

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**Tepelné hospodářství areálu zpracování dřeva**  
**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vypracoval: Bc. Martin Najman**  
**Vedoucí práce: Ing. Miroslav Urban, Ph.D.**  
**ZS 2022/2023**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
Fakulta stavební  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: <u>Najman</u>	Jméno: <u>Martin</u>	Osobní číslo: <u>468202</u>
Zadávací katedra: <u>K125 - Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>Budovy a prostředí</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Tepelné hospodářství areálu zpracování dřeva</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Heating management of the wood procesing area</u>	
Pokyny pro vypracování: Diplomová práce zaměřena na zpracování koncepce zásobování teplem stávajícího areálu zpracování dřeva.	
Práce bude zpracována v rozsahu: - popis stávajícího stavu, model areálu, analýza spotřeb tepla - rešerše možných řešení výroby, rozvodu a sdílení tepla v areálu pro jednotlivé objekty, - návrhu konceptu variant technických řešení – technická proveditelnost, dopad variant na množství tepla a dílčích energonositelů. - ekonomicko-ekologického posouzení navržených variant, - vyhodnocení navrženého řešení.	
Seznam doporučené literatury: Bašta Jiří: Sálavé a průmyslové vytápění, ČVUT 2021 Petráš, Kotrbatý a spol., Vytápění velkoprostorových a halových objektů, 2006 Jaga Group Murtinger K., Beranovský J., Energie z biomasy, ERA, Brno, ISBN 8073660717, (2006) Dahlsveen T., Petráš D., Hirš J., Energetický audit budov, 2003 Jaga Group	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Miroslav Urban, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>26. 9. 2022</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>9. 1. 2023</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
 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>26. 9. 2022</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
---	--



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
Fakulta stavební Thákurova 7, 166 29 Praha 6  
Katedra technických zařízení budov

## **Prohlášení:**

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

**V Praze dne: 9. 1. 2023**

**Podpis:**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
Fakulta stavební Thákurova 7, 166 29 Praha 6  
Katedra technických zařízení budov

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D za vedení mé diplomové práce, profesionální přístup a poskytnuté rady.



## Obsah

1.	Úvod.....	8
2.	Základní informace o areálu .....	9
2.1	Údaje o areálu a jeho umístění .....	9
2.2	Popis technického zařízení a systému .....	10
2.2.1	Vytápění.....	10
2.2.2	Ohřev teplé vody (TV).....	11
2.1.3	Vzduchotechnika (VZT) .....	12
2.1.4	Chlazení (C).....	13
2.1.5	Osvětlení (OSV).....	13
3.	Základní informace o energetických vstupech .....	15
3.1	Energetické vstupy.....	15
3.1.1	Shrnutí základních údajů o energetických vstupech .....	17
3.2	Technické informace vlastních energetických rozvodů. ....	19
3.2.1	Rozvody tepla .....	19
3.3	Údaje o významných spotřebičích energie.....	19
4.	Tepelně technické vlastnosti budov .....	21
4.1	Popis posuzovaných objektů .....	21
4.1.1	Administrativní budova .....	21
4.1.2	Vrátnice .....	25
4.1.3	Truhlárna.....	28
4.1.4	Hala.....	31
5	Vyhodnocení stávajícího stavu .....	32
5.1	Vyhodnocení účinnosti užití energie .....	33
5.2	Vyhodnocení tepelně-technických vlastností stavebních konstrukcí.....	33
5.3	Vyhodnocení úrovně managementu hospodaření s energií.....	37
5.4	Celková energetická bilance.....	38
5.4.1	Energetická bilance celého areálu.....	38
6.	Tepelně technická opatření .....	40
6.1	Komplexní návrh zlepšení tepelně technických vlastností stavebních.....	40
6.1.1	Požadavky .....	40
6.2	Opatření .....	41
6.2.1	Opatření č.1 – Zateplení stropních konstrukcí.....	41
6.2.2	Opatření č.2 – Výměna výplní otvorů .....	42
6.2.3	Opatření č.3 – Zateplení obvodových stěn.....	43
6.2.4	Soubor energeticky úsporných opatření .....	45
7.	Možnosti zdrojů tepla na vytápění .....	46



7.1	Zdroje tepla pro celý areál .....	46
7.1.1	Kotel na bimasu.....	46
7.1.2	Kogenerační jednotka .....	48
7.1.3	Kotel na biomasu se Stirlingovým motorem.....	50
7.2	Zdroj tepla pro vrátnici .....	51
7.2.1	Kondenzační kotel .....	51
7.2.2	Tepelné čerpadlo .....	51
7.2.2.1	TČ vzduch/voda .....	52
7.2.2.2	TČ vzduch/vzduch .....	53
7.3	Kriteriální hodnocení pro výběr zdroje tepla .....	53
8.	Možnosti koncových otopných prvků v objektech.....	54
8.1	Objekt vrátnice, truhlárny a administrativní budovy .....	55
8.1.1	Desková otopná tělesa – radiátory .....	55
8.1.2	Konvektory - otopné registry (výměníky) .....	56
8.2	Objekt haly .....	56
8.2.1	Vzduchové dveřní clony .....	57
8.2.2	Vodní sálavé panely .....	58
8.2.3	Nástěnné teplovzdušné jednotky.....	61
8.3	Sušárny .....	62
9	Kombinace variant energeticky úsporných opatření a výměna koncových prvků včetně zdroje tepla .....	64
9.1	Varianta 1 .....	65
9.2	Varianta 2.....	68
9.3	Varianta 3 .....	71
9.4	Vyhodnocení variant .....	74
10.	Závěr.....	78
	Seznam příloh .....	80
	Použité programy .....	80
	Literatura a použité zdroje.....	81
	Seznam obrázků .....	84
	Seznam tabulek.....	85
	Seznam grafů .....	86
	Normy, zákony, směrnice, vyhlášky.....	87



## Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem vhodné otopné soustavy a zdroje tepla na vytápění areálu zpracování dřeva. Areál má celkem 4 vytápěné objekty. Jedná se o administrativní budovu, která má tři nadzemní podlaží. Objekty vrátnice, truhlárny a haly mají jedno nadzemní podlaží.

