TUV	24
3.4. Technologické návaznosti	28
3.5. Provoz kotelny.....	29
3.6. Alternativní úpravy systému.....	37
4. Spotřeba energie a vody provozu KCP	44
4.1. Zobrazení měsíčních spotřeb	44
4.2. Zhodnocení účinnosti	52
4.3. Spotřeba teplé užitkové vody	54
4.4. Spotřeba tepelné energie.....	55
5. Ekonomické posouzení metody EPC v projektu KCP	58
5.1. Peněžní tok projektu	58
5.2. Citlivostní analýza	60
5.3. Prosazení EPC mezi dodavatelskými metodami	61
6. Závěr.....	69
7. Bibliografie.....	70
8. Seznam zkratk	72
9. Seznam tabulek	73
10. Seznam obrázků	74
11. Seznam použitého software.....	75
12. Seznam příloh.....	76

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá řešením použití metodiky Energy Performance Contracting (EPC) pro rekonstrukci systému TZB a dalších úprav objektu Kongresového centra Praha za účelem úspor energií. Projekt EPC je popsán z pohledu organizace projektu a technického provedení. Blíže se zabývá zdroji tepla, projekčními předpoklady zdrojů tepla a ekonomickým průběhem, jak dílčích částí, tak i objektem jako celkem. Dále se zabývá zhodnocením toků tepla pomocí zobrazení Sankeyových diagramů s následným popisem specifik pro budovu tohoto typu. Zhodnoceny jsou i možnosti návrhů dalších opatření či účinnosti zdrojů tepla.

Klíčová slova

EPC, energetický management, ekonomické zhodnocení, toky tepelné energie, Kongresové centrum Praha, úspory provozních nákladů.

Abstract

The diploma thesis concern with an Energy Performance Contracting (EPC) in building systems renewal and other improvements in Prague Congress centre for purpose of energy conservation achievement. The EPC is described from perspective of project management and technical solutions. It provided closer look at heat sources, detail design and economical aspects of component parts and the whole building as well. Further, it is focused on evaluation of energy flow inside the facility displayed by Sankey diagrams, together with description of specialities for this building type. The possibilities of further improvements of heat sources efficacy are also evaluated.

Key words

EPC, energy management, economical analysis, energy flow, Prague Congress Centre, heating operating costs.

1. Úvod

Metoda EPC (Energy performance contracting), stejně jako další méně tradiční způsoby financování (například dodavatelský úvěr) se v České republice rozvíjí od počátku 90. let, společně s výrazným nárůstem plateb za energie a vodu v budovách. Metoda financování EPC nutí dodavatele do aplikací novějších technologií a praktičtějšího přístupu ke koncovému zákazníkovi, než to je běžné u klasické projekční kanceláře. Při financování metodou EPC jsou zjednodušeně veškeré náklady na vzniklou změnu technologií placeny dodavatelem pomocí rozdílu na účtech za spotřebu energií, popřípadě nižších nákladů na údržbu a provoz objektu. Práce analyzuje metodu financování pomocí EPC do dvou základních rovin. Rozebírá organizační, projektové a ekonomické úhly dodavatele. Následně analyzuje ekonomický a hospodářský dopad zadavatele.

První kapitola se věnuje metodě EPC na obecné úrovni, z hlediska organizace celého projektu, především z pohledu investora, majitele budovy. Dále řeší souvislosti se zapojením poradce společně s přesahem do současné legislativy.

Druhá část pojednává o konkrétním projektu rekonstrukce objektu Kongresového centra Praha, konkrétním technickém řešení zdroje tepla a návaznými souvislostmi na ostatní provozní soubory v objektu. Současně se snaží najít i další možnosti pro pokračování vylepšení či alternativní řešení rekonstrukce. Dále práce pojednává o tocích energie v budově během jednotlivých měsíců, účinnostech jednotlivých zdrojů a samotných spotřebách, souvislostech mezi provozem a technologií.

V neposlední řadě nahlíží na projekt z hlediska ekonomiky, která je pro realizaci projektu mnohdy nejzásadnější.

2. Postup projektu EPC

Nástroj energetické služby se zárukou, zkráceně EPC, je druhem služby. Nejedná se o dodávku zboží, ani o stavební dílo, ale právě o službu. Služba zajišťuje energetické úspory zákazníkovi různými metodami. Obvykle je projekt EPC sepsán pro určité období, za které se musí veškeré investice amortizovat. Pro snazší proniknutí do problematiky EPC jsou v několika bodech shrnuty běžné technologické úpravy:

- Dodávka nových, účinnějších zdrojů tepla a chladu
- Snížení potřeby tepla a chladu postupnou analýzou jednotlivých spotřebičů
- Snížení tepelných ztrát, popřípadě zisků, za využití nových postupů
- Instalace dílčích měřidel pro podrobnější analýzu objektu
- Decentralizace, případně centralizace zdrojů

2.1. Účastníci projektu EPC

Jelikož se nejedná o stavební zakázku, není nutné dodržovat specifická pravidla pro zadávání stavebních prací dle § 9 zákona 137/2016 Sb., o veřejných zakázkách. Nicméně stále se jedná o veřejnou zakázku dle tohoto zákona.

Ve srovnání s běžnými zakázkami do celého projektu vstupuje více účastníků a každý z účastníků má svoji specifickou funkci:

Zadavatel projektu (dále „Zadavatel“)

Zpravidla veřejná instituce (město, kraj, fakultní nemocnice, divadlo), popřípadě soukromý podnik (především průmyslové, energeticky náročné provozy). Pro zadavatele je nejtěžší úkol přesně specifikované zadání, podle kterého následně vybírá vítězného uchazeče veřejnou zakázkou (v případě veřejného zadavatele). S tím mu ale mohou pomoci organizace z následující kategorie:

Poradce (facilitátor)

Vzhledem ke specifikům projektů EPC se často zadavatel obrací na takzvaného poradce, kterým je organizace se zkušenostmi na poli energetických služeb, ve většině případů tvořená energetickými poradci, často současně poskytující servis střediska EKIS (Energetické konzultační a informační středisko) či jiné poradenské služby (například dotační poradenství). Významní poradci jsou sdruženi v APES (Asociace poskytovatelů energetických služeb), seznam poradců udržuje MPO (Ministerstvo průmyslu a obchodu) a je k dispozici v příloze číslo 1.

Poskytovatel energetických služeb (ESCO – Energy Service Company)

Poslední skupinou účastníků projektů jsou samotní realizátoři, tedy společnosti poskytující energetické služby. Tyto společnosti mohou být výhradně specializované na poskytování energetických služeb (například ENESA), případně jsou tyto služby součástí širší působnosti společnosti, ať již v oblasti správy budov (AB Facility) nebo komplexnějších dodávek energií

(Amper Holding) či průmyslového portfolia (Siemens). Společně s poradci jsou firmy sdruženy v APES, viz seznam v příloze číslo 1.

2.2. Zadání projektu

2.2.1. Prvotní impulz

Pokud se zadavatel rozhodne pro rekonstrukci budovy, případně souboru budov, je třeba nejprve posoudit možnost provést tuto rekonstrukci pomocí metody EPC. K prvotnímu rozhodnutí, zda je projekt teoreticky realizovatelný, může „laickému zadavateli“ (starosta, hejtman kraje) pomoci EKIS. Tyto střediska jsou umístěna ve většině krajských měst, celorepublikově je jich v současnosti přes 60. Jejich posláním je poskytovat podporu při zavádění energetický úspor a obnovitelných zdrojů energie. Poradenství je určeno občanům, veřejné správě, podnikům i podnikatelům (1).



Obrázek 2-1 - Mapa středisek EKIS

2.2.2. Zpracování analýzy

Pokud má zadavatel projektu již představu o řešení pomocí EPC, je vhodné, především u rozsáhlejších projektů – balíčků budov (zpravidla zadávají kraje či větší města) – provést studii proveditelnosti. Tato studie může být podpořena z programu MPO EFEKT 2017 – 2021, který v aktuální výzvě 6/2017 pro rok 2017 obsahuje alokované prostředky ve výši 4 mil. Kč s podmínkou, že jednotlivá dotace nepřesáhne 200 tisíc Kč a lze žádat do výše 70 % způsobilých výdajů. Výzva programu je přílohou číslo 2.

Při zpracování analýzy je nutné správně řídit vztahy mezi poradcem a zadavatelem tak, aby došlo k očekávanému výsledku při přípravě zadání a následně vybrání zhotovitele za nejvíce výhodných podmínek pro zadavatele. Zpravidla poradce zpracovávající analýzu pracuje pro zadavatele po celý proces výběru zhotovitele, včetně jednání o smlouvě s vybranou společností ESCO a též k nastavení pravidel energetického managementu.

Častokrát již během analýzy vznikají balíčky budov od jednoho zadavatele, nejčastěji kraje či města. Může se jednat i o desítky budov s různými funkcemi, v různém stavu a s různou požadovanou úpravou ze strany zadavatele. Cílem zadavatele je v tomto případě dosáhnout co největší investice do svého majetku a současně tak přimět společnost ESCO k realizaci opatření v těch budovách, kde by investice samotná nebyla dostatečně návratná. Ale jako součást balíčku s opatřeními v dalších budovách již návratná je, a tedy účinná opatření u vybraných budov tuto skutečnost kompenzují. Případně může jít o dílčí úpravu (výměna osvětlení), která je při takovém zadání provedena v celém majetkovém fondu Zadavatele tak, aby byla celková úspora co nejvyšší.

2.2.3. Výběrové řízení

Před zahájením samotného výběrového řízení, musí učinit Zadavatel několik kroků, buď sám, nebo s poradcem, který zpracoval analýzu vhodnosti záměru pro EPC. Je nutné zveřejnit Předběžné oznámení o veřejné zakázce a v návaznosti na něj, s třicetidenním prodloužením, Oznámení o zakázce. Během této doby je samozřejmě možné a nutné připravovat zadávací dokumentaci.

2.2.4. Zpracování zadávací dokumentace

Jedná se o soubor dokumentů, podle kterého uchazeči zpracují svoje nabídky. Je tedy nutné poskytnou maximální množství údajů v maximální možné přesnosti. Zadavatel musí pečlivě zvážit především kvalifikační kritéria, tedy soupis požadavků, které musí energetická společnost splnit, aby se mohla účastnit výběrového řízení. Dále je možné, především u větších projektů, požadovat složení jistoty až do výše 2 % předpokládané hodnoty veřejné zakázky. Nesmí chybět hodnotící kritéria, aby bylo uchazečům zjevné, které parametry jsou pro zadavatele nejdůležitější (celková úspora energie, maximalizace investice do majetku) a v neposlední řadě je doporučeno zveřejnění smluvních podmínek, kdy může zadavatel využít vzorovou smlouvu z webové prezentace MPO či externího právního servisu (jedna ze specializujících se právních kanceláří je členem APES).

Zadávací dokumentace může obsahovat například tyto části:

- Specifikace podmínek zadání veřejné zakázky – základní popis budov a jejich provozu
- Návrh smlouvy o poskytování energetických služeb (lze využít vzor dle MPO)
- Energetický audit (pokud je dostupný), štítek PENB (Průkaz energetické náročnosti budovy)
- Technické podklady (stavební dokumentace – DSPS (dokumentace skutečného provedení stavby), technické a revizní zprávy, technické listy strojů a zařízení).
- Popis technického stavu zařízení a budov
- Výpočet referenční spotřeby energie
- Specifikace povinných opatření požadovaných zadavatelem zakázky (výměna centrálního zdroje)

- Faktury referenčního roku za všech oblastí, do kterých projekt EPC zasahuje (teplo, chlad, elektřina, voda, atd.)

Specifika pro soukromý sektor – není nutné pořádat výběrové řízení, nicméně vzhledem k povaze projektů EPC je to velmi vhodné, neboť řešení navržená jednotlivými ESCO se mohou výrazně lišit. Současně je v soukromém sektoru požadována rychlejší návratnost, trvání projektu do délky 6 let. Toto souvisí mimo jiné s menší předvídatelností využití objektu u soukromého vlastníka v budoucnosti.

2.2.5. Nabídky uchazečů

Nejběžnější je dělení projektu EPC na 3 části (2):

- Technické úpravy objektu.
- Finanční náklady a návratnost jednotlivých řešení a celého projektu.
- Energetický management (řízení a optimalizace provozu po dobu zakázky).

Přičemž bývají tyto 3 položky uváděny pro investora samostatně, jak specifikuje zadávací dokumentace. Ve většině případů jsou finanční prostředky pro realizaci zajištěny ze strany ESCO, respektive jím smluveným úvěrem u některé z komerčních bank. Zadavatel může ale úpravy financovat z vlastních zdrojů.

Během zpracování nabídek mohou klást ESCO dotazy, na které je hromadně a veřejně odpovídáno tak, aby měly všechny soutěžící společnosti totožné informace. Současně probíhají prohlídky budov za součinnosti pracovníků Zadavatele. S průběhem prohlídek pomáhá Zadavateli poradce.

2.2.6. Úvodní hodnocení nabídek

Probíhá po termínu pro podání nabídek. Dle zadávací dokumentace může mít Zadavatel možnost přistoupit k redukci počtu uchazečů v každém z kol hodnocení, není to ale povinností. Po prvotním posouzení následuje jednání o nabídkách, kdy se Zadavatel snaží přimět ESCO k úpravě nabídek tak, aby byly pro zadavatele co nejpřínosnější. Postupně dochází k hodnocení v souladu se zadávací dokumentací a případnému vyřazování uchazečů.

2.2.7. Konečné vyhodnocení

Následuje po několika kolech jednání o nabídkách. Zadavatel vyhlásí konečné vyhodnocení výsledků a rozhodnutí Zadavatele o výsledku výběrového řízení.

2.2.8. Vyhlášení vítěze

Poslední část, kdy s vítězem výběrového řízení vede Zadavatel jednání o konečné podobě smlouvy o poskytování energetických služeb tak, aby bylo možné přikročit k podpisu. Důležitou součástí smlouvy je i rámcový harmonogram projektu, který musí být dodržen.

2.3. Realizace projektu

2.3.1. Předběžné činnosti

V prvotní fázi je nutné připravit podklady pro tvorbu projektové dokumentace, provést přesnou pasportizaci stavebních objektů pro úpravy. Současně proběhne ověření informací z výběrového řízení, konkrétně referenčních hodnot, podmínky provozu či soulad předaných technických podkladů se skutečností. Následuje rozpracování rámcového harmonogramu, který je součástí smlouvy, do podrobnější podoby, která již reflektuje jednotlivé prováděné úpravy.

2.3.2. Hodnocení parametrů systémů

Důležitou součástí předběžných činností je podrobné ověření současného stavu, které lze zpravidla rozdělit do oddílů dle jednotlivých systémů – převzatý souhrn z metodické příručky (3):

Systém tepelné energie

- Zdroj tepla – vlastnické vztahy, počet samostatných okruhů, výkon, stav, provozní nastavení, způsob využívání, funkce pro přípravu TUV¹
- Zdroj chladu – typ chlazení, EER, možnost zapojení volného chlazení
- Regulace zdrojů – počet samostatných větví, typ regulace, stav, provozní nastavení, způsob využívání, oprávnění a přístupy
- Otopná soustava – počet otopných těles, typ a funkce termostatických ventilů, funkčnost termostatických hlavice, informace o přetápění či nedotápění místností
- Možnosti úprav – instalace nových technologií (např. kombinace výroby tepla a elektrické energie), úpravy provozního nastavení, rekonstrukce a modernizace dle návrhu v nabídce

Systém elektrické energie:

- Významné elektrospotřebiče – počty, typ, příkon, stáří, doba využití, způsob využívání
- Osvětlení – počty, typ, příkon jednotlivých světelných zdrojů, roční doba svícení
- Rozvaděče – velikost jističe, sazba, čtvrt hodinové maximum, napojené obvody

Systém zásobování vodou

- Sanitární zařízení – počty výtokových armatur, splachovacích nádržek
- Ostatní – hospodaření s dešťovou vodou, vrtané studny

¹ V této práci je použita zkratka TUV, tedy teplá užitková voda. Vzhledem k současné schválené terminologii by měl být použit název TV. Nicméně dle dohody mezi provozem KCP a realizačním týmem bude zachováno značení TUV, neboť je dle názoru zúčastněných výstižnější.

Vzduchotechnika a klimatizace:

- VZT jednotky – počet, výkon, stav, provozní nastavení, způsob využívání, provozní hodiny
- Systém zpětného získávání tepla (ZZT) – způsob ZZT (rekuperace, regenerace), stav, účinnost.

Tento proces se také někdy nazývá verifikace. Po těchto prohlídkách si ESCO vyžádá veškerou (relevantní) DSPS, pokud již nebyla poskytnuta při výběrovém řízení.

2.3.3. Komplexní zpracování projektové dokumentace

V případě některých projektů není projektová dokumentace nutná, pokud se jedná o náhradu zařízení metodou „kus za kus“, například staršího motoru za motor novější s vyšší účinností. Běžně dochází však k výměně osvětlení či instalaci perlátorů na výtokové armatury nebo výměnu oběhových čerpadel za novější úspornější model (s frekvenčním měničem) a k tomu již je projektová dokumentace potřeba. Avšak nemusí být součástí stavebního povolení.

V ostatních případech je zpracovávána běžná dokumentace v podrobnosti pro stavební povolení, zpravidla v jednostupňovém provedení pro stavební povolení a realizaci stavby s tím, že u některých rekonstrukcí nemusí být stavební povolení vyžadováno. Pro projekty EPC není nutné zpracovávat výkaz výměr, protože výše investice byla již určena výběrovým řízením. Výběr dodavatelů si ESCO volí samo, Zadavatel může upřednostnit své dodavatele. Při práci na projektové dokumentaci ESCO konzultuje úpravy se Zadavatelem a hotovou projektovou dokumentaci mu předkládá k připomínkování a schválení. Zde je důležité rozdělení rolí, kdy ESCO je navrhovatel, projektant a realizátor změn, nicméně Zadavatel je investorem, provozovatelem i (budoucím) majitelem realizovaných opatření. Tudiž je zapojení (pracovníků) Zadavatele nezbytné a veškerá dokumentace musí být před započítím samotné realizace schválena Zadavatelem.

2.3.4. Montážní provedení

Samotná instalace opatření probíhá již jako jakýkoliv jiný stavební projekt, tedy v následujících fázích:

- Předání a převzetí staveniště mezi klientem a ESCO, seznámení pracovníků s plánem BOZP a případnými specifiky daného provozu (nebezpečné látky, požární předpisy).
- Předání a převzetí staveniště či jeho částí mezi ESCO a subdodavateli, opět s plným seznámením s pravidly BOZP.
- ESCO vede stavební či montážní deník po celou dobu výstavby.
- V pravidelných intervalech probíhají schůzky Zadavatele a ESCO, tzv. kontrolní dny.

- Instalace opatření probíhá v souladu se schválenou projektovou dokumentací, závaznými právními předpisy a příslušnými technickými normami, případně i vnitřními předpisy Zadavatele.
- ESCO vypracuje po provedení opatření DSPS a provede za účasti Zadavatele dílčí či komplexní zkoušky společně se zaškolením oprávněných osob Zadavatele.
- Předání a převzetí díla, sepsání protokolu o tomto úkonu včetně předaných dokladů, popřípadě vad a nedodělků.
- Sepsání protokolu o odstranění vad a nedodělků.
- Zahájení provozu / kolaudační souhlas

2.4. Finanční specifika EPC

Ve fázi po (dílčím) předání díla je hlavním rozdílem u metody EPC způsob financování instalovaných opatření. Neprobíhá měsíční fakturace na základě platebního kalendáře, ani provedených prací, ESCO celý průběh úprav financuje z vlastních zdrojů (zpravidla bankovní úvěr). A po předání a převzetí díla je provedena fakturace ze strany ESCO směrem k Zadavateli na celou částku díla dle SES (Smlouva o energetických službách). Součástí faktury je i vyčíslení DPH v plné výši, se kterým může následně Zadavatel pracovat dle zákona o DPH. Navíc je k faktuře, dle SES, přiložen splátkový kalendář, který je vytvořený v souladu s příslušnou přílohou SES a respektuje dohodnuté rozložení plateb za instalovaná opatření po dobu trvání splácení. Součástí tohoto vyúčtování je rovněž vykázání výše úroků pro financování projektu EPC. Celková splátka za provedení opatření a zajištění financování je pokryta z garantovaných úspor provozních nákladů. Zpravidla je využito tzv. anuitních splátek, kdy splátka za každý časový úsek je totožná, úrok a úmor (splátka jistiny) se v čase mění ve prospěch úmoru.

2.4.1. Postoupení pohledávky

Po dokončení instalační fáze projektu, má Zadavatel závazek vůči ESCO, který může ESCO prodat na finančním trhu a ze získaných prostředků splatit úvěry na realizaci. Pohledávka Zadavatele je tak postoupena třetí osobě, které, stejně jako zadavateli, ručí ESCO za garantované parametry projektu. Výhodou tohoto postupu je snížení celkového zadlužení ESCO, které by mohlo rychle překročit pro finanční partnery (banky) únosnou mez, obzvláště u společností specializujících se na projekty EPC, realizující několik projektů ročně s trváním 8-10 let. Často je pohledávka postoupena přímo financující bance dlouhodobě spolupracující s ESCO ((4)- str. 31).

2.5. Poskytování energetického managementu

Od předání a převzetí díla probíhá poslední fáze projektu, průběh energetického managementu. ESCO sleduje spotřeby a provozní nastavení objektu. Dále je v součinnosti s pracovníky Zadavatele optimalizuje a obvykle v ročním intervalu vyhodnocuje dosažené úspory. Pokud není dosaženo garantovaných úspor, je ESCO povinno dle smlouvy rozdíl doplatit. Pokud jsou úspory překonány, má dle SES zpravidla ESCO nárok na prémii.

Pokud nebude dosaženo garantovaných úspor a výhledově v dalších letech trvání EPC úspory nedosáhne, může ESCO dle typických smluvních pravidel navrhnout „nápravná dodatečná opatření“. To jsou taková opatření, která způsobí zvýšení realizovaných úspor. Zadavateli je nutné přednést k připomínkám popis těchto opatření, předpokládaný vliv na úspory, způsob jejich realizace a náklady dodatečných opatření, byť jsou financovány výhradně ze strany ESCO. Přestože jsou opatření realizována a financována ze strany ESCO, stále podléhají připomínkám klienta.

V průběhu trvání energetického managementu předkládá ESCO Zadavateli návrhy dodatečných opatření na zvýšení energetické účinnosti, neboli „doporučená dodatečná opatření“. Popis těchto opatření je totožný jako u nápravných dodatečných opatření s tím rozdílem, že jsou plně financována Zadavatelem, jehož schválení tedy podléhají. Vzhledem k tomu, že tyto opatření mění celkovou cenu projektu, jsou realizována v režimu „víceprací“ dle příslušného ustanovení zákona o veřejných zakázkách.

ESCO zde obratně využívá nově dostupných informací o budově (u realizovaných projektů se zpravidla měří velké množství parametrů) a možnosti nabídnout například novou technologii přesně ve chvíli, kdy je tato technologie rentabilní.

2.6. Příklady harmonogramů

V předchozí části byly popsány jednotlivé fáze přípravy a realizace projektu EPC, Tabulka 3-3, shrnuje proces od rozhodnutí pro realizaci s pomocí poradce do podpisu smlouvy s ESCO, přičemž je zřejmé, že i při zcela optimálním průběhu projektu trvá realizace výběrového řízení i 10 měsíců. Na druhou stranu, úpravy realizované projektem EPC se zpravidla provádí s vidinou desetiletí fungování, tudíž z tohoto pohledu nejde o nikterak dlouhý termín. Samozřejmě mohou nastat komplikace, například při odvolání některého z účastníků k Úřadu pro ochranu hospodářské soutěže. Podrobně popisuje Tabulka 2-2.

Typický průběh projektu EPC, od výběrového řízení po ukončení poskytování energetického managementu, by mohl vypadat podle Tabulka 2-1.