Teoretická část je rozdělena na dva úseky. První část tvoří analýza stavu areálu a výpočet tepelných ztrát všech vytápěných objektů. Druhá část je zaměřená na nalezení vhodných variant tepelně-technických opatření. Všechny možné varianty byly porovnány a vyhodnoceny. Následně byla vybrána nejvhodnější varianta tepelně-technických opatření a zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Na základě tohoto byla zpracována technická proveditelnost ve formě výkresové studie vytápění.

## Klíčová slova

tepelná ztráta, zdroj vytápění, dřevní štěpka, kotel na biomasu, zateplení, opatření, teplovzdušná jednotka, kogenerační jednotka, desková otopná tělesa, radiátory, otopné registry, rozvody tepla, spotřeba energie na vytápění, energetická náročnost, emise, energonositel

## Abstract

This thesis deal with the design of heating system and heat source for heating of the wood procesing area. The area has a total of 4 heated objects. It is an administrative building that has three floors above ground. The buildings of gatehouse, joinery and hall have only one above ground floor.

The theoreticall part is split into two separate parts. First part consist of analysis of the state of the area and calculation of heat loses of all heated objects. Second part focuses on finding suitable variants of thermal technical measures. All the possible variants were compared and evaluted. The most suitable wariant of the technical measures and sources of heating and water heating was chosen. On the basis of this the technical feasibility was worked in the form of heating drawing study.

## Keywords

heat loss, heating source, woodchips, biomass boiler, insulation, measures, heat air unit, cogeneration unit, heating elements, radiators, heating registers, heat distribution, energy consumption for heating, energy consumption, emission, energy carrier



## 1. Úvod

Tato diplomová práce je členěna na dva celky. Teoretickou část, která se zabývá vhodným výběrem systému otopné soustavy a zdroje tepla na vytápění areálu zpracování dřeva, ve kterém se nachází čtyři vytápěné objekty. Druhá část je praktická, kde se řeší analýza stávajícího stavu, následně tepelně-technická opatření a jednotlivé varianty kombinací navržených opatřeních.

Vzhledem k vývoji cen na trhu za elektrickou energii a plyn za poslední rok je velké téma jakým zdrojem vytápět jakýkoliv objekt. Každým rokem se kladou větší nároky na energetickou náročnost objektů a snižování jejich tepelných ztrát. Tím je dosaženo snížení množství energie na samotný provoz, jenž vede ke snížení vypouštění emisí CO<sub>2</sub> do ovzduší.

V první fázi bude provedena analýza současného stavu vytápění a stanovení tepelných ztrát jednotlivých vytápěných objektů. Podle výpočtu tepelných ztrát objektů budou navržena tepelně-technická opatření, která tepelnou ztrátu sníží. Budou vypracovány různé varianty stavebních úprav, které budou mezi sebou následně porovnány.

V dalším kroku bude ke stavebním opatřením přidána výměna rozvodů a koncových otopných prvků. Následně vznikne několik kombinací variant, ze kterých se vybere ta nejvhodnější. Součástí této varianty bude vybrán nový zdroj tepla pro celý areál. Nejvhodnější varianta bude splňovat ekonomické, ekologické a provozní požadavky. Tato varianta bude zpracována ve formě výkresové studie proveditelnosti.





## 2. Základní informace o areálu



Obrázek 1 - Schéma areálu

### 2.1 Údaje o areálu a jeho umístění

Areál se nachází v Karlovarském kraji v obci Nový Kostel. Všechny budovy se nachází na několika stavebních parcelách, které jsou umístěny v katastrálním území Nový Kostel. Celková výměra pozemků, na kterých jsou stavební objekty je 35 850 m<sup>2</sup>. Všechny řešené objekty jsou na rovinatém terénu na okraji části obce Nový Kostel. Přístup do areálu je řešen ze západní strany. Komunikace k objektům je po betonových panelech.

Celý areál nabízí tyto služby:

- tuzemská přeprava nákladů, tuzemská kamionová doprava, tuzemská přeprava zemědělských komodit
- výkop zeminy, výkopy pro inženýrské sítě, nakládání a převoz zeminy, zpevňování ploch, úpravy terénu



- odstraňování staveb, bourání objektů, těžká technika, cihelná suť, likvidace odpadu
- manipulace s břemeny, přeprava nákladů s jeřáby, pronájem plošin a autojeřábů
- pilařská výroba, jehličnaté truhlářské řezivo, listnaté truhlářské řezivo, impregnace řeziva, práce s nakladačem řeziva, hoblovaní řeziva

V areálu se nachází celkem 4 vytápěné objekty – administrativní budova s dílnou a sklady, hala, vrátnice, truhlárna a další nevytápěné objekty jako jsou například tři sušárny, sklady, garáže, pilnice a další. V celém areálu pracuje přibližně 100 zaměstnanců na dvě směny od pondělí do pátku.

## 2.2 Popis technického zařízení a systému

Jedná se o soubor technických vlastností předmětu energetického posudku, zaměřujícího se na vstupy a výchozí stav hospodaření areálu s energií. Výsledkem je provedeno vyhodnocení vlivů všech spotřebičů TZB a technologie na potřebu energie. Cílem je definovat potenciální úspory energie.

### 2.2.1 Vytápění

Zdroj vytápění pro celý areál je umístěn v kotelně, která se nachází vedle administrativní budovy.

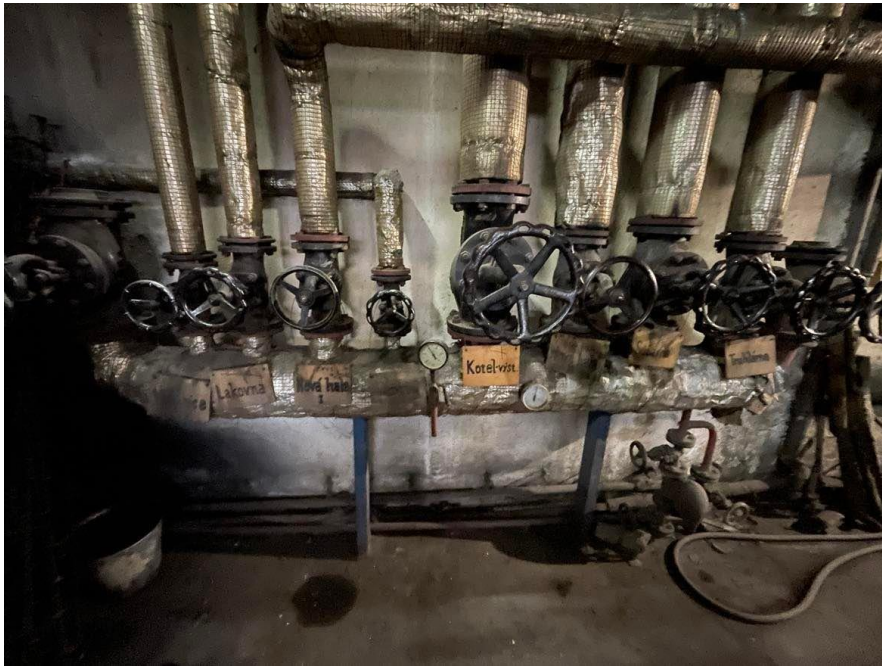
V kotelně se nachází dva parní kotle na dřevní odpad z pily, která je součástí areálu. Kotelna je rozdělena do 2 výškových úrovní. V podzemní části se nachází již nefunkční, ale stále fyzicky přítomný parní kotel. V úrovni čisté podlahy 1. nadzemního podlaží je umístěn nízkotlaký parní kotel na dřevní odpad SIGMA SLATINA BRNO VSD 1000 o jmenovitém výkonu 1MW. Tento kotel je slouží jako zdroj tepla, zdroj páry pro sušárny a na ohřev teplé vody.

Zdroj vytápění	Energonositel	Tepelný výkon [kW]	Počet kusů [ks]	Celkový výkon [kW]	Účinnost/COP [%]	Vytápí
Kotel na dřevní odpad SIGMA SLATINA BRNO VSD 1000	Dřevní štěpka	1000	1	1000	65	Celý areál
<b>Celkem</b>				<b>1000</b>		

Tabulka 1 – Výkon zdroje tepla vytápění

Otopná soustava je parní s nuceným oběhem páry, kde zkondenzovaná vodní pára je odváděna zpět potrubím do kondenzační nádoby. Každá budova má přívodní a odvodní potrubí, které je napojeno na rozdělovač/sběrač. Všechny rozvody jsou vedeny z kotelny v izolovaném potrubí, které jsou uchyceny na ocelové konstrukci. Do objektu dílny je izolované potrubí vedeno v zemi kanálkem. Ve všech objektech jsou tvořeny otopné plochy pomocí trubkových otopných těles tzv. otopných registrů a teplotovzdušnými parními jednotkami.

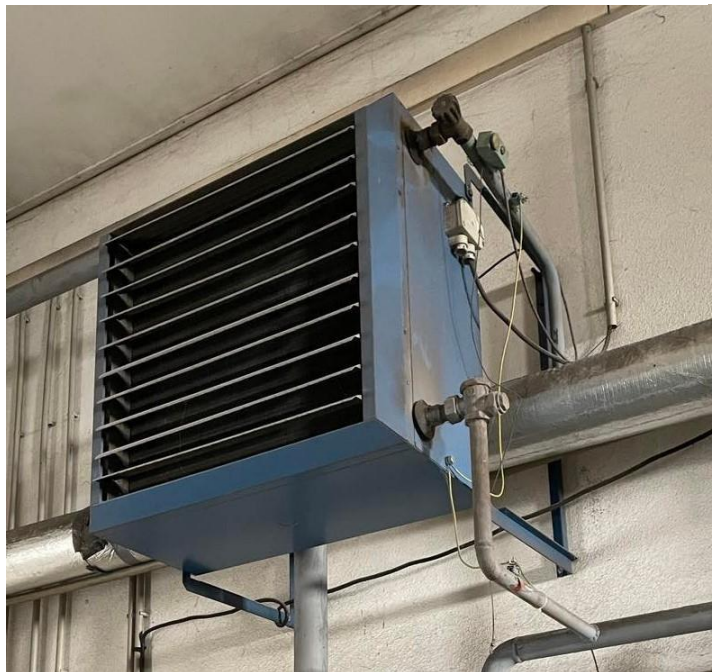




Obrázek 2 – Stávající rozdělovač/sběrač v kotelně



Obrázek 3 - Kotel na dřevní štěpku



Obrázek 4 - Stávající teplovzdušná parní jednotka

## 2.2.2 Ohřev teplé vody (TV)

Ohřev teplé vody zajišťuje rovněž nízkotlaký parní kotel na dřevní odpad v nepřímotopném zásobníku o celkovém objemu 1000 l.



Obrázek 5 - Nepřímotopný zásobník teplé vody

Zdroj vytápění	Energonositel	Tepelný výkon [kW]	Počet kusů [ks]	Celkový výkon [kW]	Účinnost/COP [%]	Vytápí
Kotel na dřevní odpad SIGMA SLATINA BRNO VSD 1000	Dřevní štěpka	1000	1	1000	65	Celý areál
<b>Celkem</b>				<b>1000</b>		

Tabulka 2 - Výkon zdroje ohřevu teplé vody

Měsíc	2019			
	Spotřeba [MWh]	Spotřeba [GJ]	Náklady [Kč]	[Kč/MWh]
Celkem	131,59	473,71	105 533	802

Tabulka 3 - Spotřeba energie na ohřev teplé vody

Spotřeba tepla na přípravu teplé vody byla spočítána na předpokládaný maximální počet zaměstnanců v areálu 100 osob. Potřeba teplé vody na jednu osobu v průmyslových areálech se uvažuje 30 l/den. Podrobný výpočet spotřeby tepla na ohřev teplé vody viz. Příloha 2 – Výpočty.