Tabulka 2-1 - Celkový harmonogram projektu

Veřejná soutěž	jaro 2016
Uzavření smlouvy	9/2016
Projektová příprava, stavební povolení	10/2016 – 03/2017
Instalace opatření	04/2017 – 12/2017
Předání díla	12/2017
Zahájení vyhodnocování úspor	1.1.2018
Ukončení smlouvy	31.12.2029

Tabulka 2-2 - Harmonogram Zadávacího řízení (3)

Úkol	Doba trvání [dnů]	Zákonná lhůta
Zadávací řízení na konzultanta a administrátora VŘ	30	ne
Podpis smlouvy s konzultantem	15	ne
Prověrka majetku a zpracování analýzy vhodnosti EPC	45	ne
Uveřejnění Předběžného oznámení o zakázce	30	ANO
Uveřejnění Oznámení o zakázce	37	ANO
Vyhodnocení kvalifikace zájemců a schválení hodnocení Radou města	20	ne
Lhůta pro podání nabídek	40	ne
Předběžné hodnocení nabídek hodnotící komisí	10	ne
I. jednací s uchazeči - Zasedání hodnotící komise	10	ne
II. jednací s uchazeči - Zasedání hodnotící komise	10	ne
III. jednání s uchazeči – Zasedání hodnotící komise	10	ne
Závěrečné hodnocení nabídek	10	ne
Prostor pro námítky	15	ANO
Jednání o smlouvě	15	ne
CELKEM	297	

2.7. Legislativní požadavky

Existenci poskytovatelů služby EPC, společností ESCO, umožňuje z české legislativy zákon č. 406/2000 Sb., který v § 10e definuje smluvní vztahy u smluv o energetických službách a v následujícím paragrafu § 10f definuje způsob evidence poskytovatelů energetických služeb. Správcem tohoto seznamu je Ministerstvo průmyslu a obchodu. Seznam k 31.10.2016 je přílohou číslo 1.

Z hlediska zákona o veřejných zakázkách jsou zpravidla soutěže EPC pořádány jako „jednací řízení s uveřejněním“ ((3) – str. 19) Tento způsob je pro zadavatele náročnější, na druhou stranu přehlednější a umožňuje vybrat lepšího dodavatele s podporou externí poradenské organizace.

2.7.1. Jednací řízení s uveřejněním

Jedná se o formu zadání veřejné zakázky, kdy Zadavatel přímo předpokládá, že nabídkové ceny jednotlivých uchazečů budou vzájemně neporovnatelné, dle § 23 odst. 3 písm. a), řídí se zákonem 137/2006 Sb., Neporovnatelnost je u metody EPC téměř jistá, neboť se zpravidla liší nejen předpokládaná cena zakázky, ale i celé technické řešení projektu a další související podmínky – náklady na související energetický management a finanční náklady na úvěr.

Prvním bodem celého řízení je uveřejnění oznámení pro dodavatele o konání řízení, které vyzve k prokázání kvalifikace. Následně je Zadavatel oprávněn stanovit minimální počet zájemců (minimálně 3), které vyzve k podání nabídek. Současně musí Zadavatel uvést, zda bude počet uchazečů během jednotlivých kol jednání snižován, nebo ne.

Po uplynutí lhůty pro podání nabídek oznámí Zadavatel předběžné výsledky hodnocení a vyzve jednotlivé uchazeče k jednání o jejich nabídkách. Zde může Zadavatel, pokud tak stanovil při zadání, omezit počet uchazečů na předem stanovený počet.

Následuje jednání s jednotlivými uchazeči, zpravidla jednotlivě, nebo hromadně, o jednotlivých aspektech. Cílem je pro Zadavatele dosáhnout co nejnvýhodnějších podmínek. Z toho důvodu je z každého jednání vypracován protokol, který podepisují zástupci Zadavatele i uchazeče a který doplňuje podanou nabídku a je tak zcela závazný, nicméně díky tomu má vliv na hodnotící kritéria.

Po posledním jednání dojde k úpravě smlouvy, do které jsou kromě původních údajů z nabídky uchazeče zaneseny i veškeré dosažené výsledky jednání. Pokud by nebyly zahrnuty původní, jednáním nedotčené, údaje z nabídky, Zadavatel nesmí takto postavenou smlouvu přijmout.

2.7.2. Jednací řízení bez uveřejnění

Jedná se o nestandardní řešení, které lze aplikovat pouze ve výjimečné situaci, vyplývající z § 23 odst. 1 výše zmíněného zákona. Ta nastává, pokud se v otevřeném řízení, užším řízení či jednacím řízení s uveřejněním nepřihlásil žádný dodavatel, případně žádná z nabídek nebyla vhodná. V tom případě je Zadavatel oprávněn přistoupit k vyhlášení jednacího řízení bez uveřejnění, nicméně Zadavatel nesmí podstatně změnit zadávací podmínky a jednací řízení bez uveřejnění musí zahájit bezodkladně po zrušení předchozího řízení (§ 23 odst. 3).

Dalším z důvodů pro užití jednacího řízení bez uveřejnění je stav, kdy z technických či uměleckých, případně autorsko-právních důvodů může zakázku plnit pouze jediný dodavatel. Může jít o potřebu zakoupit konkrétní umělecké dílo, případně doplnit technické vybavení o komponentu kompatibilní s ostatními (§ 23 odst. 4 písm. a)). Posledním z důvodů je tzv. krajně naléhavý případ, který je Zadavatelem nepředvídatelný a nezaviněný, s časovou tísni. (§ 23 odst. 4 písm. b)).

3. Modernizace zdrojů tepla Kongresového centra Praha, a.s.

V době zpracovávání diplomové práce prováděla společnost ENESA, a.s. v prostorách Kongresového centra Praha, a.s. (dále jen KCP) projekt EPC. Tato kapitola se věnuje především modernizaci kotelny a přílehlé strojovny s popsáním návazností na ostatní technologie, neboť práce s energiemi je v KCP po zásahu firmy ENESA navzájem provázaná do jednoho funkčního celku.

V rámci rekonstrukce byly provedeny následující práce:

Ve strojovně tepla:

- Nahrazeny všechny 4 původní kotle následujícími novými zdroji tepla:
 - 1x kaskáda kondenzačních kotlů. Pro využití chladnějších zpáteček jsou vybaveny přídatným přípojným hrdlem pro napojení na studený sběrač.
 - 2x dvoupalivový kotel s ekonomizérem – palivem je zemní plyn a ELTO (extra lehký topný olej).
 - 1x kogenerační jednotka pro výrobu elektrické a tepelné energie s ekonomizérem s možností kondenzace spalin.
- Změněna hydraulika základního rozvodu zdroje z konstantních průtoků zdroji (zrušeno přepouštění ohřáté otopné vody z Rozdělovače do Sběrače) na variabilní průtok zdroji s konstantní tlakovou diferencí mezi Rozdělovače a Sběračem o hodnotě ± 0 kPa.
- Instalace druhého sběrače otopné vody pro připojení zpětných větví s teplotou pod bodem kondenzace spalin (studený sběrač).
- Změněn systém tlakového jištění a doplňování – ze soustavy s tlakovou expanzní nádobou s tradičním vzduchovým polštářem na systém přímého automatického doplňování odplynování soustavy. Tento systém je společný pro soustavy chlazení i vytápění.
- Původní nerezové expanzní nádoby byly využity jako akumulční zásobníky pro TUV a akumulční zásobník při výrobě chladu.
- Nahrazena většina oběhových čerpadel bez řízení otáček novými čerpadly s řízenými otáčkami (integrováný frekvenční měnič (dále FM)), nebo alespoň s doplněním externího FM (mokroběžná cirkulační čerpadla).
- Byly zaizolovány hlavní rozvody a veškeré rozvody v kotelně a strojovně.

V ostatních částech objektu:

- osazení nového chladicího stroje s výrazně vyšší efektivitou výroby chladu (otáčky kompresoru řízeny pomocí FM),
- zprovozněn systém free-cooling (volného chlazení), zajišťuje výrobu chladu pro budovu do venkovní teploty přibližně 12°C a současně ohřívá přírodní vzduch ve strojovnách úpravy vzduchu,

- vyměněny vzduchové výměníky v nasávacích kanálech centrálních vzduchotechnických jednotek včetně systému ZZT, vyměněny předsazené filtry,
- Nainstalován systém měření CO₂,
- Nainstalováno přibližně 70 FM pro elektromotory ventilátorů systému VZT,
- vyměněno osvětlení s instalací stmívačů,
- instalován spořič energie,
- instalovány perlátory na výtokové armatury.

3.1. Původní stav

Původní kotelna, zprovozněná v sezóně 1979/1980, byla vybavena čtyřmi dvoupalivovými nízkotlakými teplovodními kotly Buderus OMNIMAT 11 PG 500, každý o výkonu 5,8 MW. Celkový výkon kotelny byl tedy 23,2 MW. Kotle byly zapojeny do kaskády se zabezpečením trvalého průtoku. Vedle standardního zabezpečení byl systém kotelny vázán na chod stroje vzduchotechniky, přičemž pokud tato vazba nebyla ručně vyřazena, došlo při vypnutí VZT jednotky k uzavření hlavního uzávěru plynu. Kotle byly vybaveny hořáky Weishaupt RGL 70/2 ZM-NR. Hořáky byly dvoupalivové (Zemní plyn, ELTO), přičemž hořáky kotle 2, 3 a 4 byly seřizeny na zemní plyn a výkon 5 146 kW, zatímco kotel číslo 1 byl seřizen na spalování ELTO pro vyšší účinnost kotle v případě odstávky dodávky zemního plynu.

3.2. Nový stav

3.2.1. Kaskáda kotlů Hoval (K1)

V prostoru kotle číslo 4 byla instalována kaskáda z dvou dvojic kondenzačních kotlů Hoval Ultragas 2000D s jmenovitým výkonem (při teplotním spádu 80/60°C a provozu na zemní plyn) 199kW-1854kW. Účinnost kotle složeného ze dvou samostatných kotlů dosahuje při provozu na plný výkon 98,3 %, nicméně při provozu na 30 % výkonu dosahuje 108,1 %, což je způsobeno vlivem tepla předaného kondenzací, neboť s ním výpočet účinnosti nepočítá, vychází ze spalného tepla (v tomto případě zemního plynu). Kaskáda má svoji vlastní regulaci, která ji řídí dle požadavků na množství tepla a nulový diferenční tlak mezi rozvaděčem a sběračem (viz podkapitola 3.5.6). Chová se tedy z pohledu nadřazeného řídicího systému jako jeden kotel. Kotle nepotřebují zajistit minimální průtok.

Není bez zajímavosti, že i pro obsluhující personál může toto řízení působit chaotickým dojmem, kdy při obdobném požadavku na teplo může běžet jakákoliv kombinace (je zde ale souvislost s počtem provozních hodin, kaskáda se je snaží srovnávat). Značení kotlů je K1.1.1, K1.1.2, K1.2.1 a K1.2.2, respektive K1.1 a K1.2 pro dvojkotle.



Obrázek 3-1 - Dvojkotel Hoval K1.1

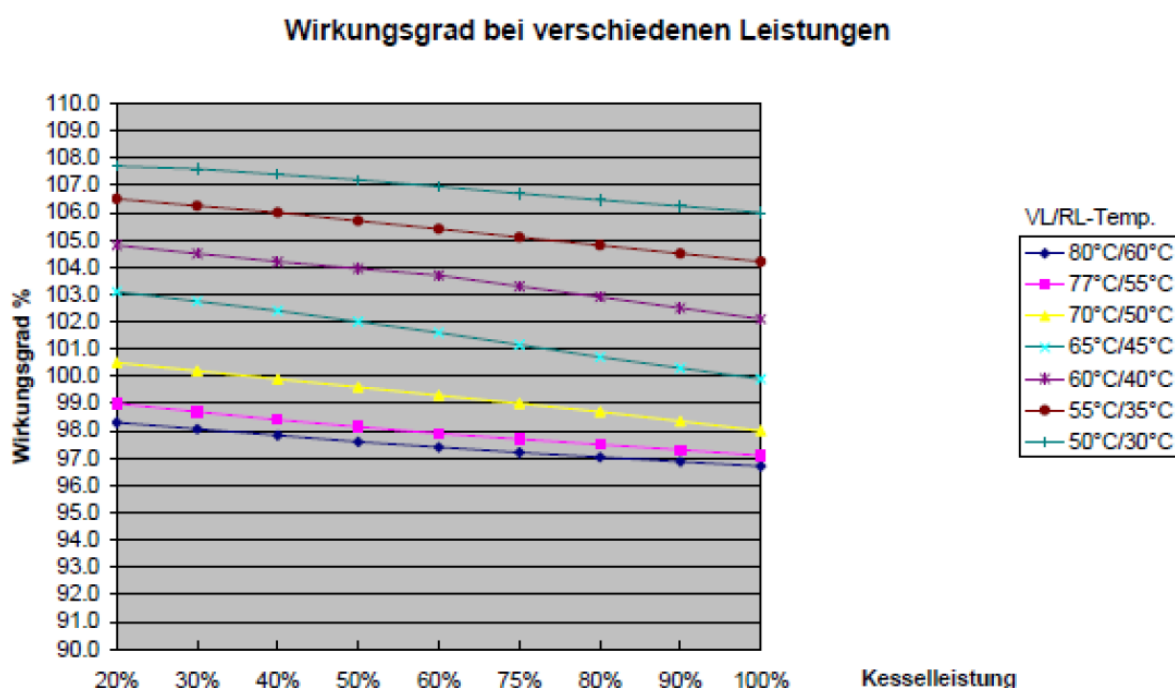
Zapojení aplikované v kotelně KCP je vybaveno dvojitým vstupem vratné vody do kotle (tzv. studená a teplá zpátečka). Přívodní potrubí je zapojeno do různých oblastí kotlového tělesa pro co nejlepší stratifikaci teplot v kotlovém tělese a tím i maximální možnou kondenzaci. Tato možnost zapojení je dle podkladů výrobce doplňkovým příslušenstvím. (5)



Obrázek 3-2 - Napojení dvojkotle Hoval

Na obrázku vidíme v pořadí od země napojení studené zpátečky, teplé zpátečky a přívod otopné vody do strojovny. Uzavírací armatury mohou jeden z kotlů oddělit a nechat samostatně pracovat v provozu pouze druhý.

Při procesu verifikace (ověřování – viz 2.3.2) byly vytipovány okruhy, respektive zpátečky, které jsou vždy teplé, například některé ze vzduchotechnických jednotek a takové, jejichž teplota je proměnlivá dle stavu systému. Proměnné větve byly napojeny jak do sběrače teplých zpáteček, tak do sběrače studených zpáteček a jejich ovládání je řešeno pomocí servopohonů umístěných na zaústění do sběračů. Tím bude ovládána teplota v obou sběračích pro optimální provoz celého systému, především zmíněné kaskády kotlů Hoval. Vliv, jaký má pokles teploty zpátečky na účinnost, přináší graf na Obrázek 3-3. Výňatek z technického listu Hoval je přílohou číslo 3.



Obrázek 3-3 - Závislost účinnosti kotlů Hoval na výkonu a teplotním spádu

3.2.2. Kogenerační jednotka Tedom

Kogenerační jednotka TEDOM CENTO L500 disponuje elektrickým výkonem 500 kW a tepelným výkonem 653 kW, který je rozdělen mezi primární okruh (578 kW), technologický okruh (45 kW) a ekonomizér (30 kW). Palivem je zemní plyn a teplo se předává do primárního a technologického okruhu, přičemž primární okruh je standardně napojen na systém vytápění, zatímco technologický okruh slouží jako předehřev TUV deskovým výměníkem do zásobníků, každý disponuje kapacitou 6 800 litrů. V případě nízkého požadavku na ohřev TUV je možné odvádět teplo skrz teplovzdušnou jednotku typu Sahara do prostoru garáží, kde bude mimo zimní období mařeno. Označení jednotky je KGJ. Jednotka je vybavena spalínovým ekonomizérem EKO 4, který získává ze spalín dodatečnou energii pro

přehřev primárního okruhu, teplota spalin je přibližně 120 °C za běžným spalínovým výměníkem a teplota vratné vody 70 °C při jmenovitém provozu. Technická specifikace jednotky je přílohou číslo 4.

Důležité je podotknout předpoklad Zadavatele, podle kterého bude neustále poptávka po elektrické energii vyrobené jednotkou, neboť energetické požadavky KCP výrazně překračují možnosti výroby v této jednotce a to nepřetržitě. Jedním z důvodů kontinuální vysoké spotřeby elektrické energie je informační technika vybraných dlouhodobých nájemců prostor.



Obrázek 3-4 - kogenerační jednotka

3.2.3. Kotle Bosch

Vybavení kotelny doplňují dva kotle Bosch s označením K2 a K3, které jsou typově značeny jako UNIMAT UT-L 32 s nominálním výkonem 4000 kW, umožňující spalování jak plynu, tak topného oleje (ELTO). Proto budou následující hodnoty uváděny vždy ve formátu „plyn/olej“. Účinnost na jmenovitý výkon je 96,3 % / 96,4 %, celkový tepelný výkon je 4155 kW/4150 kW, tedy i s ekonomizérem na spalinách, který má výkon 185,15 kW/174,84 kW. Teplotní spád je pro obě paliva 100/60 °C.



Obrázek 3-5 - Kotel Bosch K3

3.2.4. Ekonomizér ECO 4

Je umístěný na primárním okruhu KGJ před vstupem otopné vody do jednotky. Účelem je vyšší vychlazení spalin odcházejících z jednotky a tím pádem zvýšení celkové účinnosti. Výkon ekonomizéru je 30 kW, zapojení je protiproudé.

3.2.5. Ekonomizér ECO 7

Integrovaný v kotli Bosch UNIMAT UT-L 32, s výkonem 185,15 kW/174,18 kW pro plyn/olej. Tento ekonomizér je z nákladových důvodů vyrobený z pozinkovaného plechu, tudíž je kondenzace nepřipustná. Minimální teplota vstupní vody do ekonomizéru je nastavena na 70°C, tedy nedochází v ekonomizéru ke kondenzaci vody ze spalin jak v případě provozu na plyn, tak na ELTO.

3.2.6. Expanzní automat

Nedílnou součástí celé sestavy je i expanzní automat, konkrétně typu Variomat Giga GH100 doplněný expanzními nádobami o objemu 4x4000 litrů. Systémy chlazení a vytápění jsou zásobovány chemicky upravenou vodou z vlastního provozu v budově, který současně zásobuje i chladicí věže (méně upravenou vodou).

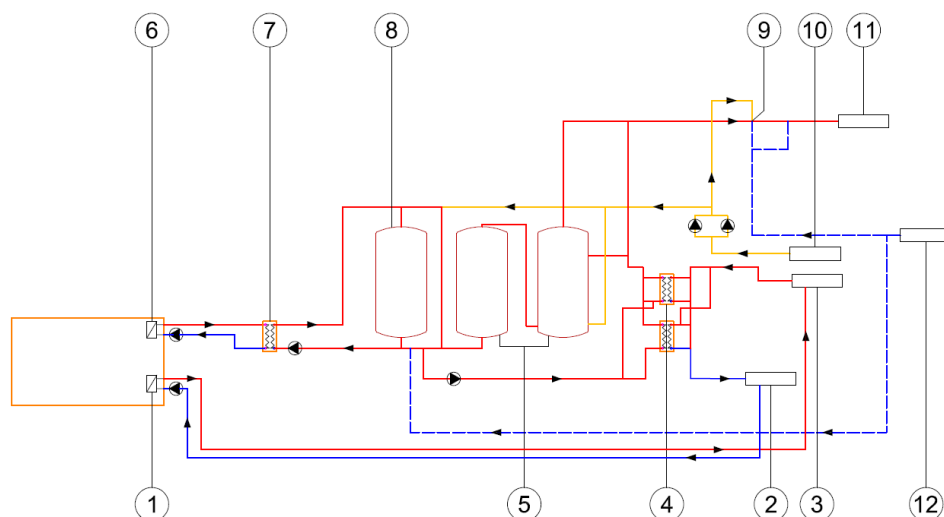


Obrázek 3-6 - Expanzní automat

Tlak v soustavě je automatem udržován na hodnotě 4,1-5,7 bar. Specifickým řešením použitým v KCP je umístění expanzních automatů pro systém chlazení a vytápění do jedné místnosti s možností propojením obou okruhů. Výhodou tohoto zapojení je možnost odplyňování technologické vody pro chlazení.

3.3. Příprava TUV

Teplá užitková voda je připravována ve třech zásobnících {5,8} pomocí trojice deskových výměníků tepla, přičemž jeden slouží k předehřevu {7}, další dva k ohřevu {4} na požadovanou teplotu. O přimíchání teplé vody do systému cirkulace se stará směšovací ventil {9}:

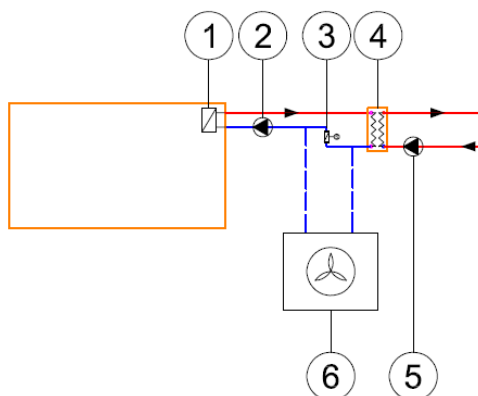


Obrázek 3-7 - Základní schéma přípravy TUV

1 – sekundární okruh KGJ, 2 – Sběrač topné vody TS1, 3 – Rozdělovač topné vody TR1, 4 - dva deskové výměníky o výkonu 125 kW, 5 – Sériově zapojené zásobníky TUV, 2x 6800 litrů, 6 – technologický okruh KGJ, 7 – deskový výměník o výkonu 300 kW, 8 – zásobní nádrž předehřevu o objemu 6800 litrů, 9 – čtyřcestná směšovací armatura JRgumat, 10 – Sběrač cirkulace teplé užitkové vody, 11 – Rozdělovač teplé užitkové vody, 12 – Přívod pitné vody

3.3.1. Technologické chlazení KGJ

Technologický okruh kogenerační jednotky {6} potřebuje na vstupu maximálně 35°C, teplotní spád je 4°C, přičemž průtok {2} je regulovaný KGJ. Tato energie je využívána na předehřev ve třetím zásobníku přes deskový výměník {4}. Regulace je zajištěna pomocí čerpadla na straně teplé vody {5}, kdy čerpadlo osazené frekvenčním měničem je řízeno dle teploty na vstupu do deskového výměníku. Pokud je již akumulací kapacita třetího zásobníku TUV vyčerpána, přepíná pro dochlazování technologického okruhu chladič voda-vzduch {6}, umístěný před kotelnou u nájezdové rampy. V tomto případě jako chladič je použit teplovzdušný ohřivač typu Sahara, v zimním období vytápí prostor garáží, v letním období teplo maří. Vstup do ventilátoru je řízený uzavírací armaturou na zkratu před ohřivačem {3}.



Obrázek 3-8 - Schéma technologického okruhu kogenerační jednotky

1 – výměník technologického okruhu v KGJ, 2 – čerpadlo topné vody na konstantní otáčky při běhu KGJ, 3 – uzavírací klapka pro připojení KGJ, 4 – deskový protiproudý výměník s výkonem 300 kW, 5 – čerpadlo strany teplé užitkové vody – s řízením otáček, 6 – ventilátor s vodním tepelným výměníkem Sahara

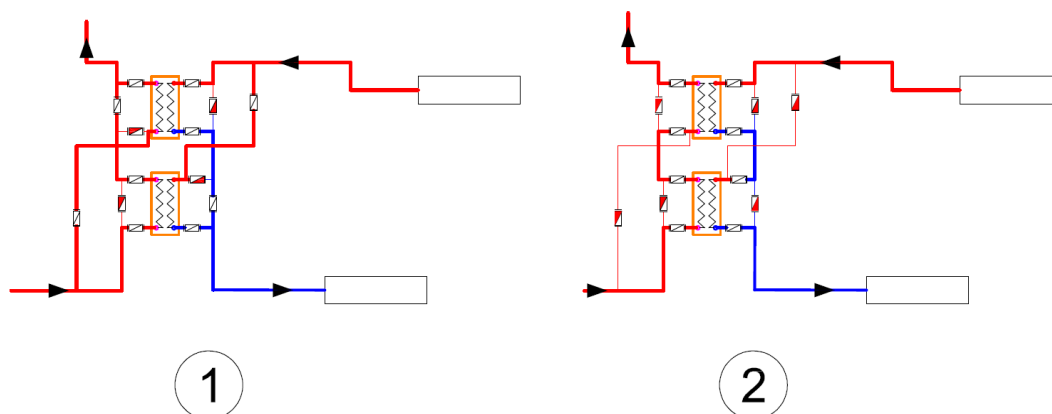


Obrázek 3-9 - Deskový výměník TO KGJ a čerpadlo na straně TUV

3.3.2. Zapojení deskových výměníků

Hlavním zdrojem pro přípravu TUV je otopný systém, napojený je přímo na Rozdělovač TR1. Dva deskové protiproudé výměníky Alfa Laval o výkonu 125 kW jsou instalovány tak, aby bylo možné je provozovat jak v paralelním, tak v sériovém zapojení. Případně lze tyto zapojení brát jako kvalitativní či kvantitativní, kdy v případě očekávaného požadavku na velké množství teplé užitkové vody lze ručně změnit režim pomocí přestavení klapek. Běžný

provozní režim je sériové zapojení, výhodou je získání chladnější vody na otopné straně a současně vyššího rozdílu teplot vstupní a výstupní vody na straně zásobníků TUV.