### 2.1.3 Vzduchotechnika (VZT)

V celém areálu se nenachází žádná vzduchotechnika.



### 2.1.4 Chlazení (C)

V celém areálu se nenachází žádné chlazení.

### 2.1.5 Osvětlení (OSV)

V objektu administrativní budovy je zajištěno osvětlení převážně pomocí zářivkových svítidel o příkonech 2x58 W a 2x36 W. Dále se zde nachází žárovková svítidla o příkonu 60 W a 40 W. Celkový příkon osvětlení v administrativní budově je 19,40 kW.

V objektu vrátnice je zajištěno umělé osvětlení pomocí zářivkových svítidel o příkonu 2x36 W. Celkový příkon osvětlení ve vrátnici je 0,17 kW.

V objektu truhlárny je zajištěno umělé osvětlení pomocí zářivkových svítidel o příkonu 2x58 W. Celkový příkon osvětlení v truhlárně je 8,34 kW.

V objektu haly je zajištěno umělé osvětlení pomocí zářivkových svítidel o příkonu 2x58 W. Celkový příkon osvětlení v hale je 23,35 kW.

Umělé osvětlení v ostatních objektech, které nejsou vytápěny, ale nachází se v řešeném areálu je zajištěno zejména pomocí zářivkových svítidel o příkonu 2x58 W a 2x36 W. Dále se zde nachází LED průmyslová svítidla o příkonu 12 W a výbojková svítidla o příkonu 250 W. Celkový příkon osvětlení nevytápěných objektů je 16,28 kW.

Uvažovaná doba svícení v dílnách je 5 hodin denně. V kancelářích uvažujeme dobu svícení 10 hodin denně. Na chodbách a v hygienických prostorech je uvažovaná doba svícení 2 hodiny denně.

Umělé venkovní osvětlení v areálu je zajištěno pomocí LED průmyslových svítidel o příkonu 9 W, halogenových svítidel o příkonu 150 W, výbojkových svítidel o příkonu 250 W a zářivkových svítidel o příkonu 2x36 W. Celkový příkon venkovního osvětlení je 1,16 kW.

Celkový příkon osvětlení za celý areál je 68,70 kW.



Stávající osvětlení	Doba svícení [hod/den]	Příkon [W]	Počet kusů [ks]	Celkový příkon [kW]	Osvetluje
Žárovkové 40 W	10	40	15	0,60	Admin. Budovu
Zářivkové 2x36 W	5	86	54	4,64	Admin. Budovu
Zářivkové 2x58 W	5	139	18	2,50	Admin. Budovu
Žárovkové 60 W	2	60	12	0,72	Admin. Budovu
Zářivkové 2x36 W	2	86	2	0,17	Admin. Budovu
Žárovkové 60 W	2	60	2	0,12	Admin. Budovu
Žárovkové 60 W	2	60	8	0,48	Admin. Budovu
Zářivkové 2x36 W	2	86	39	3,35	Admin. Budovu
Zářivkové 2x58 W	2	139	44	6,12	Admin. Budovu
Zářivkové 2x36 W	2	86	8	0,69	Admin. Budovu
Zářivkové 2x58 W	2	139	168	23,35	Halu
Zářivkové 2x36 W	2	86	2	0,17	Vrátnici
Zářivkové 2x58 W	5	139	60	8,34	Truhlárnu
Zářivkové 2x58 W	5	139	8	1,11	Nevyt. objekty
LED průmyslové 12 W	5	12	1	0,01	Nevyt. objekty
Zářivkové 2x36 W	5	86	6	0,52	Nevyt. objekty
Výbojkové 250 W	5	338	15	5,07	Nevyt. objekty
Zářivkové 2x58 W	5	139	54	7,51	Nevyt. objekty
Zářivkové 2x36 W	5	86	24	2,06	Nevyt. objekty
Halogenové 150 W	8	150	4	0,60	Venkovní
LED průmyslové 9 W	8	9	5	0,05	Venkovní
Zářivkové 2x36 W	8	86	2	0,17	Venkovní
Výbojkové 250 W	8	338	1	0,34	Venkovní
Celkem objekt Administrativní budovy				19,40	kW
Celkem objekt Vrátnice				0,17	kW
Celkem objekt Truhlárny				8,34	kW
Celkem objekt Haly				23,35	kW
Nevytápění objekty				16,28	kW
Celkem venkovní osvětlení				1,16	kW
Celkem zářivková svítidla				60,71	kW
Celkem žárovková svítidla				1,92	kW
Celkem výbojková svítidla				5,41	kW
Celkem halogenová svítidla				0,60	kW
Celkem LED svítidla				0,06	kW
<b>Celkem</b>				<b>68,70</b>	<b>KW</b>

Tabulka 4 - Výpis stávajícího osvětlení

### Závěr:

V posuzovaném areálu jsou využívány pouze dva energonositele. Jedná se o dřevní odpad a elektrickou energii.

Elektrická energie se používá pro umělé osvětlení, provoz strojů a technologií pro





dřevní výrobu. Dřevní odpad je používán k vytápění celého areálu, ohřevu teplé vody pro celý areál a pro sušení dřeva. Sušárny se nachází vedle objektu truhlárny.

Potenciál úspory energie vidím ve výměně stávajícího kotle, který má nízkou účinnost. Dále kompletním zateplením všech vytápěných budov, kterým dojde k velkému snížení tepelné ztráty. Výsledkem bude podstatné snížení velikosti výkonu nového zdroje s jeho zvýšenou účinností. Taktéž bude nutné vyměnit veškeré rozvody tepla včetně koncových těles. Na stávajícím objektu truhlárny se momentálně instaluje fotovoltaická elektrárna. Vyrobena elektrická energie se bude využívat pro chod strojů truhlárny nebo by přebytky této energie byly využity pro ohřev teplé vody. Ohřev teplé vody by byl kombinovaný na dřevné štěpku a elektrickou energii.