Obrázek 3-10 - Detail zapojení deskových výměníků

1 – paralelní zapojení, 2 – sériové zapojení; červeně označené klapky značí uzavření.



Obrázek 3-11 - Zapojení deskových výměníků

V neposlední řadě následující uspořádání, oproti variantě jednoho výměníku s dvojnásobnými parametry, umožňuje provádět údržbu (čištění výměníku) a servis za plného provozu budovy, bez jakéhokoliv přerušení dodávek TUV.

3.3.3. Termostatický směšovací ventil TA-MATIC

Získání správné teploty na výstupu do soustavy TUV je zajišťováno pomocí termostatického směšovacího ventilu TA-MATIC, který směšuje teplou vodu přiváděnou ze zásobníků se studenou vodou a cirkulací. Pro správnou funkci ventilu je nutné, aby teplota přiváděné vody byla minimálně o 5 °C vyšší než nastavená žádaná výstupní teplota. Výňatek z technického listu je přílohou číslo 5.



Obrázek 3-12 - Směšovací ventil TUV TA-MATIC

3.3.4. Režim samotné KGJ pouze na přípravu TUV

Napojením na hlavní Rozdělovač/Sběrač TR1/TS1, který zajistí standardní systém ohřevu TUV pomocí nabíjecího okruhu. Pro tuto akumulaci slouží první a druhá nádrž, celková kapacita je tedy 13 600 litrů. Teplota pro odpojení nabíjení je buď 55°C v zimním období, nebo v letním období 70°C a umožňuje tak samostatný provoz KGJ mimo topnou sezonu. Při provozu na poloviční výkon (deskové výměníky mají výkon 2x125 kW) vypadá teoretické plné nabíjení nádrží následovně:

- KGJ - výkon 250kWe, 326kWp
- Studená voda: 12°C
- Teplá voda: 70°C
- Objem zásobníků: 13 600 litrů
- Teplotní kapacita vody: 4180 J/kg.K

$$t = \frac{M \cdot c \cdot \Delta t}{P}$$

$$t = \frac{13600 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}} \cdot 58 \text{ K}}{326 \text{ kW}} \cong 10100 \text{ s} \cong 2,8 \text{ h}$$

Při zanedbání ztrát v rozvodech kotelny a nulovém odběru je tedy možné nabít zcela studený zásobník za necelé 3 hodiny. V provozu ale k takové situaci nedojde, požadavky na teplou vodu jsou průběžné a navíc je teplem pro přípravu teplé vody zásobována i budova C, tedy objekt hotelu.

Samotné nabíjení probíhá sepnutím čerpadel na obou stranách okruhu, přičemž regulace teplotou výstupní TUV (žádaná +2 °C) mění otáčky čerpadla na straně otopné vody. Regulace čerpadla na straně TUV probíhá dle teploty vratné vody z cirkulace. Je požadována hodnota o 2 °C vyšší a podle toho jsou regulovány otáčky čerpadla. Po dosažení žádané teploty (55 °C / 70 °C) jsou čerpadla vypnuta.

3.3.5. Akumulační zásobníky

Tři nerezové akumulční zásobníky, každý o objemu 6800 litrů, vznikly při rekonstrukci přestavbou z expanzních nádrží. Byly zaizolovány tepelnou izolací a doplněny vypouštěcím potrubím svedeným ke vpusti. Třetí z nádrží slouží pro předehřev pomocí chlazení kogenerační jednotky, další dvě jsou zapojeny sériově a jejich účelem je akumulace teplé vody. Důvodem pro takto vysokou akumulaci je především konání vybraných kulturních akcí, především divadelních představení a muzikálů, kdy je nárazová poptávka po (teplé) vodě během přestávky v produkci.

3.4. Technologické návaznosti

V této sekci jsou popsány technologie jiných částí provozu KCP, které ale do provozu kotelny přímo, tedy odběrem tepla, nebo nepřímo zasahují. Jde především o systémy dohřevu, free-coolingu a zpětného získávání tepla v centrálních strojovnách VZT a samozřejmě, v případě zpětného získávání tepla, i v centrální strojovně odtahových ventilátorů.

3.4.1. Glykolové hospodářství

Je nutné poznamenat, že termín glykol není zcela na místě, neboť chemicky se jedná o ethan-1,2-diol, známý pod obchodním názvem Fridex Stabil -20°C od tradičního výrobce Velvana Velvary. Nicméně v rámci provozu KCP se název natolik ustálil, že jsem se jej rozhodl zachovat i v této práci. Jedná se o samostatnou soustavu, která místo vody, jakožto teplotnosného media, používá zmíněný Fridex. Od ostatních částí systému přejímá či předává teplo pomocí deskových výměníků voda-glykol (Alfa Laval) a vzduchových hliníkových výměníků glykol-vzduch, součástí jsou mimo oběhových čerpadel i dva zásobníky se souhrnnou kapacitou 50 000 l a míchací nádrž o objemu 6 000 l.

Free-cooling, dohřev a ZZT v nasávacích kanálech

Nasávání čerstvého vzduchu probíhá v 2PP skrz dva centrální nasávací kanály, které odebírají čerstvý venkovní vzduch z úrovně terénu. Po průchodu nově opravenými filtry s vložkami

z mastného skla prochází vzduch výměníky, které jsou složeny ze tří částí. První modul ze systému free-cooling, je nejbližší venkovnímu prostoru a jeho účelem je vyrobit studenou vodu (7 °C) pro technologické chlazení a ušetřit energii nutnou na kompresorové chlazení v zimních měsících, neboť budova má totiž stálou potřebu technologického chladu na úrovni přibližně 240 kW (chlazení technologie, IT zázemí). Při tomto zapojení je odpadní teplo z chlazení efektivně využito k předehřevu venkovního vzduchu, který následně vstupuje do druhé části vzduchového výměníku, kterým je modul zpětného získávání tepla (ZZT).

Modul ZZT odebírá teplo z centrální odtahové strojovny C9 umístěné v 6NP. Přínosem vyššího ohřevu přicházejícího vzduchu pomocí ZZT a free-cooling již v tomto bodě, na úkor dohřevu v jednotlivých jednotkách, je snížení ztrát a snížení teploty topné vody na sběrači, což podpoří kondenzaci v kondenzačních kotlích a zvýší tak jejich účinnost. Dle technických listů od výrobce Hoval je možné přivádět topnou vodu ochlazenou až na 30°C.

Poslední částí je modul dohřevu, který je ohříván teplem ze strojovny vytápění, opět přes deskový výměník s oddělením do glykolu.

3.4.2. Chemická úprava vody

V budově je vlastní úprava vody, popsána v podkapitole 3.4.2.. Speciálním případem je technologický okruh kogenerační jednotky, který je uzavřený a nepropojený s další soustavou (spojuje jednotku a dva výměníky) a tudíž otopná voda mohla být doplněna inhibitorem koroze, který se při případném vypouštění projeví výrazným zápachem.

3.5. Provoz kotelny

Provoz kotelny je provizorně řízen pomocí požadované teploty na hlavním rozdělovači TR1, kterou volí obsluha technického dispečinku dle požadavků na provoz budovy, venkovní teploty a zkušenosti dispečera. Po dokončení projektu bude řízení dle poptávky ventilů VZT nebo dle ekvitemní křivky. Jednotlivé kotle jsou zapojeny do kaskády automaticky, případně manuálně řízeny. Provoz čerpadel je řízen buď z požadavku zdroje, nebo dle tlakové difference mezi rozdělovači a sběrači.

3.5.1. Zdroje a prvky soustavy

Během topného období je jako první zdroj kaskády zapojena kogenerační jednotka Tedom (K0), u které je vzhledem ke kombinované výrobě snaha o maximální využití, což při topném příkonu 653 kW představuje dostatečně nízký podíl, tudíž kogenerační jednotka může pracovat v nepřetržitém provozu téměř po celé otopné období.

V kaskádě následují kotle Hoval (K1), které tvoří samostatnou kaskádu čtyř kotlů zapojených po dvou paralelně, nicméně z hlediska nadřazeného řídicího systému se chovají „jako jeden kotel“. Jejich vnitřní řízení i rozdělování výkonu zajišťuje řídicí systém Hoval. S modulací výkonu 199 kW – 3708 kW představují flexibilní zdroj, který se dovede přizpůsobit podmínkám.

V případě, že je teplota na rozdělovači nadále nedostatečná, připíná i první z kotlů Bosch (K2/K3), podle počtu provozních hodin, s maximálním výkonem 4155 kW. V případě požadavku na maximální výkon kotelny se připíná i druhý kotel Bosch (K2/K3).

V případě výpadku jakéhokoliv zdroje, nebo ručního odpojení obsluhou, je kaskáda posunuta o jeden stupeň, tedy například při výpadku či odstavení kogenerační jednotky startují kotle Hoval, naopak při výpadku celé kaskády Hoval (a požadavku na teplo) startuje první kotel Bosch. Následující text pojednává o jednotlivých kotlech, startovní a vypínací pokyny jsou popsány v podkapitole 3.5.6.

3.5.2. Kogenerační jednotka Tedom

V následujícím textu použiji značení kWe pro elektrický výkon a kWp pro tepelný výkon, neboť kogenerační jednotka má celkový výkon složený ze dvou složek a v tomto případě jsou rozdílné. Konkrétně tato jednotka má výkon 500 kWe a 653 kWp, přičemž ten se ještě dělí mezi sekundární okruh s ekonomizérem na odvodu spalin (608 kWp) a technologický okruh (45 kWp) při jmenovitém teplotním spádu 90/70 °C. Jednotka může být provozována při teplotě vratné vody 30-70 °C při jmenovitém průtoku 7,3 kg/s v sekundárním okruhu a 2,5 kg/s v technologickém okruhu. Regulace umožňuje provoz na 50 % - 100 % jmenovitého výkonu. Celková jmenovitá účinnost s ekonomizérem je 92,2 %, přičemž tepelná účinnost je 52,2 %.

Současně platí, že výkon s klesající teplotou přiváděné vratné vody roste, dle následující tabulky převzaté z technické specifikace:

Tabulka 3-1 - Závislost tepelného výkonu na teplotě vratné vody KGJ

Teplota vratné vody	50	55	60	65	°C
Orientační tepelný výkon	667	664	660	656	kW

Vzhledem k současnému stavu, kdy trvalá spotřeba elektrické energie budovy převyšuje výkon kogenerační jednotky, je snaha o využití 6 000 hodin ročně (předpoklad SES). Z toho důvodu je během zimního období jednotka provozována nepřetržitě mimo zásahů údržby a jiných mimořádných situací.

3.5.3. Kaskáda kotlů Hoval (K1)

Stacionární kondenzační kotle Hoval, konkrétně typ UltraGas 2000D, jsou zapojeny dva paralelně. Jelikož se jedná o ocelové dvojkotle, kdy každý je složený ze dvou jednotlivých kotlů, jedná se o celkem 4 kotle s výkonem °1000kW každý, při nominálním teplotním spádu 40/30°C. Při spádu 80/60°C je jmenovitý výkon 199-1854kW, přičemž typicky je výstupní voda z kotle o teplotě 62-67°C, tudíž se kotel provozně pohybuje přibližně uprostřed mezi jmenovitými hodnotami z technického listu. Průtok je proměnný, pro celý dvojkotel dle podkladů výrobce 0-36 kg/s (0-130 m³/h).

Zvláštností kotlů Hoval, především oproti ostatním zdrojům instalovaným v kotelně, je rozdělení přívodních větví na studenou a teplou zpátečku – umožňuje tak dosahovat vyššího stupně kondenzace a současně vyšší výstupní teploty, než za předpokladu pouze jedné přívodní větve - Obrázek 3-2.

3.5.4. Kotle Bosch (K2/K3)

Dvojice kondenzačních kotlů s ekonomizéry Bosch UNIMAT UT-L má nominální výkon 4000 kW, respektive 4150 kW s ekonomizérem a při provozu na zemní plyn za teplotního spádu 100/60 °C. Maximální průtočné množství vody je 88,5 m³/h (přibližně 25 kg/s), minimální 9,5 m³/h. Kotle Bosch, na rozdíl od kotlů Hoval, jsou zapojeny zcela samostatně a stejně se k nim přistupuje z hlediska nadřazeného řídicího systému.

Tabulka 3-2 - Souhrn parametrů zdrojů

	K0 (KGJ)	K1 (Hoval)	K2 (Bosch)	K3 (Bosch)
Výkon (kW)	653	3708	4150	4150
Vstupní teplota (°C)	40-70	40-90	50-60	50-60
Výstupní teplota (°C)	60-90	30-70	70-100	70-100
Δt (max - °C)	20	20	40	40
Průtok (m ³ /h)	25,92	0-159,6	10-86,1	10-86,1
Regulace dle (par.)	Výkon	Teplota	Teplota	Teplota
Řídící napětí (V)	0-10	0,5-10	2-10	2-10

3.5.5. Rozdělovače TR1 a sběrače TS1a, SS1b1 a SS1b2

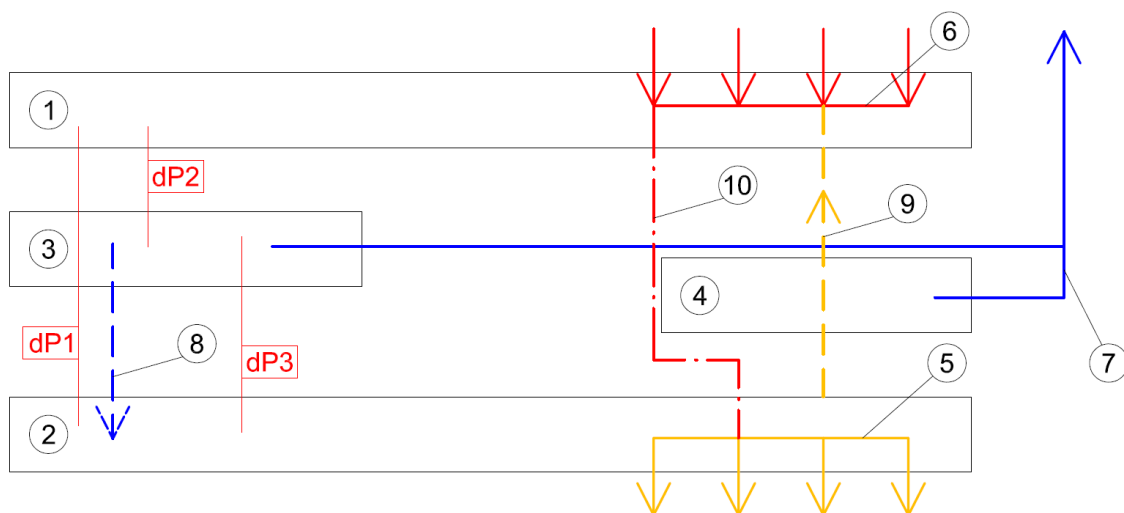
Strojovna vytápění, která sousedí s kotelnou, je po rekonstrukci vybavena kromě rozdělovače TR1 (dále „Rozdělovač“) a sběrače TS1a (dále „Sběrač“) také dvojicí sběračů SS1b1 a SS1b2. Jak již zkratky naznačují, jedná se o „TS - teplý“ a „SS - studený“ sběrač, kdy jsou všechny vratné větve svedeny do teplého sběrače, u vybraných s odbočkou do studeného sběrače. Oba studené sběrače jsou propojeny a následně vyvedeny do spodního přívodu kotlů Hoval, další propoj je realizován do teplého sběrače. Odbočka do studeného sběrače je instalována u větví, u kterých se předpokládá chladnější zpátečka než u ostatních. Jde o vratná potrubí z vzduchotechnických jednotek, centrálních přehřevů strojoven C1 a C2 (nasávací kanály) a podružných sběračů TS2-TS9.



Obrázek 3-13 - Sběrače a Rozdělovač

Na Obrázek 3-13 je v popředí Sběrač TS1a, třetí až šestá větev jsou zpátečky k jednotlivým zdrojům. Za Sběračem je sběrač SS1b1 a nejvíce vzdálený od místa pořízení fotografie je Rozdělovač TR1.

Mezi Rozdělovačem a sběrači je nainstalováno měření diferenčního tlaku, stejně tak mezi oběma sběrači navzájem, viz následující schéma.



Obrázek 3-14 - Rozdělovač, sběrače a jejich souvislosti

1 – rozdělovač TR1, 2 – sběrač TS1a, 3 – sběrač SS1b1, 4 – sběrač SS1b2, 5- zpátečky k jednotlivým zdrojům, 6 – přívody od jednotlivých zdrojů, 7- studené zpátečky ke kotlům Hoval, 8 – propoj SS1b1 a TS1a, 9 – bypass KGJ, 10 – předehřev KGJ/Bosch kotly Hoval

3.5.6. Řízení soustavy

Pouze kvalitně provedené a přesné řízení otopné soustavy může zajistit nejen komfortní užívání budovy, ale také efektivní a ekonomický provoz. Je možný provoz automaticky řízené kaskády, ve které jsou zapojeny všechny zdroje, nebo též z provozních důvodů jakákoliv podmnožina, kdy technický dispečink odpojí vybraný zdroj či zdroje z kaskády. Následující text vznikl na základě pracovní verze technické zprávy (6). Složené závorky v následujícím textu odkazují na Obrázek 3-14 uvedený výše.

Provoz kogenerační jednotky

Před spuštěním kogenerační jednotky bez ostatních zdrojů tepla je třeba zajistit tyto podmínky:

- 100% otevření ventilu na propojce TS1a-TR1 {bod 9 předchozího obrázku},
- 100% otevření ventilu na propojce TS1a-SS1b1 {bod 8}.
- Zapnutí VZT kotelny
- Odvod tepla z technologického okruhu KGJ a odvod tepla vzduchotechnikou z prostoru pod kapotou stroje.

Následně proběhne pokyn pro spuštění KGJ, který:

- Otevře ventil na výstupu z KGJ.
- Spustí čerpadlo na požadovaný konstantní průtok 25,92 m³/h.

Následně je provozována soustava na přetlak na Rozdělovači ve výši 3 kPa, při poklesu žádané teploty na Rozdělovači se snižuje požadovaný výkon po jednotce. Současně při nárůstu přetlaku na Rozdělovači jsou otevírány propojky podružných Rozdělovačů/Sběračů na větvích, ve kterých je v chodu čerpadlo. Tímto procesem se zahájí akumulace tepla do rozvodů, vzroste teplota zpátečky do sběrače.

K odstavení KGJ dojde při:

- Dalším požadavku na snížení výkonu jednotky (pod 250 kWe).
- Nárůst teploty vratné vody nad 65 °C.
- Výpadku přívodní VZT.

Opětovné spuštění nastane při poklesu teploty na Rozdělovači o 5 °C pod požadovanou hodnotu po dobu déle než 5 minut. Z důvodu ochrany před opotřebením může být KGJ odstavena pouze dvakrát do hodiny.

Provoz kogenerační jednotky a kaskády K1

Spuštění totožné jako předchozí bod, kromě uzavření ventilů na propojkách TS1a-TR1 {9} a TS1a-SS1b1 {8}. Pro následné zapnutí kaskády K1 je nutné splnit následující podmínky:

- Požadavek na 100 % výkon KGJ.
- Teplota na Rozdělovači o 5 °C nižší než požadovaná po dobu 10 minut.

Při zapínání dojde na následující operace:

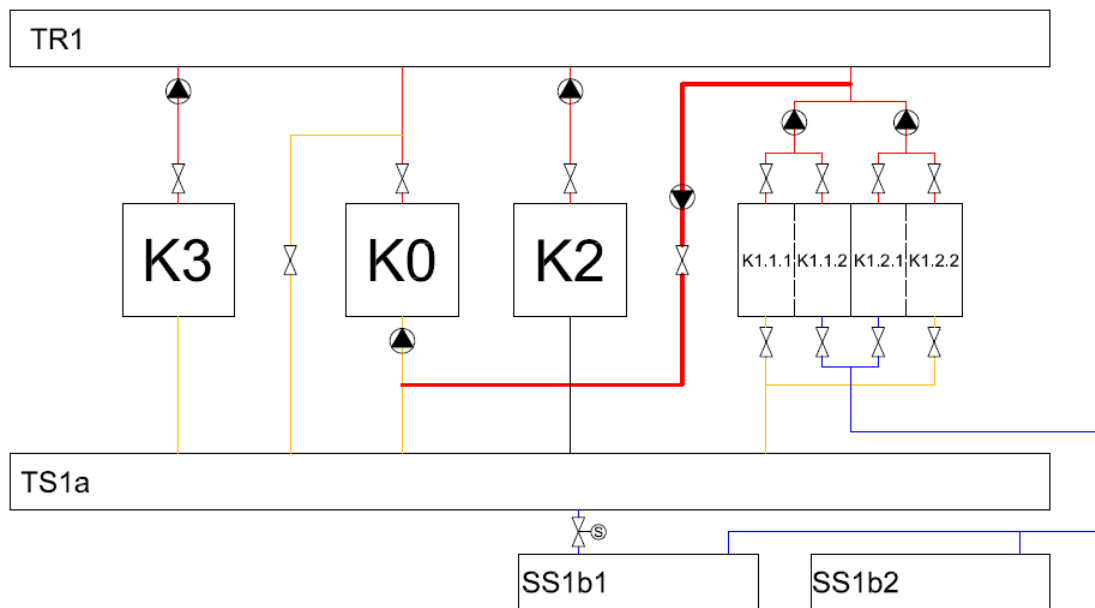
- Otevření ventilů na studené a teplé zpátečce na vstupu do kotle.
- Spuštění čerpadla s požadavkem na regulaci diferenčního tlaku na Rozdělovači na hodnotu ± 0 kPa.

Následně regulace vzhledem k požadované teplotě na Rozdělovači mění požadovanou teplotu na výstupu z kaskády, která je předaná vnitřní regulaci Hoval, která následně reguluje jednotlivé jednotky.

Operátor má, například z důvodu servisních zásahů, možnost odpojit jakoukoliv ze samostatných jednotek Hoval, vnitřní řídicí systém umožňuje provoz s jednou až čtyřmi jednotkami v jakékoliv kombinaci.

Při provozu současně K1 a K0 se nadále spustí okruh předehřevu KGJ (Obrázek 3-15).

- Zapnutí okruhu čerpadla předehřevu zpátečky do KGJ.
- Regulace teploty přiváděné vody do KGJ na maximálně 68°C .
- Z důvodu regulace KGJ je nutné zachovat dynamiku změny teploty zpátečky maximálně o 1°C za 1 min.



Obrázek 3-15 – Schéma zapojení větve zpátečky do KGJ z K1

Provoz kogenerační jednotky, kaskády K1 a kotle Bosch

Splněny podmínky jako v předchozím stavu:

- Žádaný výkon KGJ je 100 %.
- Žádaná teplota výstupu K1 je totožná s teplotou na Rozdělovači.
- Otáčky čerpadla jsou nastaveny na diferenční tlak ± 0 kPa.
- Předehřev zpátečky KGJ nastaven na průtok 22 m^3 a současně maximální teplota 68°C .

Navíc splněno:

- Teplota v Rozdělovači je nižší o 5 °C oproti požadované po dobu 10 minut
- Výkon minimálně jedné jednotky Hoval je 95 % po dobu 5 minut.

Při náběhu jsou sepnuta příslušná čerpadla, především malý kotlový okruh, který zajistí, aby teplota zpátečky vstupující do kotle neklesla pod 50 °C.

Oba kotle Bosch jsou zapojeny do kaskády obdobně jako kotle Hoval, je tudíž možné operátorským zásahem jeden z nich odstavit, načež druhý se posune v celkové kaskádě kotelny na vyšší pozici.

Provoz kaskády K1 a kotle/ů Bosch

Jinými slovy režim bez provozu kogenerační jednotky. Regulace bude následující:

K1 (Hoval):

- Teplota bude dle žádané teploty na Rozdělovači.
- Otáčky čerpadla dle regulace na nulový diferenční tlak mezi Rozdělovačem a Sběračem.

K2+K3 (Bosch):

- Při nedosažení teploty na Rozdělovači se zvyšuje žádaná teplota na kotli a následně otáčky hlavního čerpadla kotle. Čerpadlo současně podléhá omezení na teplotu zpátečky, kdy při 50°C je možný pouze minimální průtok.

Provoz samostatné kaskády K1

Při samostatném chodu kaskády Hoval, platí následující požadavky:

- Uzavření všech propojek mezi Rozdělovačem a Sběrači.
- Otevření ventilů na vstupu a výstupu z jednotlivých kotlů, nastavení požadované výstupní teploty dle žádané teploty na Rozdělovači.
- Regulace otáček čerpadel na nulovou tlakovou diferenci mezi Rozdělovačem a Sběračem.
- Opět platí regulační pravidlo kaskády K1, jakýkoliv kotel může být obsluhou libovolně odebrán z vnitřně řízené kaskády.