### 3. Základní informace o energetických vstupech

Všechny energetické vstupy uvedené níže v tabulkách jsou převzaty z doložených faktur a podkladů od majitele areálu. Jedná se o roční množství nakupované elektrické energie, resp. daného typu paliva s jejich parametry a ročními provozními náklady.

#### 3.1 Energetické vstupy

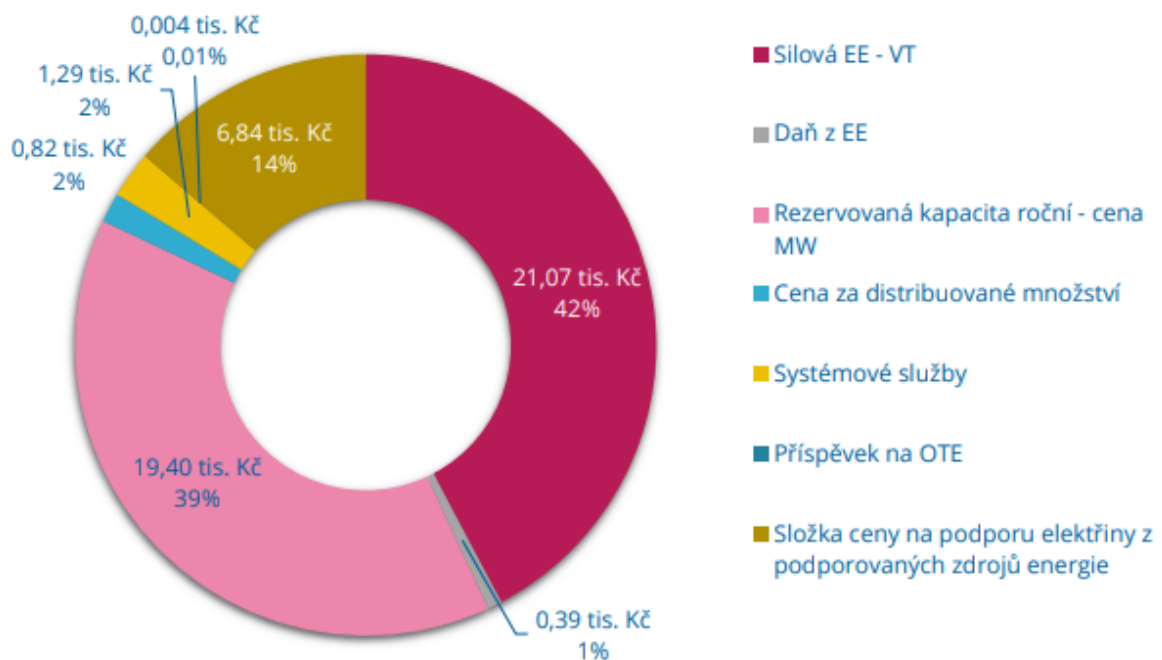
V celém areálu jsou využívány pouze dva druhy energií. Jedná se o energii elektrickou a dřevní odpad.

#### Elektrická energie

Majitelem byly dodány měsíční spotřeby celého areálu za rok 2018, 2019 a 2020. Dodavatelem elektrické energie je BOHEMIA ENERGY entity s.r.o., skrze jedno odběrné místo napojené na distribuční soustavu VN. Detailnější skladba ceny elektrické energie byla určena z doložené faktury za březen 2021.

Skladba ceny EE z VN pro březen 2021				
Sílová elektřina				
Položka	Jedn.	Jednotková cena (Kč/Jedn.)	Množství (Jedn.)	Celková cena (Kč)
Sílová EE - produkt PRIM	MWh	1 524,38	13,8	21 068,47
Daň z EE	MWh	28,30	13,8	391,13
Distribuce				
Položka	Jedn.	Jednotková cena (Kč/Jedn.)	Množství (Jedn.)	Celková cena (Kč)
Rezervovaná kapacita roční	MW	176 388,00	0,11	19 402,68
Cena za distribuované množství	MWh	59,54	13,8	822,90
Systémové služby	MWh	93,30	13,8	1 289,50
Příspěvek na OTE	měs.	3,91	1,0	3,91
Složka ceny na podporu elektřiny z POZE	MWh	495,00	13,82	6 841,40
Celkem (bez stálých platů) VT	MWh	2 200,52	13,8	30 413,40
Stálé platy	měs.	19 406,59	1,0	19 406,59
<b>Celkem včetně stálých platů</b>	<b>MWh</b>	<b>3 604,66</b>	<b>13,8</b>	<b>49 819,99</b>

Tabulka 5- Skladba ceny EE z VN pro březen 2021



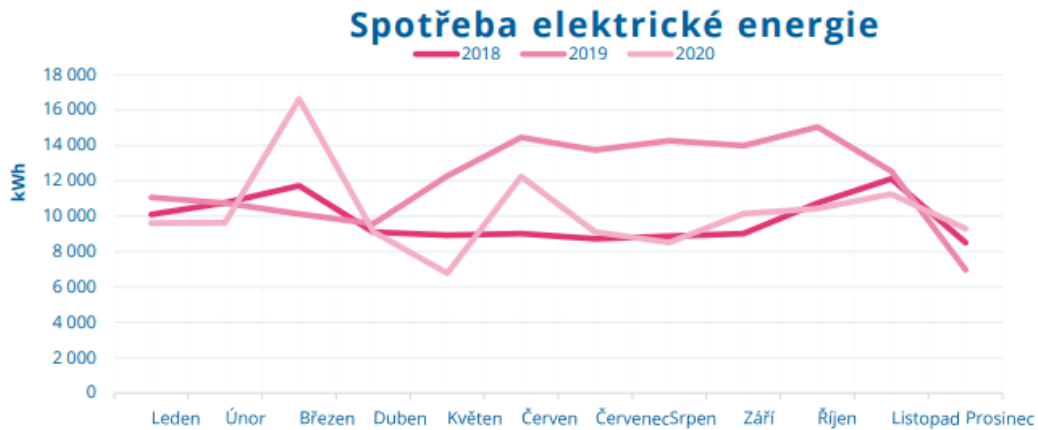
Graf 1 - Skladba ceny EE z VN pro březen 2021

Z grafu lze vyčíst rozdělení skladby ceny elektrické energie vycházející z faktury za měsíc březen roku 2021. Největší podíl obsahuje složka rezervované roční kapacity a silové elektrické energie.

Měsíc	2018			2019			2020		
	Spotřeba [kWh]	Náklady [Kč]	Kč/kWh	Spotřeba [kWh]	Náklady [Kč]	Kč/kWh	Spotřeba [kWh]	Náklady [Kč]	Kč/kWh
Leden	10 084	37 787	3,75	11 063	44 991	4,07	9 603	43 802	4,56
Únor	10 749	39 144	3,64	10 727	43 308	4,04	9 617	40 830	4,25
Březen	11 708	51 988	4,44	10 117	42 815	4,23	16 625	56 388	3,39
Duben	9 094	36 065	3,97	9 567	41 502	4,34	9 125	39 741	4,36
Květen	8 915	35 669	4,00	12 269	46 768	3,81	6 784	34 540	5,09
Červen	9 005	35 834	3,98	14 455	51 685	3,58	12 243	46 654	3,81
Červenec	8 720	35 340	4,05	13 727	50 049	3,65	9 094	40 580	4,46
Srpen	8 865	35 597	4,02	14 254	51 241	3,59	8 516	39 300	4,61
Září	9 012	35 853	3,98	13 979	50 615	3,62	10 127	42 884	4,23
Říjen	10 735	39 099	3,64	15 042	54 398	3,62	10 421	56 660	5,44
Listopad	12 116	41 661	3,44	12 531	47 364	3,78	11 241	57 278	5,10
Prosinec	8 497	34 907	4,11	6 971	34 874	5,00	9 282	41 000	4,42
Celkem	117 500	458 942	3,91	144 702	559 609	3,87	122 678	539 656	4,40

Tabulka 6 - Přehled spotřeb elektrické energie v kWh pro celý areál





Graf 2 - Spotřeba elektrické energie za rok 2018, 2019 a 2020

## Dřevo

Druhým energonositelem je dřevo, které se používá na vytápění, provoz sušáren a ohřev teplé vody v celém areálu. Odpadní dřevo je v podobě štěpky, jenž vzniká při výrobě v tomto řešeném areálu. Majitelem byly dodány přibližné spotřeby za rok 2019, z kterých byla stanovena obvyklá cena za dřevní odpad.

Měsíc	2019		
	Spotřeba [t]	Náklady [Kč]	Kč/t
Celkem	781	1 757 813	2250

Tabulka 7 - Přehled spotřeb dřeva v tunách

Ve výpočtu je uvažováno s výhřevností dřevní štěpky 10,1 MJ/kg

Měsíc	2019		
	Dodaná energie [MWh]	Náklady [Kč]	Kč/MWh
Celkem	2192	1 757 813	802

Tabulka 8 - Přehled spotřeb dřeva v MWh

## Závěr:

Dřevní štěpka je využívána pro vytápění, ohřev teplé vody a provoz sušárny. V průběhu zbývajících hodnocených období nedošlo k výrazné změně provozu, budeme uvažovat spotřebu dřevní štěpky v letech 2018 a 2020 stejnou jako v roce 2019.

### 3.1.1 Shrnutí základních údajů o energetických vstupech

V tabulkách jsou uvedeny spotřeby a náklady všech energonositelů pro celý areál v hodnoceném období v letech 2018, 2019 a 2020. Spotřeba dřevní štěpky byla dodána majitelem areálu. Hodnoty spotřeby a ceny elektrické energie jsou doloženy majitelem z reálných spotřeb. Cena dřevního odpadu byla převzata z obvyklých cen z roku 2019.



Energonositel		2018	2019	2020	Půměr
Elektřina	Spotřeba [MWh]	117,50	144,70	122,68	128,29
	Spotřeba [GJ]	423,00	520,92	441,65	461,86
	Náklady [Kč]	458 942	559 609	539 656	519 402
Dřevo	Spotřeba [MWh]	2 191,84	2 191,84	2 191,84	2 191,84
	Spotřeba [GJ]	7 890,62	7 890,62	7 890,62	7 890,62
	Náklady [Kč]	1 757 813	1 757 813	1 757 813	1 757 813
Celkem	Spotřeba [MWh]	2 309,34	2 336,54	2 314,52	2 320,13
	Spotřeba [GJ]	8 313,62	8 411,54	8 332,27	8 352,48
	Náklady [Kč]	2 216 755	2 317 422	2 297 469	2 277 215

Tabulka 9 - Spotřeba a náklady na energie v období 2018-2020

Spotřebič	Energo- nositel	Jedn	Naměřená v roce			Průměr
			2018	2019	2020	
Vytápění [Jedn/rok]	Dřevo	MWh	1 168,19	1 168,19	1 168,19	1 168,19
		GJ	4 205,48	4 205,48	4 205,48	4 205,48
Ostatní [Jedn/rok]	Elektřina	MWh	117,50	144,70	122,68	128,29
		GJ	423,00	520,92	441,65	461,86
	Dřevo	MWh	1 023,65	1 023,65	1 023,65	1 023,65
		GJ	3 685,14	3 685,14	3 685,14	3 685,14
Celkem [Jedn/rok]	Elektřina	MWh	117,50	144,70	122,68	128,29
		GJ	423,00	520,92	441,65	461,86
	Dřevo	MWh	2 191,84	2 191,84	2 191,84	2 191,84
		GJ	7 890,62	7 890,62	7 890,62	7 890,62