Automatizovaný provoz všech zdrojů

V tomto režimu je celá kotelna ovládána automaticky, přičemž dispečer pouze upravuje žádanou teplotu na rozdělovači (po dobu do konce rekonstrukce, následně ekvitermně). Alternativně je možnost provozu zdrojů dle časového programu (především KGJ).

Start K0:

- Podmínka: teplota na Rozdělovači nižší o 5 °C pod požadovanou teplotu po dobu 5 minut.
- Podmínka: otevření propojek mezi Rozdělovačem a Sběrači.
- Regulace: konstantní průtok je 25,92 m³/h, konstantní výkon je 100 %.

- Regulace: při tlakové diferenci vyšší než 3 kPa nastává akumulace do rozvodů mezi strojovou a podružnými rozdělovači a sběrači.
- Vypnutí: při nárůstu zpátečky do KGJ nad 65 °C.

Start K1:

- Podmínka: teplota na Rozdělovači nižší o 5 °C pod požadovanou teplotou po dobu 5 minut.
- Podmínka: KGJ v provozu na plný výkon, jsou uzavřené propojky.
- Regulace: žádaná teplota pro Rozdělovač je rovna žádané teplotě pro K1 (Hoval).
- Regulace: čerpadla s frekvenčním měničem – úprava otáček tak, aby bylo dosaženo diferenčního tlaku 0 na Rozdělovači.
- Regulace: Předehřev KGJ – konstantní průtok 22 m³/h, regulace teploty do KGJ na maximálně 68 °C.
- Vypnutí: teplota na Rozdělovači je po dobu 5 minut vyšší než teplota žádaná a zároveň žádaná teplota pro Hoval je nižší než 52 °C, výstupní teplota nižší než 50 °C a zároveň je výkon všech jednotek 0 %.

Start K2/K3:

- Podmínka: Teplota na Rozdělovači nižší o 5 °C pod požadovanou teplotou po dobu 5 minut.
- Podmínka: KGJ na plný výkon, minimálně jedna jednotka K1 na 95 % a více, uzavřené propojky
- Regulace: dle teploty na Rozdělovači, podle ní odvozená požadovaná teplota pro kotel Bosch a otáčky hlavního čerpadla, průtok kotlem nesmí klesnout pod 9,5 m³/h při minimální teplotě zpátečky 50 °C.
- Vypnutí: Žádaná teplota na kotli Bosch je nižší než 72 °C a současně teplota na výstupu z kotle je nižší než 72 °C.

Start K3/K2 (druhý kotel):

- Podmínka: Zapnutí při běhu prvního kotle na 50 % a více.
- Podmínka: KGJ na plný výkon, K1 na 95 %+ a uzavřené bypasy.
- Regulace: totožná s první jednotkou Bosch – teplota odvozená od teploty na Rozdělovači, minimální průtok 9,5 m³/h a minimální teplota zpátečky 50 °C.
- Vypnutí: Nastává při signálu pro hlavní čerpadlo ve výši 5 % či méně.
- Poznámka: ke střídání kotlů Bosch na pozici „prvního kotle“ dochází pravidelně po 120 hodinách běhu.

Provoz samostatného kotle K2/K3

Při provozu samostatného kotle Bosch (K2 nebo K3) je třeba regulovat teplotu zpátečky tak, aby byla vyšší než požadovaných 50 °C, což lze dosáhnout pomocí předehřevu pro KGJ, který v tomto stavu fakticky propojí Rozdělovač se Sběračem. Tento propoj je možno regulovat jak uzavřením ventilu, tak otáčky čerpadla pro získání požadované teploty na Sběrači.

Provoz kogenerační jednotky s kotlem K2/K3

Kotel K2/K3 bude zapnut při splnění podmínky nedostatečné teplotě na Rozdělovači o 5 °C po dobu 5 minut oproti žádané teplotě. Nutný je plný výkon kogenerační jednotky a také uzavření propojek.

Regulace probíhá řízením hlavního čerpadla kotle K2/K3 na tlakovou diferenci ± 0 kPa a výkon kotle je regulován dle teploty Rozdělovače.

Vypnutí nastane při poklesu žádané teploty na kotli Bosch je nižší než 72 °C a současně teplota na výstupu z kotle je nižší než 72 °C.

Při připojení druhého kotle Bosch je nutná totožná regulace pro oba kotle Bosch, což nastává, pokud výkon prvního kotle Bosch překročí 50 %, nebo požadavek na výkon hlavního čerpadla dosáhne 100 %.

Výhody provozované regulace

Mimo výhod plynoucích z regulace na tlakový rozdíl, tedy provozu čerpadel s frekvenčními měniči na potřebné otáčky, je hlavní výhodou provedení kombinování výhod jednotlivých kotlů, které ještě podtrhuje rozdělení sběračů dle teplot, které udrží kaskádu kondenzačních kotlů v co nejvyšší kondenzaci a současně, pomocí předeřevu dalšího zdroje (KGJ, kotel Bosch), je získána i vyšší požadovaná teplota na Rozdělovači.

3.6. Alternativní úpravy systému

V této části práce jsou popsány další možná vylepšení systému přípravy tepla, nebo alternativní možnosti řešení provedené rekonstrukce. Například nahrazením některých použitých technologických postupů jinými či instalací variantních zdrojů tepla. Je vhodné upozornit, že rekonstrukce byla provedena, vzhledem k charakteru metody EPC. Tedy byly maximálně využity hospodárné možnosti úprav systému. Proto u každé úpravy bude i zdůvodnění, proč pravděpodobně nebyla realizována, nebo kde autor spatřuje slabinu řešení.

3.6.1. Kondenzační kogenerační jednotka

V projektu plánovanou kogenerační jednotku by bylo možné nahradit kogenerační jednotkou kondenzační. Výhoda je zjevná, pokud v jednotce dosáhneme kondenzace spalin, zvýší se tepelná účinnost jednotky o několik procent. Jedním z výrobců takových kogeneračních jednotek dodávaných na český trh je například společnost Bosch. Tabulka 2-1 přináší klíčové technické údaje použité jednotky TEDOM ve srovnání s konkurenčními kondenzačními kogeneračními jednotkami Bosch. Výňatek s technickými parametry jednotek Bosch je přílohou číslo 6.

Tabulka 3-3 - Srovnání instalované jednotky Tedom s jednotkami Bosch.

Výrobce	Tedom	Bosch	Bosch	Bosch
Jednotka	CENTO L500	CE240NA	CE365NA	CE400NA
Výkon elektrický (kWe)	500	240	365	400
Výkon tepelný (kWp)	653	374	425	445
Výkon tep. s kond. (kWp)	667	428	489	511
Účinnost elektrická (%)	40	35,9	38,2	38,5
Účinnost tepelná (%)	52,2	55,9	44,5	42,9
Účinnost tep. s kon. (%)	53,4	64,0	51,2	49,2
Celková účinnost (%)	92,2	91,8	82,7	81,4
Celková účinnost s kond.(%)	93,4	99,9	89,4	87,8
délka (mm)	5 750	4 380	5 300	5 300
šířka (mm)	2 550	1 510	1 660	1 660
výška (mm)	2 750	1 980	2 472	2 472
Hmotnost	9 910	6 100	6 950	6 950

Z pohledu provozovatele je nejdůležitějším parametrem účinnost, neboť pokud při předpokládaném provoz 6 000 hodin ročně (jako v KCP), budeme uvažovat výkon 500 kWp a účinnost 90 % (jednotka A) a totožnou jednotku s o 1 % vyšším tepelným výkonem, což znamená zvýšení celkové účinnosti o méně než 1 %, dojdeme ke změně hodnot dle Tabulka 3-4. Zvýšený příjem při odhadnuté ceně tepla je více než milion korun za 20 let, což lze požadovat za životnost KGJ.

Tabulka 3-4 –Vliv účinnosti na finanční příjem

Jednotka	A	B
Provoz (h)	6000	6 000
Tepelný výkon (kWh)	500	505
Roční produkce (GJ)	10800	10 908
Rozdíl (GJ)		108
Cena (Kč/GJ)		500
Roční zvýšení příjmů (Kč)		54 000
Zvýšení příjmů za 20 let (tis. Kč)		1 080

Z Tabulka 3-4 vyplývá, že zvažovat náhradu jednotky Tedom jednotkami CE365NA a CE400NA s nižší celkovou účinností není ekonomicky výhodné, pokud je hlavní parametr hodnocení účinnost. Pro některé aplikace by mohly být výhodou menší rozměry (především šířka) a hmotnost (u CE400NA), přestože výkon jednotek Bosch je také o něco nižší.

Náhrada dvojicí jednotek CE240NA již dává z pohledu účinnosti smysl, neboť bez kondenzace je rozdíl v účinnostech pouhých 0,4 %, ale při plné kondenzaci jednotka Bosch dosahuje až 99,9 %².

Výhody alternativního řešení:

- Při plné kondenzaci o 6,5 % celková vyšší účinnost než jednotka Tedom,
- Vyšší flexibilita provozu (možnost provozu jedné jednotky ze dvou),

Nevýhody tohoto řešení:

- V součtu větší zastavěný prostor, pokud je požadován obslužný prostor ze všech stran, případně jen z čela a jednoho boku, ale není možné jednotku zrcadlově otočit, znamená to výrazně větší obslužný prostor.
- nižší elektrická účinnost o celých 4,1 %.
- Pravděpodobně vyšší investiční náklady na jednotku výkonu.

Zjevný nedostatek alternativního řešení je především nižší elektrická účinnost. Výměnou by investor získal +10,6 procentních bodů tepelné energie, ale následkem je -4,1 procentních bodů elektrické energie. Výhodné je to tedy výhradně pro investory, pro které jsou náklady na výrobu elektrické energie nižší než přibližně 2,5 násobek nákladů na výrobu tepla, při předpokladu plného využití vyprodukovaných energií v budově.

3.6.2. Zásobník s PCM

Látky s fázovou přeměnou (PCM – phase change materials) se využívají k zvýšení akumulační schopnosti zásobníků tepla či chladu. Využívají efektu změny skupenství, kdy je možné dodat/odebrat latentní teplo. Zpravidla mají tedy teplotu tání/tuhnutí v intervalu, v jakém se pohybuje běžně teplota nabitého a vybitého zásobníku. Častokrát mají podobu koulí o průměru několik centimetrů, případně dlouhých válců, či plátů, které vyplní zevnitř část objemu akumulační nádoby tak, aby kolem nich mohla kapalina volně protékat a přebírat/odevzdávat tepelnou energii.

Jak bylo zmíněno dříve, strojovna ústředního topení je vybavena třemi zásobníky teplé vody s kapacitou po 6 800 litrech. Přičemž v prvním zásobníku je předehřívána studená voda technologickým (chladícím) okruhem kogenerační jednotky, další dva zásobníky slouží jako vyrovnávací pro vyrovnávání nárazových požadavků v soustavě, voda v nich je tedy ohřátá na 45-55 °C, v letním období se předpokládá rozsah až do 70 °C, pro prodloužení intervalů startu KGJ.

Teoreticky jsou adepty na využití v energetice některé anorganické hydráty, organické parafíny, kyseliny i aromavodíky (7) . Tabulka 3-5 shrnuje parametry látek využitelných především pro uchování tepla, nás povětšinou teplo roztavení a také bod tání, neboť kolem něj

² Nejedná se o téměř dokonalý stroj, vzhledem k využití kondenzace spalin je tato hodnota vztažená ke spalnému teplu, které při přepočtu na výhřevnost má teoretické maximum 110,9%, pokud budeme uvažovat tranzitní plyn při 15 °C a 101 325 Pa (13).

by se měla teplota v námi navrženém zásobníku pohybovat, například akumulční zásobník pro podlahové vytápění by využil látku s výrazně nižší teplotou tání, než zásobník TUV.

Například v ČR se momentálně komerčně prodává akumulční zásobník pro rodinné domy, který obsahuje látku s fázovou přeměnou. Jedná se o Regulus Latento XXL new, tedy užití latentního tepla naznačuje název. Protože se jedná ale primárně o trivalentní zásobník (solární ohřev, topný okruh, elektrické topné těleso), je zde od výrobce pouze 20 kg nespécifikovaného vosku (parafínu), o kterém uvádí teplotu tání 65°C a celkovou kapacitu latentního tepla 1,1 kW. Protože vodní objem nádrže je 500 litrů, je teplotní kapacita změny o jeden stupeň:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t = 500 \text{ kg} \cdot \frac{4180 \text{ J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 1 \text{ K} = 2,09 \text{ MJ} = 0,58 \text{ kW}$$

Latentní teplo tedy nemá na akumulční schopnosti zásobníku výrazný vliv, při poměru 20 kg parafínu na 500 l nádrže v podstatě snižuje teplotu v nádrži od 65 °C výše o 2 °C a tím i ztráty. Vosk lze dokoupit, nicméně se nejedná o levnou záležitost, maloobchodní cena 25 kg balení je přibližně 5 tisíc korun. Právě cena vosku je pravděpodobně hlavním důvodem, proč se technologie více nerozšířila.

Tabulka 3-5 - Přehled vhodných látek s fázovou přeměnou pro teplotní zásobník. (7), str. 152

Látka	Teplota tání (°C)	Teplo roztavení (kJ/kg)	Tepelná vodivost (W/mK)	Hustota (kg/m ³)
<u>Anorganické</u>			kapalné/pevné sk.	kapalné/pevné sk.
MgCl ₂ ·6H ₂ O	117	168,6	0,57/0,694	1450/1569
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	89	162,8	0,49/0,611	1550/1636
Ba(OH) ₂ ·8H ₂ O	78	265,7	0,653/1,255	1937/20270
Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	36	146,9	0,464	1828/1937
CaBr ₂ ·6H ₂ O	34	115,5		1956/2194
CaCl ₂ ·6H ₂ O	29	190,8	0,54/1,088	1562/1802
<u>Organické</u>				
Parafín	64	173,6	0,167/0,346	790/916
Polyglykol E400	8	99,6	0,187	1125/1228
Polyglykol E600	22	127,2	0,189	1126/1232
Polyglykol E6000	66	190		1085/1212
<u>Mastné kyseliny</u>				
Kyselina stearová	69	202,5		848/965
Kyselina palmitová	64	185,4	0,162	850/989
Kyselina dekanová	32	152,7	0,153	878/1004
Kyselina kaprinová	16	148,5	0,149	901/981
<u>Aromáty</u>				
Bifenyl	71	119,2		991/991
Naftalen	80	147,7	0,132/0,341	976/1145

V případě aplikace v KCP, při zachování poměru vody a parafínu 25:1 a osazení do prvních dvou nádrží se jedná o 544 kg parafínu, který dokáže akumulovat latentním

teplem necelých 30 kWh. Toto číslo opět odpovídá zvýšení teploty v obou nádržích o 2 °C, tudíž pokles ztrát (při teplotě okolí – strojevný – například 25 °C), není nijak výrazný, teplotní spád by se snížil ze 42 K na 40 K a to pouze při teplotě v zásobníku 65 °C a více. Při výrazném snížení cen parafinů a aplikaci, kdy se často překračuje teplota tání, tedy v tomto případě 65 °C, by mohla aplikace látky s fázovou přeměnou být smysluplnou i pro akumulaci tepla. Situace v akumulaci chladu je zcela opačná, neboť možnost akumulovat energetický ekvivalent 2 °C v celé nádrži je u chladu, vzhledem k nižším teplotním spádům systémů (typicky 6/12 °C), velmi výraznou výhodou.

3.6.3. Regulace elektrické sítě

Předně je třeba říci, že v tuto chvíli není možné s malými zdroji poskytovat služby spojené s regulací sítě. Nicméně, podle velké části odborné veřejnosti jsme na začátku transformace elektrizační soustavy směrem k decentrální energetice. K tomuto jevu přispívá svým malým dílem i rekonstrukce KCP, konkrétně instalací kogenerační jednotky. Tento proces s sebou přinese i potřebu rychlejší regulace a její posun blíže ke spotřebitelům. Pravděpodobně vzniknou nové kategorie podpůrných služeb (PPS) poptávaných servisní organizací ČEPS, zajišťující provoz přenosových sítí.

V současnosti jsou mimo primární a sekundární regulace využívány (8):

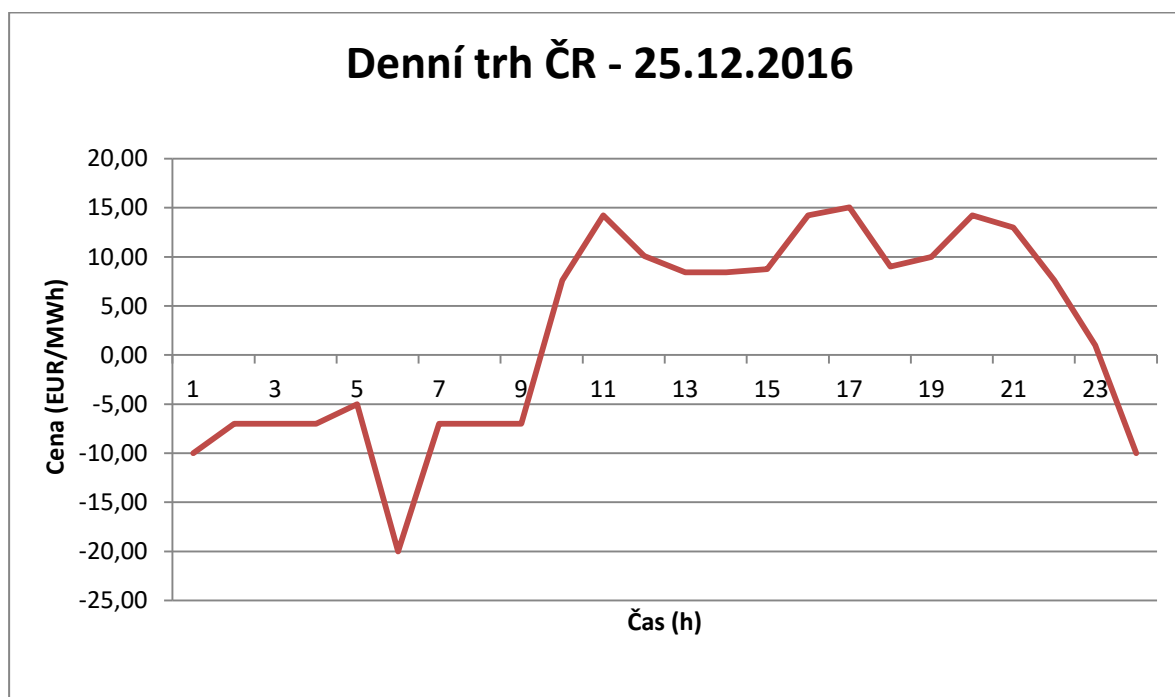
- **Minutová záloha 15minutová kladná (MZ15+)**
Poskytovatel garantuje, že na pokyn dispečinku ČEPS do 15 minut zvýší o určenou hodnotu výkon do soustavy, nebo naopak odpojí své spotřebiče ze soustavy (v soustavě bude více energie => záloha kladná). Minimální změna výkonu je stanovena na 10 MW a trvání změny je časově neomezené.
- **Minutová záloha 15minutová záporná (MZ15-)**
- Opět na pokyn dispečinku provede poskytovatel opačný postup, sjednaný výkon ve svých spotřebičích buď připojí, nebo naopak sníží výkon svých zdrojů připojených do soustavy, minimální změna je také 10 MW s neomezeným trváním.
- **Snížení výkonu (SV30)**
Provozovatel je do 30 minut schopen garantovat snížení odběru o minimálně 30 MW a garantuje toto změnu po dobu maximálně 24 hodin.

Jak je zřetelné ze současných specifikací, není reálné, aby budova, byť velikosti KCP, dokázala upravit svoji elektrickou spotřebu o 10 MW a držet tuto změnu po dobu desítek hodin. Pokud ale nepřijde změna od poskytovatele síťových služeb, může se objevit operátor, který spojí více budov dohromady a bude je centrálně řídit. Tato skupina desítek či stovek centrálně řízených budov pomocí automatického systému, které se na určitém území (například Praha) budou na požadované odchylce podílet. Mohou se nejen sečíst výkony, ale také střídat, dle možností akumulace jednotlivých objektů. Podobné projekty prochází v zahraničí momentálně testovací fází, dokonce i s obchodní platformou (9). V ČR proběhl projekt Smart region Vrchlabí, který se zaměřil i na testování možnosti rozdělení celorepublikové sítě na nezávislé ostrovní sítě (10).

Vzhledem k požadavku na neomezené trvání je možné v KCP takovou změnu realizovat pouze na kogenerační jednotce, u které by bylo možné garantovat při plném provozu zápornou zálohu ve výši 0,5 MW za předpokladu stabilního nepřetržitého provozu v topném období. Případně, pokud by byl stabilní provoz například na 80 % výkonu, mohla by jednotka poskytovat zápornou zálohu ve výši 0,4 MW (odstává se) a kladnou zálohu ve výši 0,1 MW (přejde na plný výkon). Obě operace jsou do 15 minut proveditelné.

Průvodním jevem úprav v elektroenergetice v posledních letech jsou výkyvy ve výrobě a tím způsobené výkyvy v tržních cenách na krátkodobých obchodních trzích. Cena elektrické energie se odvíjí od poptávky a nabídky, tudíž v rámci hodin mohou být na trzích rozdíly i v řádu násobků, což se nejvíce projevuje během víkendů a svátků viz Obrázek 3-16, kdy cena klesá krátkodobě do záporných hodnot. K tomuto jevu dochází vlivem zvětšujících se krátkodobých nesouladů mezi poptávkou a nabídkou, které způsobují velký rozptyl cen silové elektrické energie, v zahraničí dokonce k pravidelným poklesům až záporných hodnot (11). Jedním z důvodů je příklon k obnovitelným zdrojům a odklon od jaderné energetiky a uhelné energetiky na celoevropské úrovni. Častěji než záporné ceny se objevují nízké (kladné) ceny v hodinách s velkou produkcí a malou spotřebou (typicky během slunných, větrných víkendových dní). Druhou variantou, jak využít dříve neobvyklých stavů v elektrizační soustavě, je tedy mít možnost rychlé spotřeby velkého množství elektrické energie, například během pouhé hodiny. Toto řešení předpokládá odvážnější nakupování elektrické energie od dodavatele, tedy nikoli za pevnou cenu na měsíce či celý rok dopředu, ale za pohyblivé ceny po dnech či dokonce po hodinách. Reakci na takové situace lze realizovat buď s využitím schopností akumulace tepla/chladu (běh chladicího stroje s akumulací do rozvodů, zařízení elektrických topných těles do zásobníků TUV), nebo například spuštěním VZT pro předchlazení/předtopení pro prostory vytápěné CZT. Další optimalizace by bylo možné dosáhnout ve spolupráci s nájemci KCP, například formou odložených startů myček nádobí (pokud je to provozně možné), předchlazením chladicích boxů (v určitém teplotním rozmezí), případně řízením teploty v bazénu fitcentra (při aktivním řízení provozu kogenerační jednotky).

Z podstaty se budou vyskytovat i případy opačných situací, kdy cena elektrické energie bude z distribuční sítě vysoká. V tento moment se vyplatí výroba KGJ na maximum, využití akumulovaných energií z předchozích období a omezení vzduchotechniky v prostorech, kde není výskyt osob, posunutí startu časově řízených spotřebičů na jiné období.



Obrázek 3-16 - Cena elektrické energie na denním trhu 25. 12. 2016 (11)

3.6.4. Úpravy bez instalace kogenerační jednotky

Dalším z alternativních řešení je neinstalovat kogenerační jednotku vůbec, neboť se jedná v podstatě o doplňkovou činnost, která je investičně nákladná a zatěžuje odpovědné pracovníky administrativou spojenou s komunikací vůči ERÚ (Energetický regulační úřad) a dalšími regulatorními parametry. Navíc, pokud se neúměrně zvýší cena zemního plynu, či klesne cena elektrické energie, kogenerační jednotka bude muset být odpojena, jelikož její výroba nebude pokrývat ani provozní náklady. Tento stav navíc podporuje momentální situace (12/2016), kdy není vypsána žádná dotační podpora pro kogenerační zdroje na konvenční paliva dokončené od roku 2012. V případě zmíněných vysokých cen zemního plynu a nízkých cen elektrické energie by bylo v jednotce zbytečně alokováno mnoho investičních prostředků.

4. Spotřeba energie a vody provozu KCP

Již vzhledem k velikosti budovy musí být provoz jakéhokoliv kongresového centra energeticky náročný. Navíc, pořadatelé společenských událostí (neboť centrum není využíváno jen pro kongresy, ale i plesy, muzikálová představení, výstavy a podobně) vyžadují dokonalý teplotně-vlhkostní komfort pro účastníky své akce.