Tabulka 10 - Rozdělení spotřeby energie na vytápění a ostatní

Před realizací (roční hodnoty) - výchozí stav celéh areálu						
Vstupy paliv a energie		Jednotka	Množství	Výhřevnost [GJ/jedn]	Přepočet [MWh/rok]	Roční náklady [tis. Kč/rok]
1	Elektřina	GJ	461,86	1,0	128,29	496 145
2	Teplo	GJ	-	-	-	-
3	Zemní plyn	GJ	-	-	-	-
4	Jiné plyny	MWh	-	-	-	-
5	Hnědé uhlí	t	-	-	-	-
6	Černé uhlí	t	-	-	-	-
7	Koks	t	-	-	-	-
8	Jiná pevná paliva (dřevní štěpka)	t	780,0	10,1	2 191,84	1 753 813
9	TO	t	-	-	-	-
10	TOEL	t	-	-	-	-
11	Druhotné zdroje	GJ	-	-	-	-
12	Obnovitelné zdroje	GJ/MWh	-	-	-	-
13	<b>Celkem vstupy paliv a energie</b>				<b>2 320,13</b>	<b>2 249 958</b>

Tabulka 11 - Průměrné spotřeby z let 2018-2020, z nichž vycházejí přenásobením cenami za energie z poslední dodané faktur roční náklady



### 3.2 Technické informace vlastních energetických rozvodů

Pro další výpočty je důležité znát informace o rozvodech energie. U rozvodů tepla se jedná o druh, jeho délku, průměr, kapacitu, stáří a technický stav, provedení, tloušťka a stav tepelné izolace.

#### 3.2.1 Rozvody tepla

Celou otopnou soustavu tvoří parní dvoutrubková s nuceným oběhem páry, která je zajištěna oběhovými čerpadly. Zkondenzovaná pára je odváděna zpět potrubím do kondenzační nádoby.

Hlavní a páteřní rozvody topné vody jsou vedeny podél stěn (nad podlahou a pod stropem) k jednotlivým topným větvím a tělesům.

Otopné plochy v areálu jsou trubková otopná tělesa (registry) a teplovzdušné parní jednotky.

Provedení:	Materiál: ocelové bezešvé trubky
Stáří a technický stav:	Otopná soustava v budově je z doby výstavby. Stáří se odhaduje na cca 50 let. Stáří odpovídá, v jakém technickém stavu jsou rozvody.
Tepelná izolace:	Rozvody otopné soustavy jsou od kotle přes rozdělovač až do jednotlivých objektů zatepleny tepelnou izolací v tloušťkách od 30 do 50 mm. Tyto rozvody jsou vedeny na stávajících konzolách nebo v zemních kolektorech. Ostatní rozvody v areálu jsou bez tepelné izolace. Většina rozvodu vede vytápěnými prostory.

Objekt	Stávající tepelná ztráta objektu [KW]	Stávající tepelná ztráta potrubí s izolací [W]	Spotřeba energie na vytápění [MWh/rok]	Průtok potrubím [kg/h]	Délka potrubí [m]	Rozměr potrubí [mm]
Hala	262	4 493	23,2	15 023	79	108x5
Truhlárna	206	870	4,5	11 811	16	102x5
Vrátnice	20	2 901	15,0	1 147	119,6	31,8x3,6
Administrativní budova	80	442	2,3	4 587	12	60,3x3,6
3x Sušárna	399	8 311	43,0	22 874	150	127x5
<b>Celkem</b>		<b>17 017</b>	<b>88,044</b>			

Tabulka 12 - Souhrn stávajících tepelných ztrát ve venkovních rozvodech

### 3.3 Údaje o významných spotřebičích energie

Jedná se o soubor významných energetických spotřebičů výchozího stavu objektu truhlárny. V tabulce jsou uvedeny druhy spotřebičů, jejich elektrický příkon a denní provozní režim v hodinách.

Největší elektrický příkon v objektu truhlárny mají spotřebiče fréza s příkonem 30 kW, hoblovací a žlábkovací stroj s příkonem 29 kW a další technologie. Celkový příkon technologií v objektu truhlárny je 129,10 kW.



Název	Příkon [W]	Počet [ks]	Celkový příkon [kW]	Energonositel	Provozní využití [hod/den]	Umístění v objektu
Fréza	30,00	1	30,00	Elek. ene.	16	Truhlárna
FVS	3,20	1	3,20	Elek. ene.	16	Truhlárna
Pásovka	3,00	2	6,00	Elek. ene.	16	Truhlárna
Kittel LasIII	3,00	1	3,00	Elek. ene.	16	Truhlárna
Bruska	1,20	2	2,40	Elek. ene.	16	Truhlárna
Lignet fréza	3,00	1	3,00	Elek. ene.	16	Truhlárna
VEB fréza	3,10	1	3,10	Elek. ene.	16	Truhlárna
VEB fréza	1,60	1	1,60	Elek. ene.	16	Truhlárna
Stojanová vrtačka	2,20	1	2,20	Elek. ene.	16	Truhlárna
Urban fréza	4,00	1	4,00	Elek. ene.	16	Truhlárna
Reszelski DMMA 35 kotoučová pila	1,40	1	1,40	Elek. ene.	16	Truhlárna
Pila	3,20	1	3,20	Elek. ene.	16	Truhlárna
Maschinefabrik Roman FOV	4,00	1	4,00	Elek. ene.	16	Truhlárna
Maschinefabrik Roman CTAM	19,00	1	19,00	Elek. ene.	16	Truhlárna
Felder K-6	4,00	1	4,00	Elek. ene.	16	Truhlárna
TOS Svitavy master FWP 22	29,00	1	29,00	Elek. ene.	16	Truhlárna
Vývěva	10,00	1	10,00	Elek. ene.	16	Truhlárna
Počítač	0,30	8	2,40	Elek. ene.	8	Admin. budova
Tiskárna	0,50	1	0,50	Elek. ene.	8	Admin. budova
Výtah	1,50	1	1,50	Elek. ene.	24	Admin. budova
Bruska	1,60	1	1,60	Elek. ene.	16	Hala
Soustruh	11,20	2	22,40	Elek. ene.	16	Hala
Stojanová vrtačka	1,40	1	1,40	Elek. ene.	16	Hala
Hydraulické nůžky	18,50	1	18,50	Elek. ene.	16	Hala
Kompresor	36,00	3	108,00	Elek. ene.	16	Hala
Katr	130,00	1	130,00	Elek. ene.	8	Nev. objekty
Rozmítačka	150,00	1	150,00	Elek. ene.	8	Nev. objekty
Odsávání	30,00	1	30,00	Elek. ene.	8	Nev. objekty
TOS Svitavy PKSN 32 A	37,00	1	37,00	Elek. ene.	8	Nev. objekty
Betonárka	40,00	1	40,00	Elek. ene.	8	Nev. objekty
Kmpresor	7,50	1	7,50	Elek. ene.	8	Nev. objekty
Kompresor	6,00	1	6,00	Elek. ene.	8	Nev. objekty
Sušárna	133,30/7,5	3	399,90/22,5	Elek. ene.	8	Nev. objekty
<b>Celkem</b>	<b>729,70</b>	<b>47</b>	<b>1085,80</b>			