4.1. Zobrazení měsíčních spotřeb

Pro vyhodnocování projektu EPC se tradičně využívají měsíční ruční odečty fakturačních měřidel, byť jsou tyto měřidla povětšinou napojeny na systém měření a regulace. Na následujících stranách jsem zpracoval měsíční odečty výkonů zdrojů tepla do Sankeyova diagramu, konkrétně období červenec-prosinec 2016: K vytvoření diagramů byla použita aplikace francouzských tvůrců – Open Sankey.

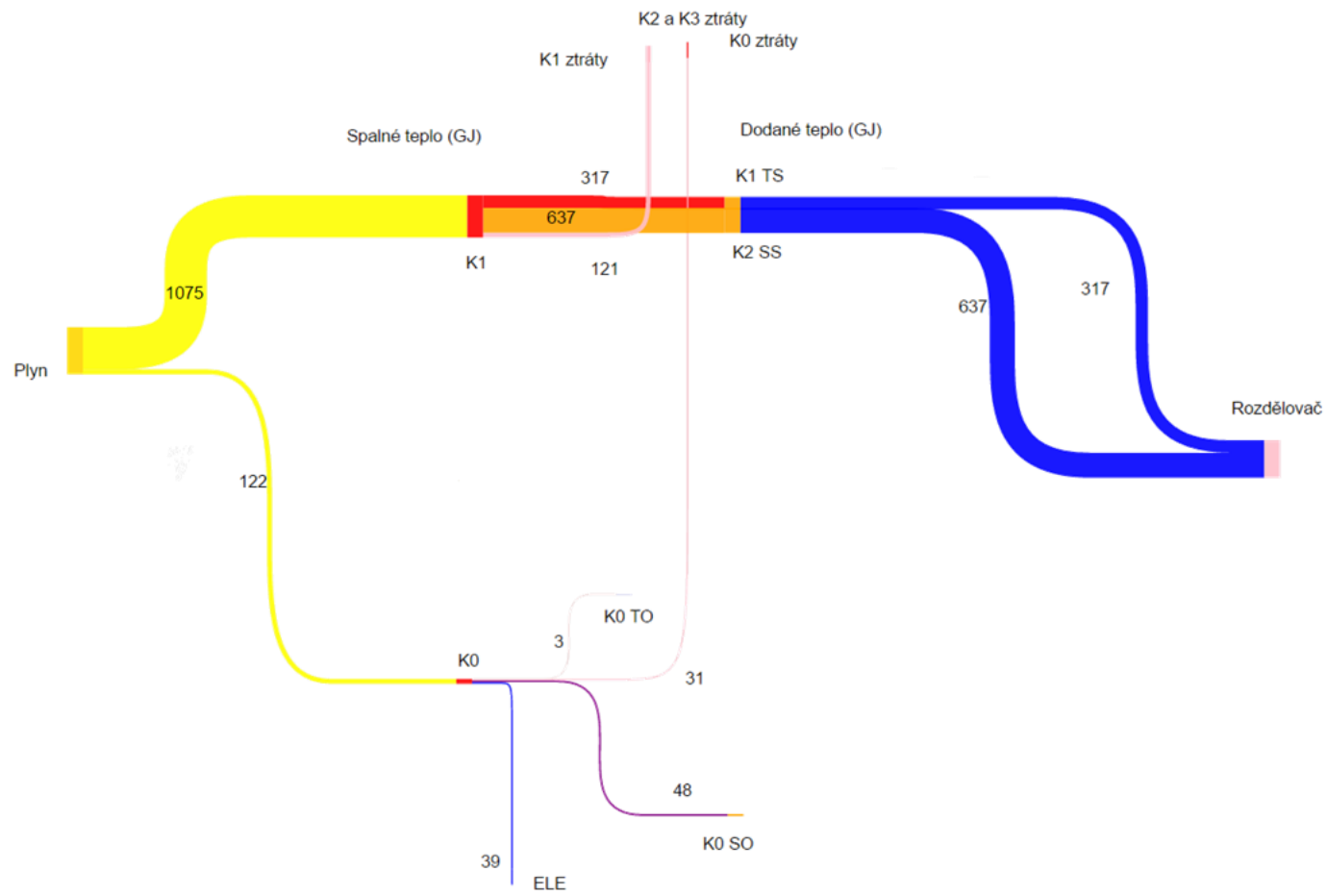
Tabulka 4-1 - Spotřeby jednotlivých zdrojů po měsících

			červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
K1	Spotřeba	GJ sp. tepla	1075	997	1560	4915	5683	6278
	Výstup TS	GJ tepla	317	380	644	2027	1901	2273
	Výstup SS	GJ tepla	637	490	742	2443	3318	3303
	Ztráta	GJ	121	127	174	445	464	702
K2	Spotřeba -plyn	GJ sp. tepla	0	0	0	255	156	34
	-ELTO	GJ sp. tepla	0	0	0	99	3	32
	Výstup	GJ tepla	0	0	0	348	154	62
	Ztráta	GJ	0	0	0	6	5	5
K3	Spotřeba - plyn	GJ sp. tepla	0	0	0	88	323	76
	-ELTO	GJ sp. tepla	0	0	0	21	0	29
	Výstup	GJ tepla	0	0	0	85	312	94
	Ztráta	GJ	0	0	0	23	11	11
K0	Spotřeba	GJ sp. tepla	122	44	149	328	2522	3687
	Výroba SO	GJ tepla	48	15	54	119	997	1476
	Výroba TO	GJ tepla	3	2	7	11	85	122
	Výroba el. energ.	GJ elektřiny	39	14	50	112	870	1292
	Ztráta	GJ	31	13	37	86	570	797

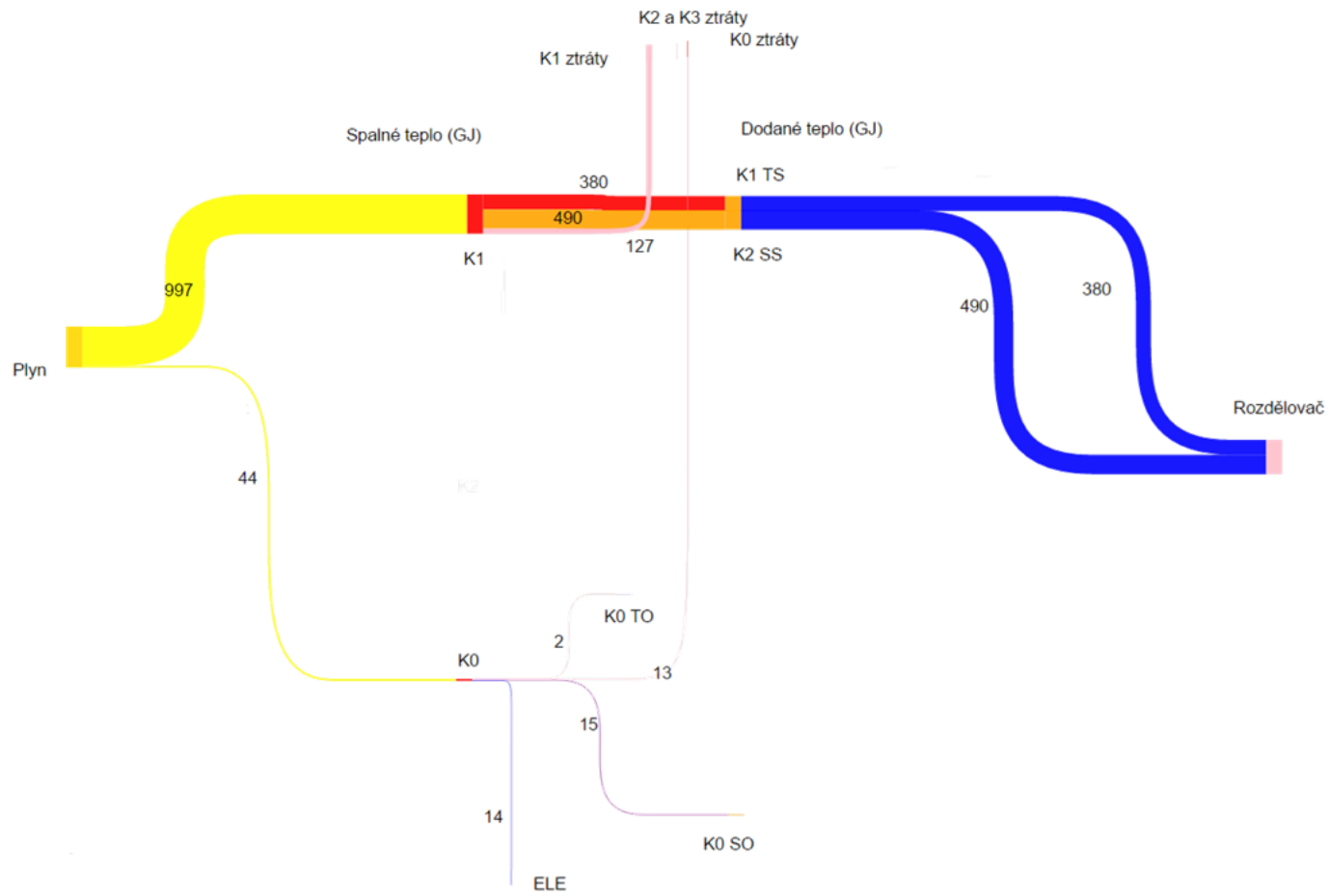
Legenda zkratk: SO – sekundární okruh, TO – technologický okruh, sp. teplo – spalné teplo

Spotřeby plynu a ELTO jsou uvedeny ke spalnému teplu, neboť kotel K1 je kondenzační. Z tabulky je patrné, že v letním období byly v provozu jen některé zdroje.

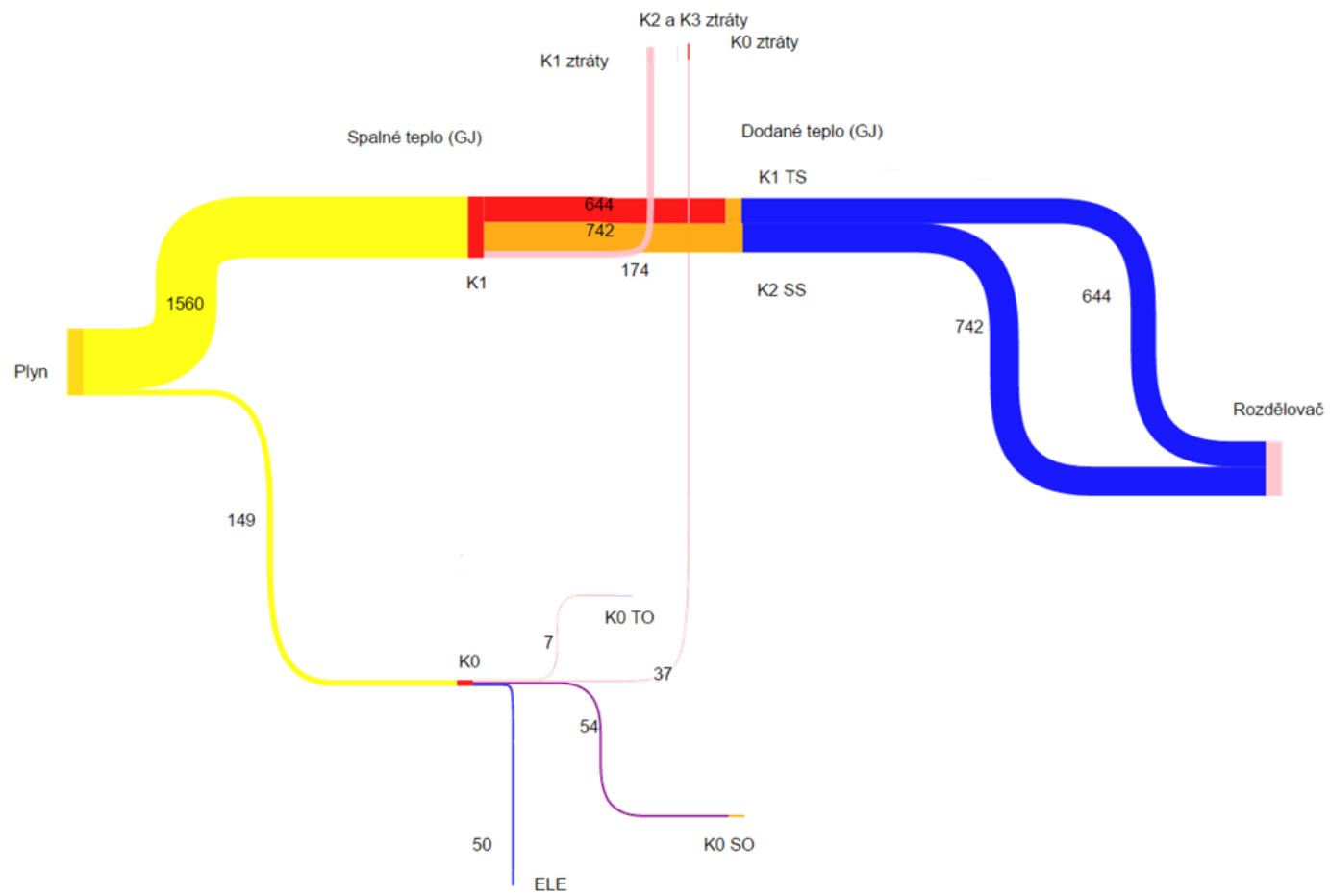
Na následujících stranách jsou uvedeny Sankeyovy diagramy pro jednotlivé měsíce, komentář k nim je uveden souhrnně na poslední straně kapitoly.



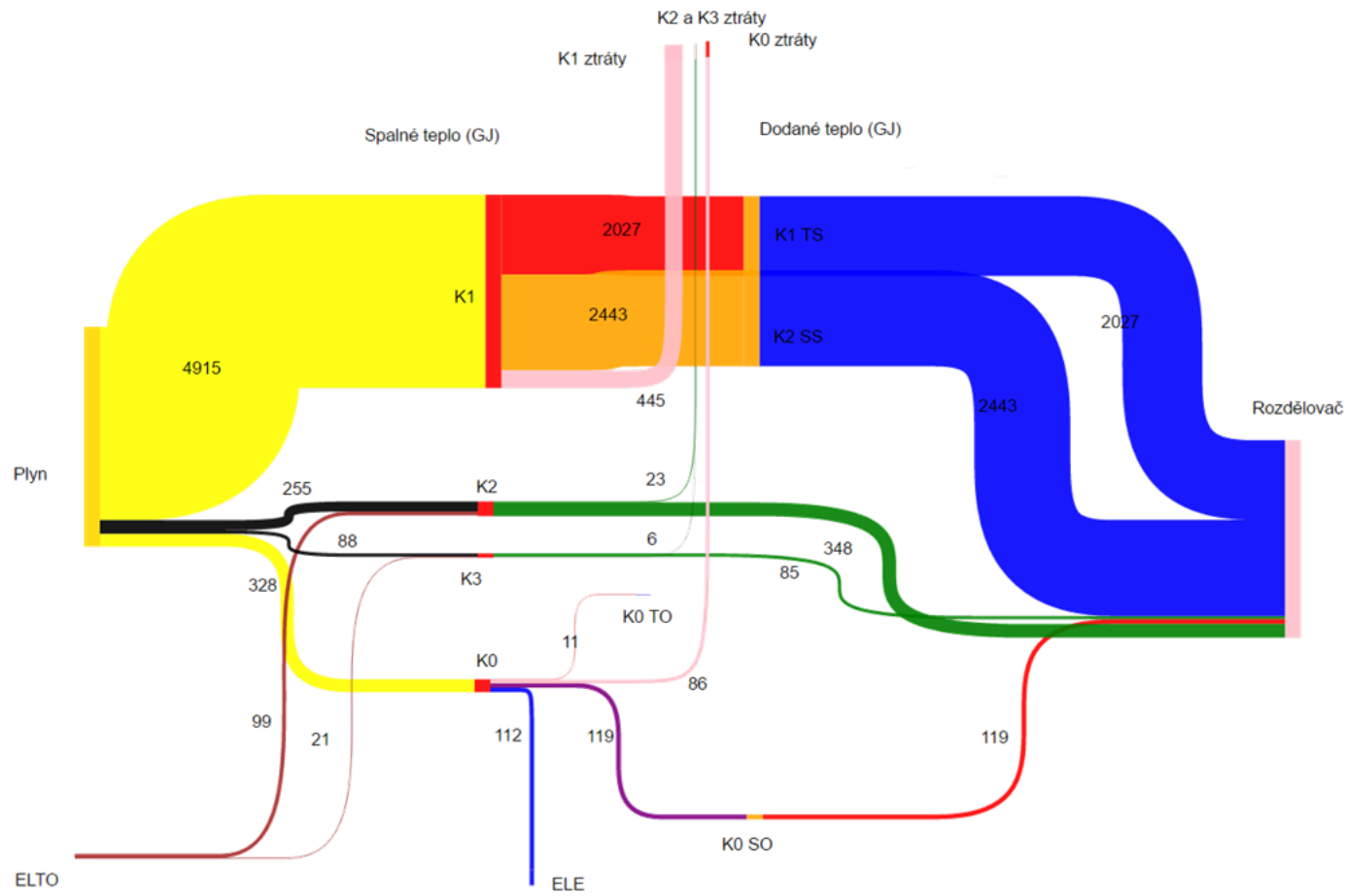
Obrázek 4-1 - Sankeyův diagram pro červenec



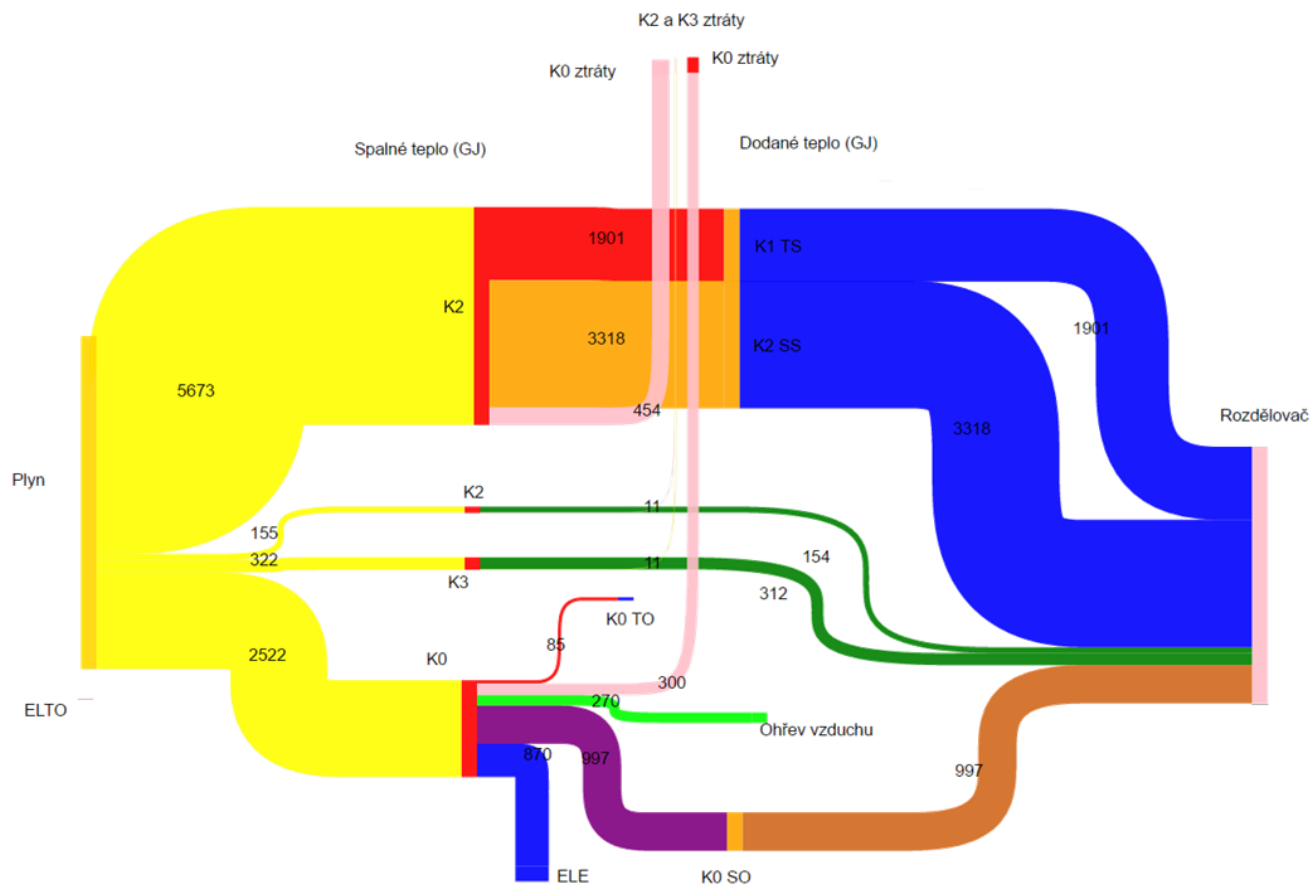
Obrázek 4-2 - Sankeyův diagram pro srpen



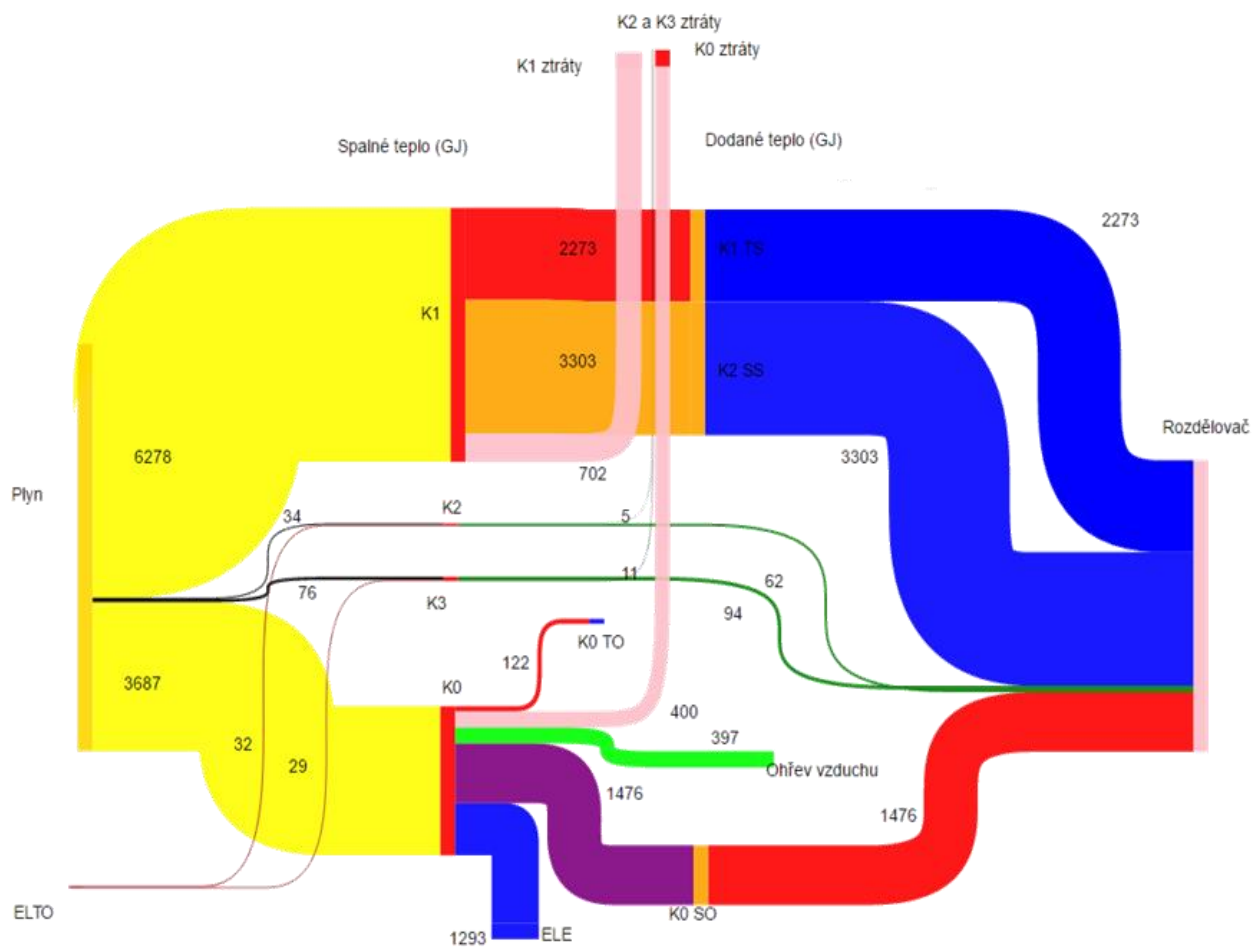
Obrázek 4-3 - Sankeyův diagram pro září



Obrázek 4-4 - Sankeyův diagram pro říjen



Obrázek 4-5 - Sankeyův diagram pro listopad



Obrázek 4-6 - Sankeyův diagram pro prosinec

Obrázek 4-1 : Průběh pro typicky letní měsíc, spotřeba tepla i TUV je, vzhledem k období dovolených, tradičně minimální. Zhruba od poloviny měsíce navíc probíhalo období vyhrazené pro dovolené technických pracovníků kongresového centra, neboť nebyla po čtyři týdny plánována žádná velká akce. Nově zapojená kogenerační jednotka vstoupila do testovacího provozu, vzhledem k malé poptávce po teple byla spouštěna jen krátkodobě.

Obrázek 4-2 : Následující měsíc byla situace obdobná, opět nenastal důvod spouštět kotle Bosch, krátkodobě nastal stav, kdy bylo objekt nutné vytápět, venkovní teplota klesla pod 15°C a vybrané prostory se již ochladily pod požadovanou teplotu, nicméně jednalo se o ojedinělý jev.

Obrázek 4-3 : V září je již pozorovatelný nárůst spotřeby tepla, nejen z důvodu větší poptávky po TUV, vzhledem k širšímu provozu kongresové části budovy. Provoz kogenerační jednotky byl také častější, stále ale v mezích testovacího provozu.

Obrázek 4-4 : Zde je již typický provoz pro přechodné období, násobně vyšší využití kondenzačního kotle K1, kotle K2 byly využity při testování (na oba druhy paliv) a jako záskok za odstavené kotle Hoval při servisních zásazích. Kogenerační jednotka ani v říjnu nepřešla do dlouhodobějšího provozu.

Obrázek 4-5 : V listopadu nastal prudký pokles teplot, následkem kterého krátkodobě připínal ke kotli K1 kotel K2/K3. Kogenerační jednotka již měla vyšší stupeň využití, celkem za listopad byla v provozu 471 hodin. Od listopadu je také ve světle zelené barvě vedena část dřívě značených ztrát z KGJ do kolonky „ohřev vzduchotechnika“. Odpadní vzduch z odvětrávání kapotované jednotky se částečně využívá pro ohřev přívodního vzduchu. Toto je zařazeno do diagramu až v listopadu, kdy je ohřev žádoucí. Velikost tohoto toku energie odečteného ze ztrát byla odhadnuta, nijak se neměří.

Obrázek 4-6 : Prosinec již reprezentoval typicky zimní provoz, kogenerační jednotka pracovala, pokud si vypůjčíme termín z elektroenergetiky, v základním zatížení (727 hodin). Vyjma dvou krátkodobých odstávek z důvodu servisních zásahů byla v nepřetržitém provozu po celý měsíc. Podle potřeby se k ní připojil kotel K1 (mnohdy na plný výkon), podíl kotlů K2/K3 je stále minimální.

Sankeyovy diagramy názorně zobrazují výhody, které plynou z umístění různých zdrojů tepla do kotelny, neboť se mohou vhodně doplňovat. Přestože výkon kotelny před rekonstrukcí byl více než 20 MW, v současné konfiguraci lze kotle K2 a K3, které připínají zpravidla po K0 a K1, považovat za špičkové, přestože souhrnný výkon K0+K1 je pouze zhruba 4.5 MW.

4.2. Zhodnocení účinnosti

Měsíční odečty fakturačních měřidel a současně hodnoty z kalorimetrů umožňují provést výpočet přímou metodou pro zdroje K0 a K1, pro které jsou k dispozici vhodná data (12, s. 35):

$$\eta_k = \frac{\text{výkon kotle}}{\text{příkon kotle}} = \frac{M_w \cdot (i_{w2} - i_{w1})}{Q_i^r \cdot M_{pv}}$$

kde:	M_w	$(\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$	hmotnostní tok vody kotlem
	i_{w2}	$(\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1})$	entalpie ohřáté vody na výstupu z kotle
	i_{w1}	$(\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1})$	entalpie vody na vstupu do kotle
	Q_i^r	$(\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1})$	výhřevnost spalovaného paliva
	M_{pv}	$(\text{kg} \cdot \text{s}^{-1})$	hmotnostní tok dodávaného spalovaného paliva

Přičemž v našem případě (pro zdroje využívající zemní plyn) můžeme upravit vzorec na tuto formu:

$$\eta_k = \frac{Q_{kal}}{H_s \cdot V_{ZP}}$$

kde:	Q_{kal}	(GJ)	teplo změřené kalorimetrem
	H_s	$(\text{kWh} \cdot \text{m}_n^{-3})$	spalné teplo zemního plynu (dle údajů distributora)
	V_{ZP}	(m_n^3/h)	objem spotřebovaného zemního plynu

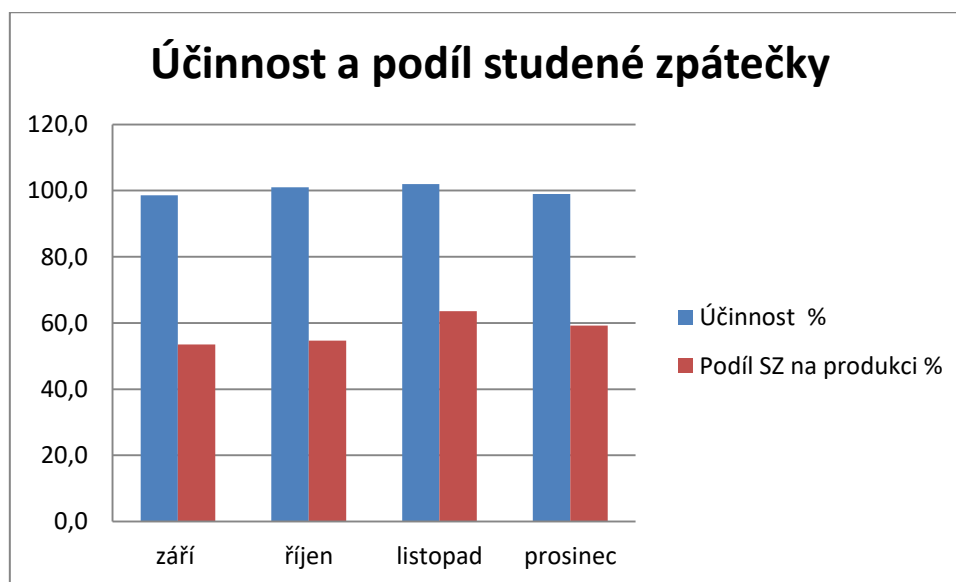
Výpočet provedeme pro kotel K1 za období září-prosinec v Tabulka 4-2.

Pro přepočet spalného tepla na výhřevnost jsem použil koeficient 1,11, přičemž pro běžně dostupné varianty zemního plynu se pohybuje od 1,105 pro Norský plyn po 1,109 pro Tranzitní („ruský“) plyn, který je v ČR běžnější (13).

Tabulka 4-2 - Hodnoty výpočtu účinnosti K1

		září	říjen	listopad	prosinec
Spotřeba K1.1	m ³	19 803,9	63 693,3	74 203,4	83 976,7
Spotřeba K1.2	m ³	20 695,5	64 328,3	74 103,5	79 275,5
Výroba K1-TS	GJ	644,0	2 027,0	1 901,0	2 273,0
Výroba K1-SS	GJ	742,0	2 443,0	3 318,0	3 303,0
Spalné teplo	kWh/m ³	10,7	10,7	10,6	10,6
Spotřeba celkem	kWh	433 434,9	1 365 156,5	1 578 670,9	1 737 758,0
Spotřeba celkem	GJ	1 560,4	4 914,6	5 683,2	6 255,9
přepočet na výhřevnost	GJ	1 405,7	4 427,5	5 120,0	5 636,0
účinnost	%	98,6	101,0	101,9	98,9

Za povšimnutí stojí volná korelace mezi poměrem využití teplé a studené zpátečky a účinnosti. Vzhledem k provozu na výrazně rozdílný výkon v daných obdobích nelze dělat jednoznačné závěry, ale kondenzační kotol by při vyšším poměrném průtoku studenou zpátečkou měl mít vyšší účinnost:



Obrázek 4-7 - Graf závislosti poměrného průtoku studenou zpátečkou k účinnosti

Což vykreslený graf podporuje. Nicméně, vlivů může být více, tudíž nelze při takto malých rozdílech činit závěry ze čtyř měření.

Pro kogenerační jednotku K0 je třeba ještě zahrnout vyrobenou elektrickou energii, kterou netypicky přepočteme na GJ pro srovnání jednotek, hodnocené období pouze listopad-prosinec, kdy jednotka pracovala více než několik desítek hodin pro testování:

Obrázek 4-8 - Výpočetní tabulka účinnosti KGJ

		listopad	prosinec
Spotřeba K0	m ³	65 812	95 866
Spalné teplo	kWh/m ³	10,644	10,644
Spotřeba celkem	kWh	70 0543	1 020 458
Spotřeba celkem	GJ	2521,95	3 673,65
Výroba SO	GJ tepla	997,08	1 475,51
Výroba TO	GJ tepla	85,00	122,00
Výroba el. ene.	GJ elektriny	869,97	1 292,29
Účinnost		85,9%	87,3%

Účinnost dosahovaná jednotkou K0 je nižší, než se očekávalo, na odstranění odchylky vůči parametrům z technického listu se pracuje.

4.3. Spotřeba teplé užitkové vody

Z hlediska spotřeby teplé vody jsou rozlišitelné v budově 3 významnější režimy provozu:

Útlumový režim – víkendy a svátky

Během víkendů a svátků je běžný provoz KCP utlumen, v nepřetržitém provozu funguje pouze fitcentrum a kasino. Tudíž na spotřebě by se měli projevit pouze tyto provozové režimy, navíc i u nich předpokládám větší poptávku v pracovních dnech. Vybrána byla neděle 11. 12. 2016, kdy nebyla větší akce.

Pracovní den – bez akce

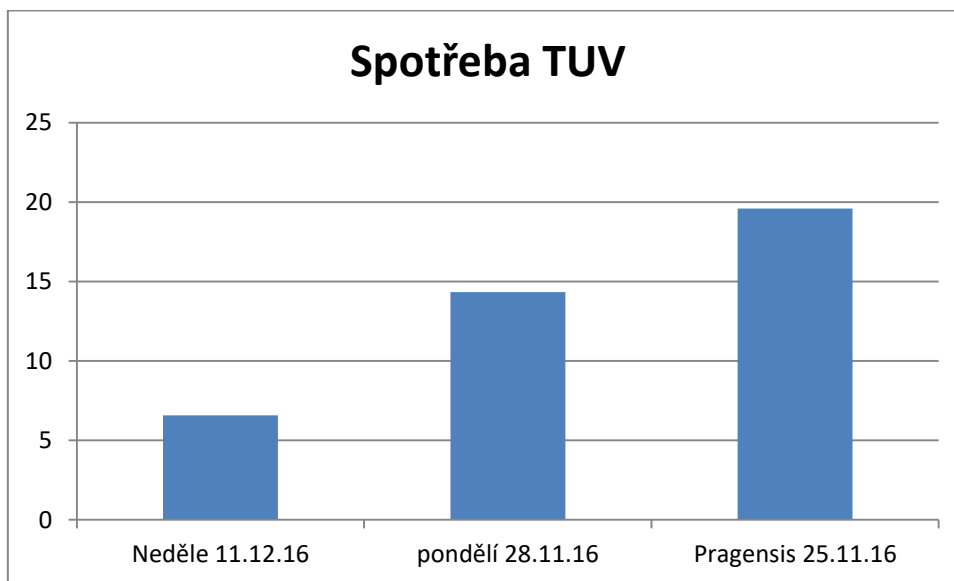
Běžný pracovní den, kdy není v KCP žádná společenská akce, tudíž spotřebu zajišťují administrativní pracovníci KCP, administrativní pracovníci nájemců a také catering Zátíší ve svém provozu v 2PP. Vybráno bylo pondělí 28. 11. 2016.

Pracovní den – kongres

Běžná zátěž popsaná v předchozím odstavci přetrvává, ale přibývá zátěž působená větším množstvím návštěvníků po dobu konání akce (kongresu, plesu, divadelního či koncertního představení a podobně). m³. V tomto případě jsem vybral akci Schola Pragensis, konanou 24. 11. 2016 - 26. 11. 2016.

Tabulka 4-3 - Akce v KCP

Neděle 11. 12. 16	6,569946	m ³
pondělí 28. 11. 16	14,33008	m ³
S. Pragensis 25. 11. 16	19,59009	m ³



Obrázek 4-9 - Spotřeba TUV ve vybraných dnech

Vyhodnocení

Výstavní akce, využití pro tento konkrétní případ, nemá podstatný vliv na spotřebu TUV, pokud vezmeme předpoklad nižší účasti než v minulých letech, tedy zhruba 10 000 osob (14) a nárůst spotřeby TUV o 5,26 m³, oproti běžnému dni, máme tedy přibližně 0.53 litru na osobu.

4.4. Spotřeba tepelné energie

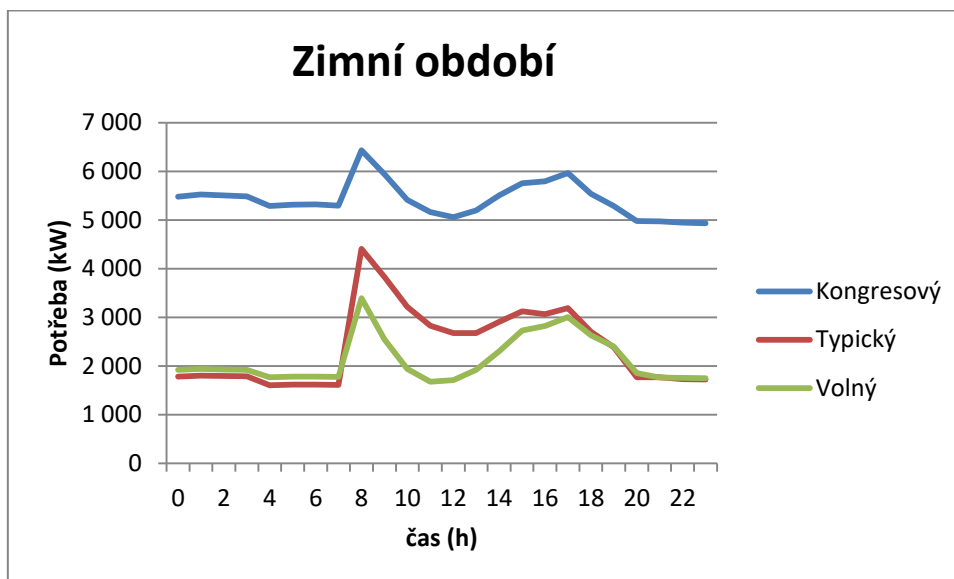
Součástí zadání práce je i porovnání energetické náročnosti různých provozních stavů. Protože se tyto stavy liší, kromě žádané teploty v místnostech, která při nevyužívání klesá (a tudíž klesají i ztráty pláštěm budovy), především nároky na provoz vzduchotechniky, rozhodl jsem se použít srovnání ztrát tepla větráním a prostupem.

Jelikož při psaní této práce nebyl projekt EPC ještě dokončen a původní systém ASŘ (automatizovaný systém řízení) data o spotřebách energií nesledoval, bylo využito interního modelu společnosti ENESA, vypracovaného pro projekt EPC v kongresovém centru, ze kterého jsem získal vygenerovaná data pro ztráty větráním ve dnech 20. 01. 2012, 20. 04. 2012 a 20. 08. 2012, neboť rok 2012 byl referenční pro podání nabídek projektu EPC.

Vybrané referenční stavy:

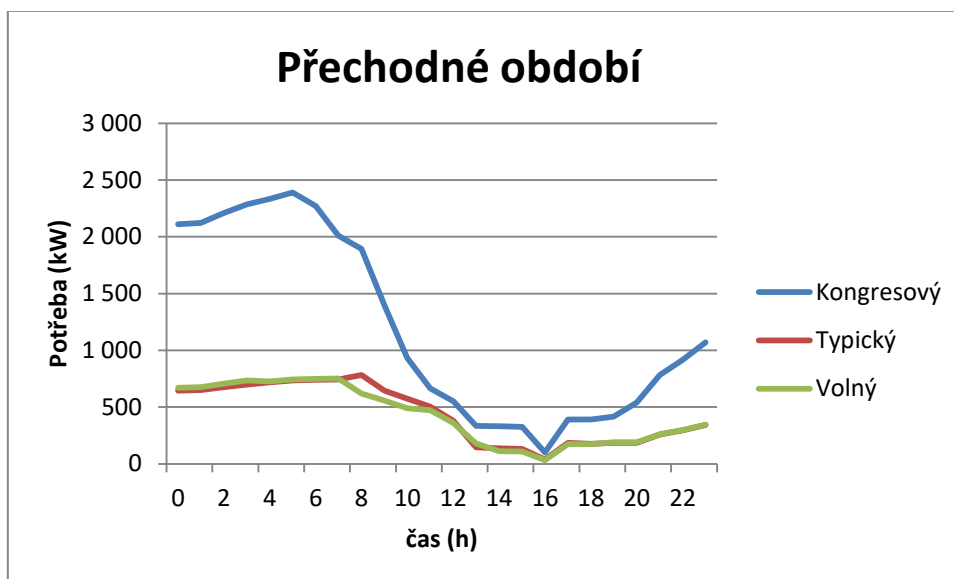
- Kongresový – pro maximální vytížení budovy během akce
- Typický – pro běžný všední den
- Volný – pro víkendové dny bez kongresového programu

Následuje porovnání jednotlivých stavů v jednotlivých obdobích, která byla vybrána tak, aby byl požadavek po vytápění, tedy ani v letním stavu není budova zcela nevytápěná.



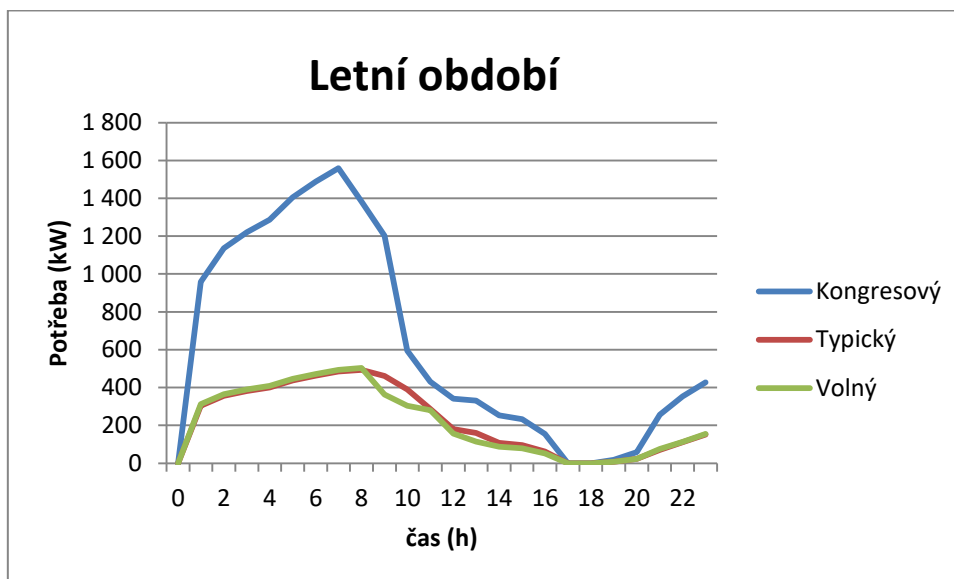
Obrázek 4-10 – Modelová potřeba tepla v zimním období

Podle očekávání je nevyšší potřeba tepla v případě Kongresového provozu, Typický stav je nižší a především je zřetelný rozdíl mezi Volným a Typickým stavem, kdy se křivky rozcházejí v podstatě výhradně na širší pracovní dobu (6-19 hodin), ve zbytku dne se téměř neliší.



Obrázek 4-11 - Modelová potřeba tepla v přechodném období

Zde je rozpoznatelný vliv útlumu provozu v budově, kdy pouze Kongresový stav pracuje s velkou výměnou vzduchu, tudíž potřebuje pokrýt vyšší ztráty, vzhledem k chladnějšímu venkovnímu počasí. Současně potřeba tepla klesá společně se zvyšováním venkovní teploty během dne až do bodu ve čtyři hodiny odpoledne, kdy téměř není poptávka po teple ve všech stavech. Maximální okamžitá potřeba tepla je ve všech stavech méně než poloviční.



Obrázek 4-12 - Modelová potřeba tepla v letním období

Pro tento graf byl vybrán modelový letní den s nižší venkovní teplotou, aby měl potřebu vytápění. Průběh grafu je poznamenán ochlazením v ranních hodinách, které se zastavilo až po osmé hodině, kdy postupně také začíná klesat potřeba tepla až na nulové hodnoty, kdy zjevně, vzhledem k prosklení budovy, nastupuje potřeba chladu.

Celkově lze z hodnot vyvodit charakter spotřeby kongresového centra, který je velmi nevyrovnaný, špičkový, což je ale u nárazově využívané budovy přirozené. Kongresový stav reflektuje situaci maximálního využití objektu, tedy nejen velkého kongresového sálu, ale také dalších menších sálů, klubů a salonků. K tak celoplošnému využití dochází pouze při souběhu akcí, případně při konání největších kongresů, což nastává dohromady do deseti událostí ročně (kongresy trvají většinou 3-5 dní + příprava a likvidace).

5. Ekonomické posouzení metody EPC v projektu KCP

Metoda EPC, jak byla popsána výše, je pro investora atraktivní především možností realizovat komplexní rekonstrukci systémů TZB v budově bez investování vlastních finančních prostředků. Je tedy nutné, aby úspory z provedení rekonstrukce pokrývaly splátku úvěru ESCO bance i s úroky. S konkrétními čísly je možné tento efekt demonstrovat i na posuzovaném projektu rekonstrukce KCP, který stručně rozebereme z hlediska toku prostředků a citlivostní analýzy. Dále je v této kapitole náhled na metodu EPC v tržních souvislostech.

5.1. Peněžní tok projektu

Propočet peněžních toků popisovaného projektu potřebuje znát přirozeně výši investice, předpokládanou dobu návratnosti, náklady na energie budovy a v neposlední řadě úrokovou míru úvěru. Úrokovou míru úvěru zvolíme 8%. Dle dostupných údajů z výročních zpráv (15) jsou náklady na provoz v posledních letech následující:

Tabulka 5-1: Spotřeba energií v KCP v letech 2011-2015 (tis. Kč) Zdroj: Výroční zprávy KCP

ROK	2011	2012	2013	2014	2015	Průměr
plyn	18 478	21 101	23 276	17 988	17 037	19 576,0
elektrina	58 216	58 438	58 758	47 931	46 656	53 999,8
celkem	76 694	79 539	82 034	65 919	63 693	73 575,8

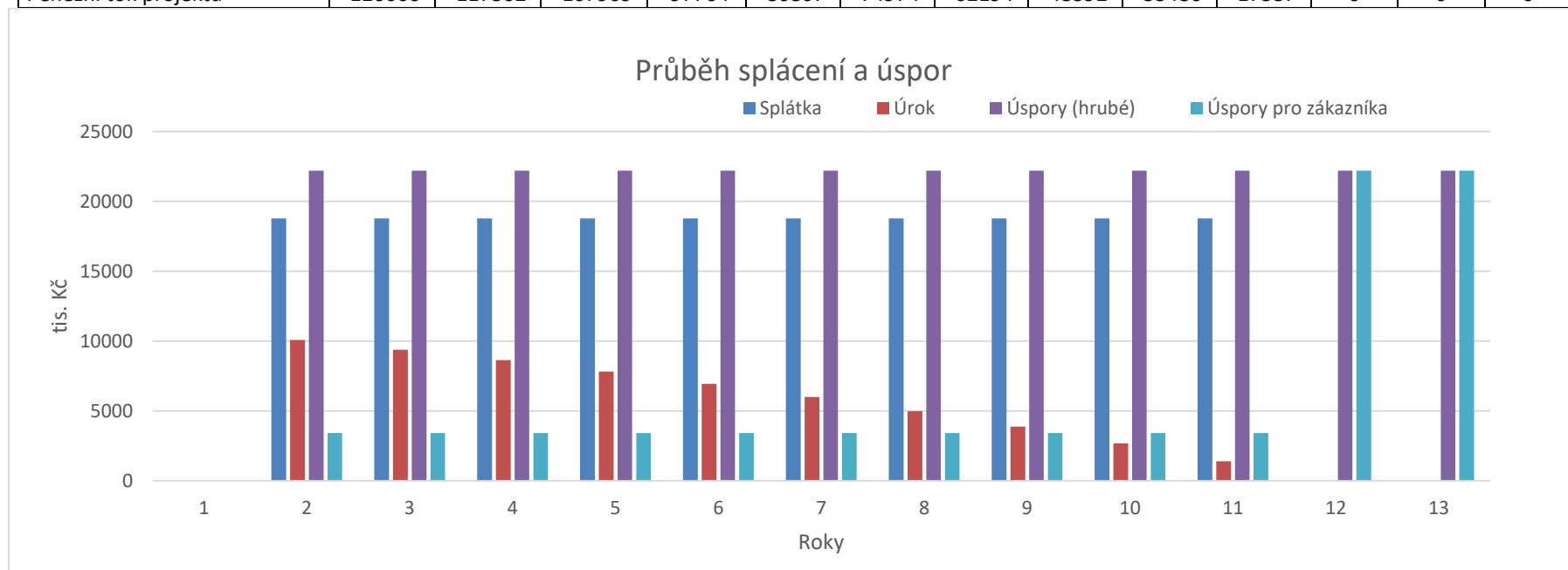
Průměrná spotřeba odpovídá hodnotě, kterou uvádí tisková zpráva (16), tedy přibližně 74 mil. Kč. Pokud budeme nadále vycházet z této hodnoty, odpovídá 30 % úspora projektu EPC částce 22,2 mil. Kč. Předpokládáme pro zjednodušení splátky jistiny i úroků vždy jednou ročně, při výročí úvěru. Z těchto údajů vznikla tabulka, která ještě předpokládá rovnoměrné náklady na paliva pro každé z následujících dvanácti topných období. Poslední 2 období jsou doplněna pro demonstraci plného účinku úspor po splacení všech nákladů projektu EPC.



Obrázek 5-1 - Průběh peněžního toku projektu

Tabulka 5-2: Vývoj projektových nákladů a výnosů v čase (tis. Kč)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zůstatek úvěru – začátek roku	126000	126000	117302	107909	97764	86807	74974	62194	48392	33486	17387	0	0
Splátka		18778	18778	18778	18778	18778	18778	18778	18778	18778	18778	0	0
Úrok		10080	9384	8633	7821	6945	5998	4976	3871	2679	1391	0	0
Zůstatek úvěru – konec roku		117302	107909	97764	86807	74974	62194	48392	33486	17387	0	0	0
Úspory (hrubé)		22200	22200	22200	22200	22200	22200	22200	22200	22200	22200	22200	22200
Úspory pro zákazníka		3422	3422	3422	3422	3422	3422	3422	3422	3422	3422	22200	22200
Peněžní tok projektu	-126000	-117302	-107909	-97764	-86807	-74974	-62194	-48392	-33486	-17387	0	0	0



Obrázek 5-2 - Průběh splátek a úspor v čase

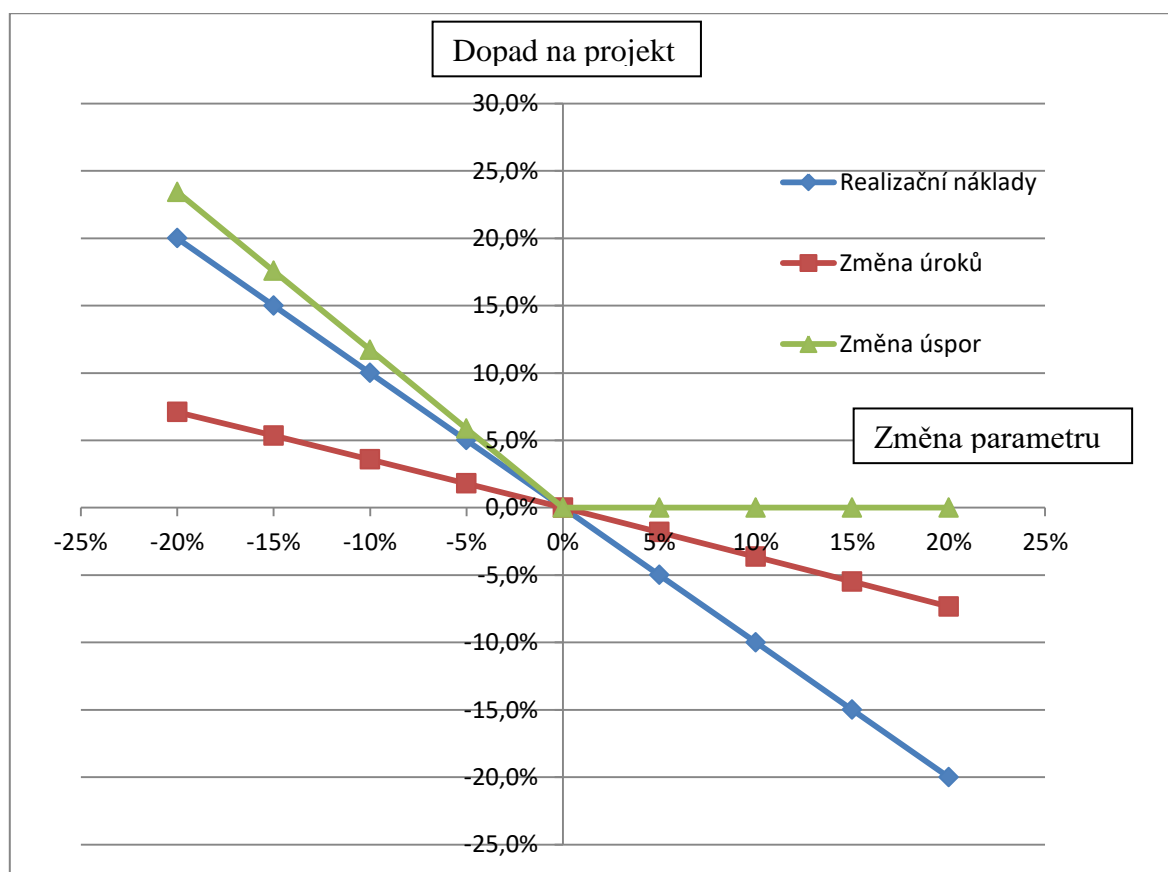
5.2. Citlivostní analýza

Jako kritické parametry projektu lze považovat všechny vstupní hodnoty, tedy dodržení objemu investice (126 mil. Kč), dodržení garantovaných úspor (30 % = 22,2 mil. Kč) i zachování úrokové míry (8%). Pokud si přejeme zachovat dobu projektu 10 let, jaký bude vliv na výši splátky?

S každým parametrem předpokládáme změnu o -20% až +20% při kroku 5%.

Tabulka 5-3 - Dopad změn jednotlivých parametrů na roční splátku (%)

ZMĚNA PARAMETRU	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%
Realizační náklady	20,0%	15,0%	10,0%	5,0%	0,0%	-5,0%	-10,0%	-15,0%	-20,0%
Změna úroků	7,1%	5,3%	4%	1,8%	0,0%	-1,8%	-5,3%	-5,5%	-7,3%
Změna úspor	23,4%	17,6%	12%	5,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



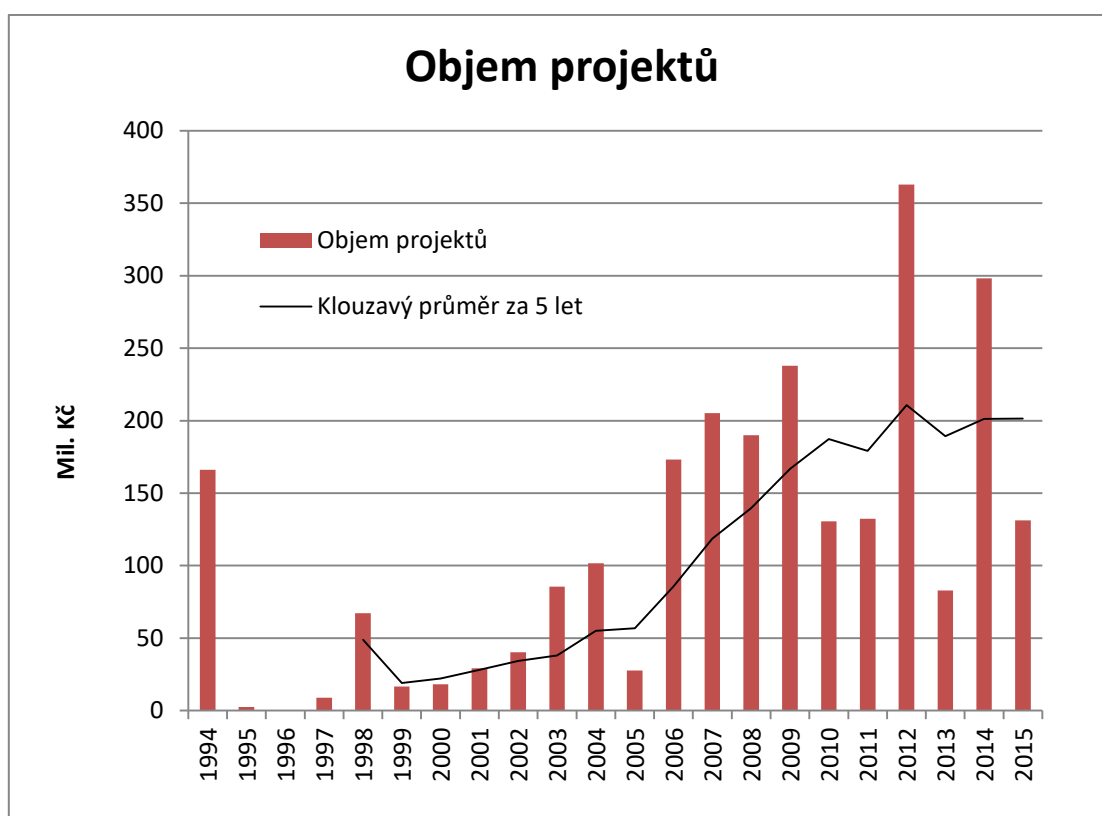
Obrázek 5-3 – Průběh křivek jednotlivých vlivů

Důvod, proč se zelená křivka změny úspor v počátku souřadnic zlomí a pokračuje s nulovou směrnici, je nutné hledat ve smluvních parametrech zakázek EPC, neboť tradičně garantuje ESCO úsporu, tudíž nese veškeré finanční následky jejího nedodržení, nicméně dosažení vyšší úspory je benefit především pro provozovatele budovy. V praxi se často používá motivační prémie pro ESCO, určité procento z „nadúspor“ po dobu trvání projektu jako bonus.

Lze tedy konstatovat, že nejdrtivější dopad na projekt EPC má nedodržení úspor na provozních nákladech, neboť je nutné částku splátky dorovnat ze zdrojů ESCO. Následuje „tradiční“ problém stavebních firem – prodražení zakázky a nejmenší dopad má zvýšení úrokových sazeb, které dopadá výhradně na složku úroku z roční splátky, nikoliv na součást jistiny.

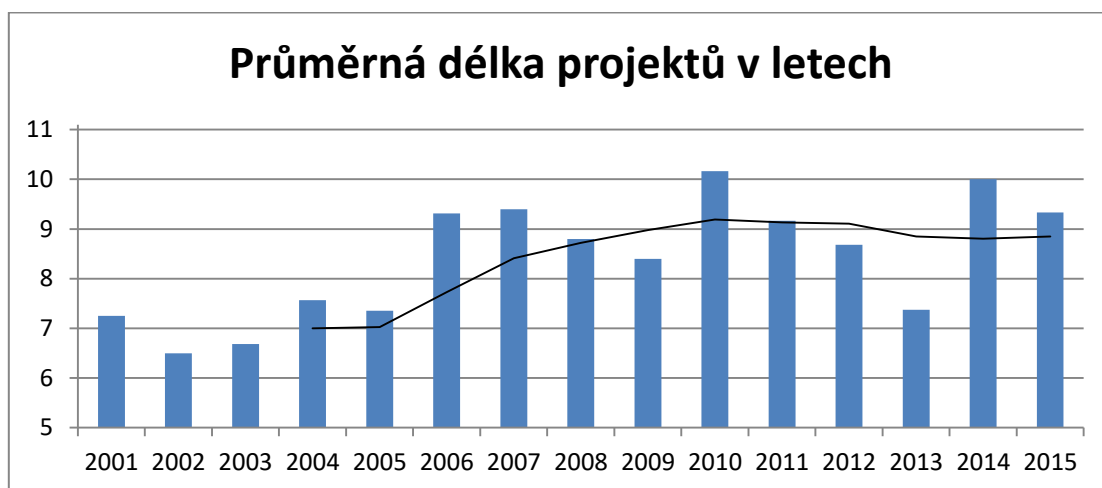
5.3. Prosazení EPC mezi dodavatelskými metodami

V následující části se pokusíme popsat důvody, proč se v posledních letech prosazuje metoda EPC stále více a proč by tento trend měl pokračovat. Toto nejlépe dokládá vývoj objemu projektů EPC v jednotlivých letech v období 1994-2014 (4):



Obrázek 5-4 - Objem projektů EPC v ČR (4)

Dalším zajímavým ukazatelem je délka projektů EPC v letech, která o období 2001-2015 vypadala dle grafu níže. Prodloužení délky projektů může ukazovat na lepší přípravu projektu, větší zkušenosti a sebedůvěru ESCO společností, ale také lepší přípravu zadání a podporu poradců na straně Zadavatele veřejné zakázky, nebo v případě soukromého Zadavatele dlouhodobější pohled na investici do nemovitého majetku, například způsobenou charakterem podnikání



Obrázek 5-5 – Objem projektů EPC v ČR (4)

Přičemž z nárůstu klouzavého průměru je viditelný trend, který záporně koreluje s vývojem bankovních úrokových sazeb, jako jejich ukazatel byla zvolena mezibankovní sazbu PRIBOR 1R:

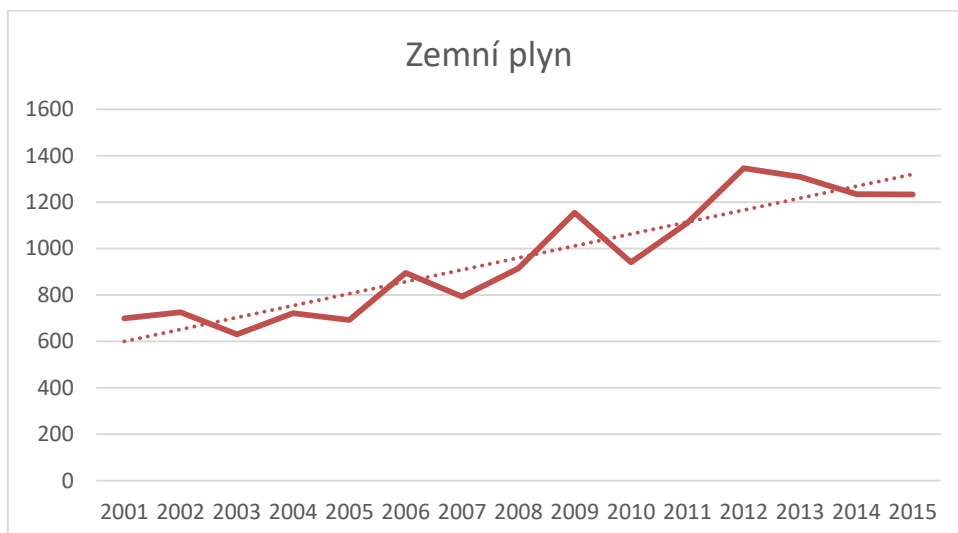


Obrázek 5-6 – Vývoj sazby PRIBOR 1R – zdroj:kurzy.cz

Pokud budeme předpokládat vazbu komerčně poskytovaných úvěrů bankami pro ESCO ve vazbě na sazbu PRIBOR, je možné plánovat delší projekty, neboť nižší úrokové sazby snižují finanční náklady projektů. Je výhodné, vzhledem k nízkým úrokovým sazbám provádět v současné době co nejvíce investic s využitím cizích zdrojů.

5.3.1. Vývoj cen energií

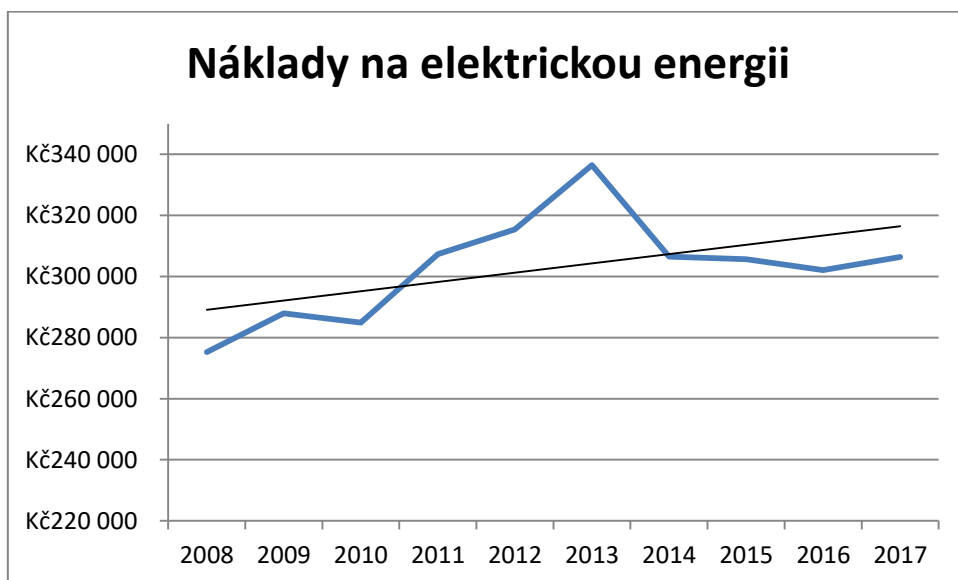
Každý EPC projekt je závislý na úspoře energie, zpravidla elektřiny, plynu či dálkového tepla, méně často uhlí, vody, LTO a podobně. Protože v posledních letech proběhla liberalizace trhu s energiemi, není snadné porovnat cenové hladiny v jednotlivých letech. Jako ukazatel proto volíme maximální ceny pro domácnost s odběrem nad 63 MWh ročně, určené ERÚ, konkrétně variabilní složku. Graf pro období 2001-2015 vypadá následovně:



Obrázek 5-7 – Vývoj variabilní ceny plynu pro domácnosti (Kč/MWh) – zdroj: tzb-info.cz

Obdobně volíme cenový ukazatel pro elektrickou energii, využijeme kalkulačku na webu ERÚ, kde je možné srovnat údaje v letech 2008-2017, v následujících parametrech:

- Typ odběru: Podnikatelský maloodběr
- Území: Praha
- Distribuční sazba: C03d
- Nainstalovaný jistič: 3x125 A - 3x160 A
- Roční spotřeba energie: 50 000 kWh
- Dodavatel: ČEZ Prodej
- Produkt: Standard – Comfort

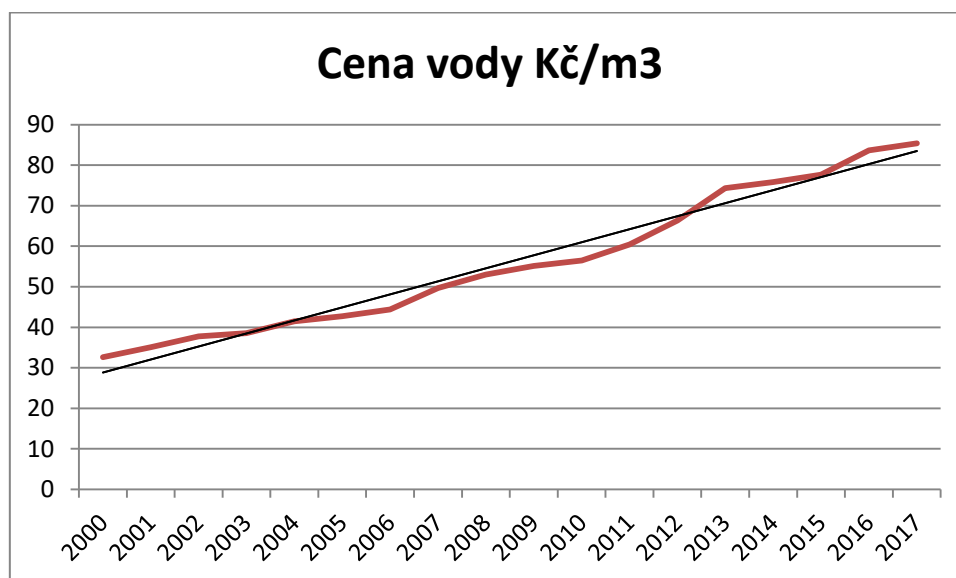


Obrázek 5-8 - Graf vývoje nákladů na modelovou spotřebu energie

Z grafu lze vyčíst výrazný pokles ceny elektrické energie pro koncového spotřebitele po roce 2013, nelze tedy říci, že jde o jednoznačný trend. Nicméně, politika EU v oblasti snižování emisí a hodnoty emisních povolenek, které v posledních letech klesaly, pravděpodobně

nabere opačný trend, neboť některé státy hodlají stahovat povoleny z trhu přímo (17). Toto opatření zasáhne tu výrobu elektřiny, která produkuje CO₂, tedy nejvíce uhelné elektrárny, méně poté elektrárny spalující zemní plyn a nejméně KVET. Na druhou stranu, masivnější nástup obnovitelných zdrojů, spolu s decentralizací energetické soustavy, budováním místní distribuce a spotřeby spolu s chytrým řízením sítí může způsobit zcela jinou situaci na trhu.

Speciální kapitolou jsou ceny vody v ČR, pro srovnání jsou zvoleny ceny vodného a stočného (součet) pro Prahu:



Obrázek 5-9 - Vývoj ceny m³ vody v Praze

Kde cena vody nepřetržitě roste posledních 16 let. Oproti předchozím sledovaným veličinám má růst zdaleka nejvyšší dynamiku. Jedním z objektivních důvodů, proč dochází k růstu ceny je postupné zavádění šetření vodou, přičemž příliš vysoké procento nákladů vodárenských společností tvoří fixní náklady na údržbu sítě a také provozní ztráty, které se ale dlouhodobě daří snižovat, poklesly z 28,9 % v roce 1994 na 16,8 % v roce 2015 (18).

Pokud tedy ceny zemního plynu (či jiného paliva), elektrické energie i vody rostou, nutí to provozovatele budov uvažovat nad možnými úsporami. A právě metoda EPC se stává v posledních letech stále atraktivnější, neboť kromě snazší dostupnosti úvěrů (19) je stále výhodnější z pohledu úspor.

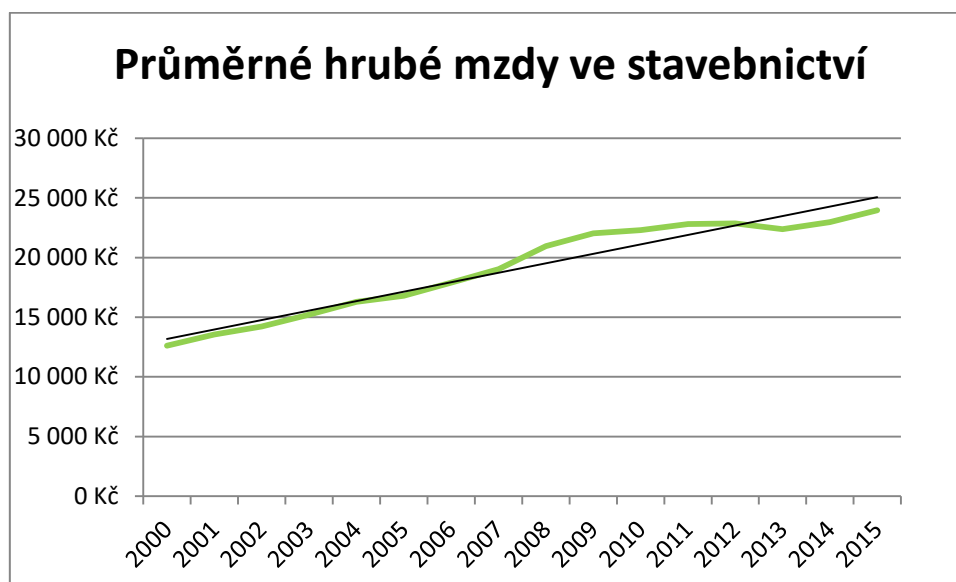
Pro typický projekt EPC, tedy rekonstrukci zdroje tepla, jsou z hlediska nákladů nejzásadnější dvě položky – náklady na strojní vybavení (nové kotle) a náklady na práci (projektantů, realizačních techniků, montážních dělníků, subdodavatelů) a to v celém dodavatelském řetězci. Pokud využijeme data Českého statistického úřadu, pro rok 2015 platí následující údaje:

- Průměrný počet zaměstnaných osob ve stavebnictví: 360 013 (20)
- Průměrná hrubá měsíční mzda: 23 522 (20)
- Průměrná superhrubá měsíční mzda: 31 519
- Celkové měsíční mzdové náklady: 11.347 mld. Kč

- Celkové roční mzdové náklady: 136,17 mld. Kč
- Stavební práce „S“ celkem: 459,051 mld. Kč (21)
- Podíl mzdových nákladů na tržbách: 29,6%

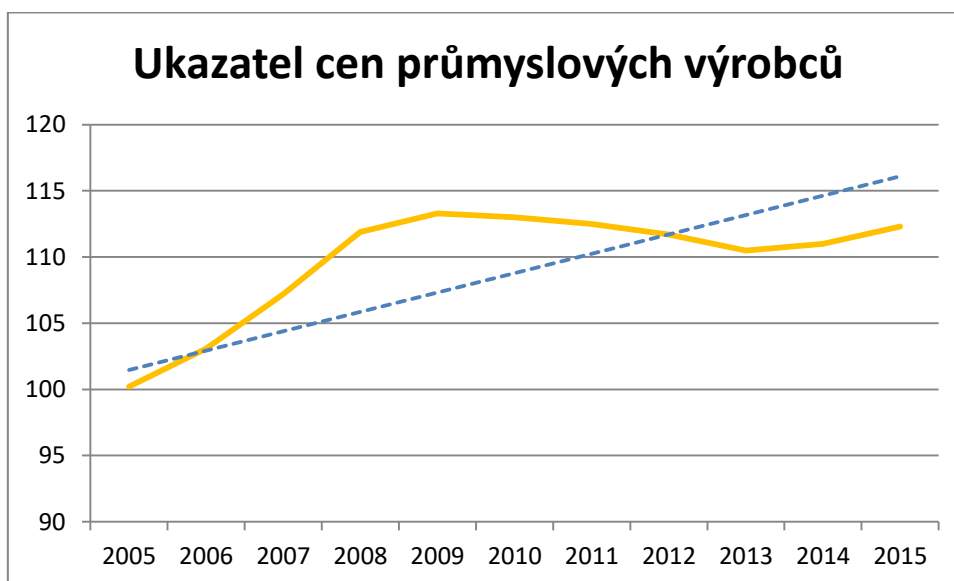
Vývoj průměrné hrubé mzdy ve stavebnictví dle ČSÚ popisuje i graf níže. Superhrubou mzdou lze získat přírůžkou 34 % k hrubé mzdě. Při průměrných mzdových nákladech ve výši zhruba 29,6 % lze konstatovat, že mzdový náklad patří k největším v rámci projektů. Nicméně je potřeba vzít v úvahu vliv šedé ekonomiky (práce na černo), která je již tradičně spojována se stavebnictvím. Pro účely výpočtu nejsou k dispozici věrohodné údaje o podílu šedé ekonomiky. Ukazatel – průměrná měsíční nominální hrubá mzda pro fyzické osoby – je navíc zkreslen směnou struktury zaměstnávání osob ve stavebních podnicích, kdy došlo v minulosti především k propouštění dělnických pozic (hlavní část poklesu celkových stavů) a výpočet průměrné mzdy tedy vychází z odlišného poměru zaměstnaných osob (dělnické profese/THP).

Pokud se podíváme na samotnou výši průměrné mzdy ve stavebnictví, která je zkreslená vlivy z předchozího odstavce, za 14 let se průměrný příjem téměř zdvojnásobil.



Obrázek 5-10 - Průměrné hrubé mzdy ve stavebnictví (22)

I z vývoje mezd ve stavebnictví, především v druhé polovině zobrazeného období, lze jasně pozorovat výkyvy ve stavebním sektoru, které ale zdaleka více demonstruje propad počtu zaměstnanců, kdy z nejvyšší zaměstnanosti v roce 2008 – 410 927 pracovníků, počet téměř nepřetržitě klesá až na zmíněných 360 013 pracovníků za rok 2015. Nedošlo ale k rovnoměrnému propouštění, mnohem více byly zasaženy dělnické pozice.



Obrázek 5-11 - Ukazatel cen průmyslových výrobců

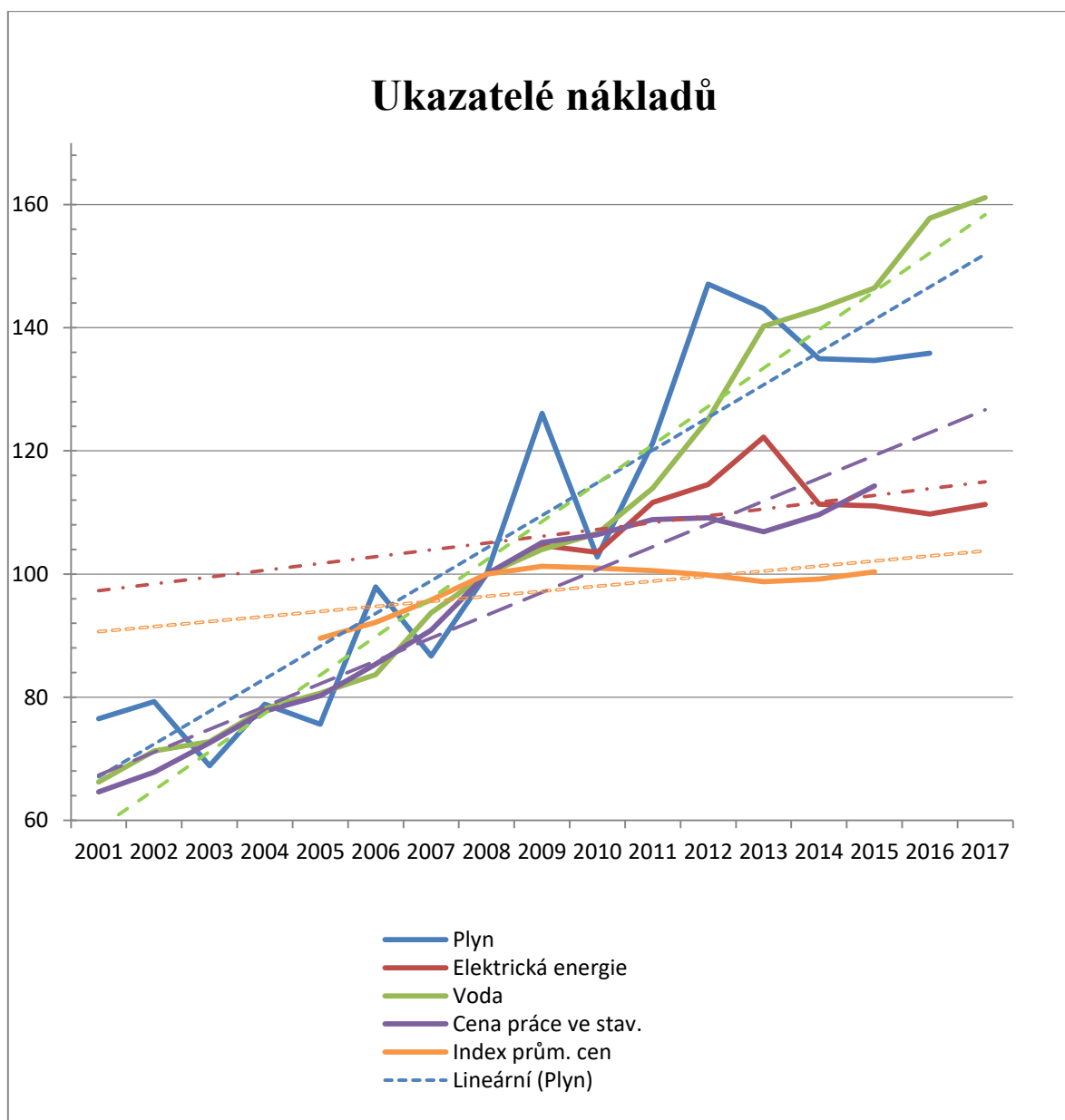
Na rozdíl od cen mezd, ceny průmyslových výrobců, od roku 2009 spíše stagnují. Pokud převedeme v předchozím textu zkoumané parametry na cenový ukazatel s hodnotou 100 v roce 2008, získáme následující souhrnný graf se srovnatelnými ukazateli nákladů, viz Obrázek 5-12.

Z grafu lze vyčíst, že nejvyšší dynamiku růstu má cena vody, následovaná velmi proměnlivou cenou zemního plynu. Třetí nejrychleji rostoucí položkou jsou náklady na práci, následované cenami elektrické energie. Nejnižší růst a zjevně nejvyšší stabilitu představují ceny průmyslových výrobků, které v roce 2015 byly oproti roku 2008 vyšší jen o 0,36 %.

Pokud si dovolím předpokládat, že účinnosti tepelných strojů a dalších výrobků, které se používají v projektech EPC (čerpadla, frekvenční měniče, výměníky) setrvale rostou a současně zjevně náklady na energie a vodu, obzvláště v případě zemního plynu, rostou rychleji než náklady spojené s realizací stavebních projektů (výrobky a práce), mohou si dovolit tvrzení, že projekty EPC jsou v čase stále rentabilnější, tedy s kratší dobou návratnosti.

Současně šancí, ale i rizikem je pro projekty EPC možnost kombinovat jejich provádění s dotací (23), kdy se zamýšlená „komplexní rekonstrukce“ rozdělí na technologické úpravy (revitalizace zdrojů a rozvodů energií) a stavební úpravy (výměna oken, zateplení, renovace střešního pláště), kdy každou z částí Zadavatel soutěží samostatně. Pro část stavebních úprav, tedy především zateplování, je dnes možné získat dotaci z programu OPŽP 2014-2020. Jedná se o dotační program ministerstva životního prostředí, zaměřený především na zlepšení situace v oblasti odpadů, nakládání s energií a vodami, kvalitě ovzduší a ochraně přírody. Riziko spatřuji v situaci, kdy se energetické úsporné projekty zalíbí správci dotačních programů natolik, že pro ně vznikne samostatný program, který bude hradit většinu nákladů pro investora, který tak bude schopen projekt spolufinancovat z vlastních prostředků, činnost ESCO by se tak omezila na dodavatelskou činnost a následnou podporu ve formě

energetického managementu, což by pravděpodobně bylo součástí požadavků dotačního programu.



Obrázek 5-12 – Souhrnný graf ukazatelů nákladů

Navíc, v roce 2012 vstoupila v platnost směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti, která požaduje po členských státech zvláštní pozornost renovaci budov. Má docházet ke každoroční rekonstrukci 3 % podlahových ploch ve vlastnictví a užívání ústředních vládních institucí. Od prvního ledna 2014 se toto nařízení vztahovalo na budovy s plochou větší než 500 m², od 9. 7. 2015 se již nařízení vztahuje i na budovy s plochou od 250 m². Na základě vládního Usnesení č. 609/2014 byl vypracován seznam budov, dostupný na stránkách MPO (24).

Z výše uvedených údajů jsem přesvědčen, že o dostatek práce se společností poskytující energetické služby nemusí obávat o budoucnost, není zde žádný důvod, proč by mělo poskytování energetických služeb přestat růst.

6. Závěr

Předkládaná práce popisuje metodu EPC z obecného hlediska, z úhlu pohledu různých subjektů. Nadále zpracovává posouzení konkrétního technického řešení rekonstrukce zdrojů tepla v Kongresovém centru Praha, a.s., provedené společností ENESA, a.s.. Rozebírá toky energií a navrhuje několik alternativních opatření jak ve zdrojích tepla tak samotném objektu.

Metoda EPC je pokroková v celém pojetí. Zatímco standardní projekt rekonstrukce začíná projekční fází, po které se plánovaná rekonstrukce ocení a následně se soutěží realizace za co nejnižší cenu v požadovaném standardu, ESCO společnosti soutěží výsledek a po získání zakázky se snaží co nejvíce vylepšit svůj nabídkový záměr / realizační projekt, aby dosáhly co nejlepších výsledků v provozu během režimu energetického managementu. Takže cílem je během projektu dosáhnout co nejvyšších úspor, nikoli realizovat projekt za co nejnižší náklady, dlouhodobé úspory jsou pro dodavatele hodnotnější. Tento proces vylepšení řešení probíhá během všech fází projektu, což je právě na metodě EPC unikátní. Popsané technické řešení je příkladem EPC uvažování, kdy místo nahrazení původních čtyř totožných zdrojů čtyřmi totožnými modernějšími zdroji byly pořízeny zdroje tří různých typů, které se ve svých provozních stavech doplňují tak, aby pracovaly ve svém nastavení co nejblíže své maximální účinnosti. EPC projekt na první pohled nevidí investiční prostředky, ale energii, která je produkována z určitých procesů a snaží se ji využít. Každý odtah spalin se vybaví spalinovým výměníkem, každý zdroj odpadního tepla, chladu se zapojí do vytápění, chlazení. V případě zmíněné rekonstrukce se přebudovaly původní expanzní nádoby na akumulární, navíc se využily demontované deskové výměníky (náhrada vyšším výkonem), demontovaná oběhová čerpadla (v dobrém stavu) byla přemístěna, jiná funkční nebyla měněna, ale doplněna frekvenčním měničem. Teplo z chlazení technologického okruhu kogenerační jednotky, které bývá běžně mařeno, je využito k předehřevu teplé vody.

Práce nabízí komplexní pohled na EPC a rekonstrukci energetických systémů Kongresového centra, která se během psaní práce chýlila ke konci. Srovnává jednotlivé provozní stavy budovy v letním, přechodném a zimním období. Zajímavý problém, který by mohl být otázkou dalšího zkoumání, byť není součástí této práce, je přehřívání budovy v zimním období. Jižní část budovy je téměř zcela prosklená a v tomto období jsou odstaveny venkovní rolety, neboť hrozí jejich poškození. Při slunečném počasí se, přes venkovní mrazy, místnosti začnou velmi rychle přehřívat.

Ekonomické hledisko metodu EPC nejen podtrhává, ale prostupuje do celého řešení. Protože pouze technicky efektivní řešení systému TZB je i ekonomicky výhodné, nejen pro investora, který má svoje úspory smluvně garantované a navíc získá zcela nová zařízení. Namísto desítky let starých, nehospodárných.

7. Bibliografie

- (1) ENERGETICKÉ PORADENSTVÍ EKIS. *MPO-Efekt* [online]. 2008 [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis>
- (2) *Proces přípravy výběrového řízení veřejné zakázky na poskytování energetických služeb se zaručeným výsledkem metodou EPC* [online]. Praha: APES, 2012 [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/assets/dokumenty/46365/54547/600558/priloha002.pdf>
- (3) *METODIKA PŘÍPRAVY A REALIZACE ENERGETICKY ÚSPORNÝCH PROJEKTŮ ŘEŠENÝCH METODOU EPC U ORGANIZACÍ VE STÁTNÍM SEKTORU* [online]. Praha: LoydGroup, 2013 [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: http://www.apes.cz/uploads/images/publikace/publikace_novela%20metodiky%20EPC.pdf
- (4) DRLÍKOVÁ, Andrea a Leoš GRELICH. *Analýza trhu se zaměřením na EPC: 1994-2014*. Praha: Siemens, 2014.
- (5) *Hoval Ultragas 250D-2000D: Stacionární plynový kondenzační kotel. Technický list*. 2015.
- (6) MATĚJČEK, Karel. *Regulace zdrojů tepla: Pracovní verze*. Praha, 2016.
- (7) DINÇER, İbrahim a Marc ROSEN. *Thermal energy storage systems and applications*. New York: Wiley, 2002. ISBN 04-714-9573-5.
- (8) Jednotlivé kategorie PpS. *ČEPS.cz* [online]. 2017 [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Podpurne-služby/KategoriePpS/Stranky/default.aspx>
- (9) VOBOŘIL, David. *Nový projekt lokální energetické soustavy v Británii má odhalit cestu pro integraci OZE* [online]. b.r. [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/novy-projekt-lokalniho-energeticke-soustavy-britanii-ma-odhalit-cestu-integraci-oze/>
- (10) MOLEK, Tomáš. *Smart region Vrchlabí - první česká chytrá síť*. *OEnergetice.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/smart-region-vrchlabi-prvni-ceska-chytra-sit/>
- (11) *Denní trh - OTE, a.s.* [online]. b.r. [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/kratkodobe-trhy/elektrina/denni-trh/>
- (12) BALÁŠ, Marek. *Kotle a výměníky tepla*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-214-3955-9.
- (13) FÍK, Josef. *Spalovací vlastnosti ZP (I)*. *TZB-info.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-01-04].

-) Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1963-spalovaci-vlastnosti-zp-i>
- (14 Historie Schola Pragensis. *Schola Pragensis* [online]. b.r. [cit. 2017-01-01]. Dostupné z:) http://www.scholapragensis.cz/jnp/cz/historie_schola_pragensis.html
- (15 KCP: Výroční zprávy. *Kongresové centrum Praha* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-12-) 12]. Dostupné z: <https://www.kcp.cz/cz/vyrocní-zpravy>
- (16 Energeticky úsporný projekt ušetří Kongresovému centru Praha 30 % nákladů na energie.) In: *ČEZ* [online]. 2015 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/5220.html>
- (17 BUDÍN, Jan. Cena emisní povolenky EUA spadla už pod 4 eura. *OEnergetice.cz*) [online]. b.r., 2016 [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/emise-co2/cena-emisni-povolenky-eua-spadla-uz-pod-4-eura/>
- (18 VLASÁK, Oldřich. Vodárny v ČR dlouhodobě snižují ztráty v trubní síti.) *OVodarenstvi.cz* [online]. b.r. [cit. 2017-01-01]. DOI: Ing. Dostupné z: <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/sovak-cr-vodarny-v-cr-dlouhodobě-snižují-ztraty-v-trubni-siti>
- (19 BUKOVSKÝ, Jaroslav. ČEZ si poprvé půjčil se ziskem, u českých bank by se mu to) nepodařilo. *E15.cz* [online]. b.r., 2016 [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/byznys/finance-a-bankovnictvi/cez-si-poprve-pujcil-se-ziskem-u-ceskych-bank-by-se-mu-to-nepodarilo-1320658>
- (20 *Tab. 3 Zaměstnanost a mzdy* [online]. ČSÚ, b.r. [cit. 2017-01-03]. Dostupné z:) https://www.czso.cz/documents/10180/32961972/stacr120716_03.xlsx
- (21 *Tab. 4 Stavební práce "S" celkem (ročně)* [online]. ČSÚ, b.r. [cit. 2017-01-03]. Dostupné) z: https://www.czso.cz/documents/10180/32961844/stacr083116_04.xlsx/
- (22 Mzdy, náklady práce: časové řady. *Český statistický úřad* [online]. Praha: ČSÚ, 2016) [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/pmz_cr
- (23 SOCHOR, Vladimír. Dotace na zateplení v kombinaci s EPC. *TZB-info.cz* [online]. 2015) [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/epc-energy-performance-contracting/12542-dotace-na-zatepleni-v-kombinaci-s-epc>
- (24 Seznam budov ústředních vládních institucí v působnosti čl. 5 směrnice 2012/27/EU o) energetické účinnosti. *MPO* [online]. b.r. [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/assets/dokumenty/49664/61204/637198/priloha001.pdf>

8. Seznam zkratek

- APES – Asociace poskytovatelů energetických služeb
ASŘ – automatizovaný systém řízení
BOZP – bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CZT – centrální zásobování teplem
DSPS – dokumentace skutečného provedení stavby
DPH – daň z přidané hodnoty
EER – Energy Efficiency Ratio
EKIS – Energetické konzultační a informační středisko
ELTO – extralehký topný olej
EPC – Energy Performance Contracting
ERÚ – Energetický regulační úřad
ESCO – Energy Service Company – poskytovatel energetických služeb
EU – Evropská unie
FM – frekvenční měnič
KCP – Kongresové centrum Praha, a.s.
KGJ – kogenerační jednotka
KVET – kombinovaná výroba elektřiny a tepla
LTO – lehký topný olej
MPO – ministerstvo průmyslu a obchodu
OPŽP – Operační program Životní prostředí
PENB – Průkaz energetické náročnosti budovy
PPS – podpůrné služby (v elektroenergetice)
SES – smlouva o energetických službách
THP – technicko-hospodářský pracovník
TUV – teplá užitková voda (starý termín, dle novější legislativy by mělo být uvedeno TV, dle dohody je v budově KCP tradičně používáno tohoto termínu).
VZT – vzduchotechnika
ZZT – zpětné získávání tepla (rekuperace, regenerace)

9. Seznam tabulek

Tabulka 2-1 - Celkový harmonogram projektu

Tabulka 2-2 - Harmonogram Zadávacího řízení (3)

Tabulka 3-1 - Závislost tepelného výkonu na teplotě vratné vody KGJ

Tabulka 3-2 - Souhrn parametrů zdrojů

Tabulka 3-3 - Srovnání instalované jednotky Tedom s jednotkami Bosch.

Tabulka 3-4 –Vliv účinnosti na finanční příjem

Tabulka 3-5 - Přehled vhodných látek s fázovou přeměnou pro teplotní zásobník. (7), str. 152

Tabulka 4-1 - Spotřeby jednotlivých zdrojů po měsících

Tabulka 4-2 - Hodnoty výpočtu účinnosti K1

Tabulka 4-3 - Akce v KCP

Tabulka 5-1: Spotřeba energií v KCP v letech 2011-2015 (tis. Kč) Zdroj: Výroční zprávy KCP

Tabulka 5-2: Vývoj projektových nákladů a výnosů v čase (tis. Kč)

Tabulka 5-3 - Dopad změn jednotlivých parametrů na roční splátku (%)

10. Seznam obrázků

- Obrázek 2-1 - Mapa středisek EKIS
- Obrázek 3-1 - Dvojkotel Hoval K1.1
- Obrázek 3-2 - Napojení dvojkotle Hoval
- Obrázek 3-3 - Závislost účinnosti kotlů Hoval na výkonu a teplotním spádu
- Obrázek 3-4 - kogenerační jednotka
- Obrázek 3-5 - Kotel Bosch K3
- Obrázek 3-6 - Expanzní automat
- Obrázek 3-7 - Základní schéma přípravy TUV
- Obrázek 3-8 - Schéma technologického okruhu kogenerační jednotky
- Obrázek 3-9 - Deskový výměník TO KGJ a čerpadlo na straně TUV
- Obrázek 3-10 - Detail zapojení deskových výměníků
- Obrázek 3-11 - Zapojení deskových výměníků
- Obrázek 3-12 - Směšovací ventil TUV TA-MATIC
- Obrázek 3-13 - Sběrače a Rozdělovač
- Obrázek 3-14 - Rozdělovač, sběrače a jejich souvislosti
- Obrázek 3-15 – Schéma zapojení větve zpátečky do KGJ z K1
- Obrázek 3-16 - Cena elektrické energie na denním trhu 25. 12. 2016 (11)
- Obrázek 4-1 - Sankeyův diagram pro červenec
- Obrázek 4-2 - Sankeyův diagram pro srpen
- Obrázek 4-3 - Sankeyův diagram pro září
- Obrázek 4-4 - Sankeyův diagram pro říjen
- Obrázek 4-5 - Sankeyův diagram pro listopad
- Obrázek 4-6 - Sankeyův diagram pro prosinec
- Obrázek 4-7 - Graf závislosti poměrného průtoku studenou zpátečkou k účinnosti
- Obrázek 4-8 - Výpočetní tabulka účinnosti KGJ
- Obrázek 4-9 - Spotřeba TUV ve vybraných dnech
- Obrázek 4-10 – Modelová potřeba tepla v zimním období
- Obrázek 4-11 - Modelová potřeba tepla v přechodném období
- Obrázek 4-12 - Modelová potřeba tepla v letním období
- Obrázek 5-1 - Průběh peněžního toku projektu
- Obrázek 5-2 - Průběh splátek a úspor v čase
- Obrázek 5-3 – Průběh křivek jednotlivých vlivů
- Obrázek 5-4 - Objem projektů EPC v ČR (4)
- Obrázek 5-5 – Objem projektů EPC v ČR (4)
- Obrázek 5-6 – Vývoj sazby PRIBOR 1R – zdroj:kurzy.cz
- Obrázek 5-7 – Vývoj variabilní ceny plynu pro domácnosti (Kč/MWh) – zdroj:tzb-info.cz
- Obrázek 5-8 - Graf vývoje nákladů na modelovou spotřebu energie
- Obrázek 5-9 - Vývoj ceny m³ vody v Praze
- Obrázek 5-10 - Průměrné hrubé mzdy ve stavebnictví (22)
- Obrázek 5-11 - Ukazatel cen průmyslových výrobců
- Obrázek 5-12 – Souhrnný graf ukazatelů nákladů

11. Seznam použitého software

Microsoft Word 2010

Microsoft Excel 2010

Open Sankey (http://www.eco-data.fr/tools/sankey/start_en.php)

Autodesk AutoCAD

Grafana v4.0.1

12. Seznam příloh

Příloha 1 – Seznam poskytovatelů energetických služeb v České republice

Příloha 2 – MPO – Výzva č. 6/2017

Příloha 3 – Technický list Hoval UltraGas (výňatek)

Příloha 4 – Technický list Tedom

Příloha 5 – Ventil TA-MATIC (výňatek)

Příloha 6 – Brochure Bosch CHP UK (výňatek)