Tabulka 13 - Výpis spotřebičů v areálu



### Zjištění:

**Instalované spotřebiče v celém areálu mají podstatný vliv na posouzení navržených opatření.**

## 4. Tepelně technické vlastnosti budov

Kapitola se zabývá popisem technických vlastností jednotlivých konstrukcí všech částí řešených objektů v areálu. Pomocí těchto ukazatelů jsme schopni navrhnout soubor energeticky úsporných opatření a zajištění využití potenciálu možných energetických úspor, poskytovaných v části stavební.

Energetická náročnost stávajících stavů jednotlivých budov je popsána parametry energetické spotřeby, určenými tepelně technickými vlastnostmi a geometrickými parametry obvodových konstrukcí. Tepelně technické vlastnosti jsou dány jednotlivými součiniteli prostupu tepla, které jsou určeny součiniteli tepelné vodivosti použitých materiálů a tloušťkou konstrukce. Výsledkem je pomocí obálkové metody hodnota měrné tepelné ztráty konstrukce.

### 4.1 Popis posuzovaných objektů

#### 4.1.1 Administrativní budova

Posuzovaným objektem je budova, ve které jsou kanceláře včetně zázemí zaměstnanců a výroba. Objekt se nachází na stavební parcele č. 192/1, k.ú. Nový Kostel [707708], Objekt je rozdělen na tři zóny. První zónu tvoří výroba, která se je v 1. a 2. nadzemním podlaží. Druhou zónu tvoří kanceláře, které jsou rovněž v 1. a 2. nadzemním podlaží. Třetí zónu tvoří sklad ve 3. nadzemním podlaží. Budova má celkem 3. nadzemní podlaží. Objekt je obdélníkového tvaru a je zastřešen mansardovou střechou.

Obvodové stěny (Z1, Z2, Z3) jsou vyzděny z cihel plných pálených. V žádné skladbě stěn se nenachází tepelná izolace.

Podlaha přilehlá k zemině (P1) je bez tepelné izolace. Skladbu podlahy tvoří betonová mazanina a podkladní beton.

Strop pod nevytápěnou půdou (S1) je tvořen minerální vatou tl. 160 mm ( $\lambda = 0,038$  W/(m.K)) a podhledem.

Dveřní výplně otvorů (D1) jsou tvořeny ocelovými dveřmi s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_d = 3,50$  W/(m<sup>2</sup>.K). Dveřní výplně otvorů (D2) jsou tvořeny plastovými dveřmi s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_d = 1,70$  W/(m<sup>2</sup>.K). Výplně otvorů (O1) jsou tvořeny plastovými okny s izolačním dvojsklem s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_w = 1,50$  W/(m<sup>2</sup>.K).



Obrázek 6 – Pohled na administrativní budovu

Charakteristika budovy - sklad ve 3.np						
Obestavěný prostor vytápěné zóny budovy V [m <sup>3</sup> ]						1760,5
Celková plocha ochlazovaných k-cí ohraničujících obestavěný prostor vytápěné zóny budovy A [m <sup>2</sup> ]						927,3
Celková energeticky vztažná plocha budovy [m <sup>2</sup> ]						542,0
Geometrická charakteristika budovy (objemový faktor) A/V [m <sup>-1</sup> ]						0,5
Převažující vnitřní teplota v otopném období Q <sub>im</sub> [°C]						10
Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí						
Konstrukce	Plocha A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla U <sub>i</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Požad. hodnota součinitele prostupu tepla U <sub>N,20</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Činitel teplotní redukce [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla H <sub>ti</sub> [W/K]	
Konstrukce vertikální						
Z1	Stěna vnější	317,36	1,26	0,30	1,00	399,9
Konstrukce horizontální						
S1	Strop pod nevytápěnou půdou	586,64	0,30	0,3	0,74	130,2
Výplně otvorů						
O1	Plastová okna s izolačním dvojsklem	25,92	1,5	1,5	1,00	38,9
D2	Ocelová vrata	2,90	3,50	1,70	1,00	10,2
<b>Celkem</b>						<b>579,1</b>
Tepelné vazby (0,15*A)						139,9
<b>Celková měrná tepelná ztráta konstrukcí [W/K]</b>						<b>719,1</b>
<b>Měrná tepelná ztráta větráním [W/K]</b>						<b>155,6</b>
<b>Celková tepelná ztráta objektu [kW]</b>						<b>21,87</b>

Tabulka 14 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 1 (sklad ve 3.np)



Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí						
Konstrukce		Plocha $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla $U_i$ [W.m <sup>2</sup> /K]	Požad. hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ [W.m <sup>2</sup> /K]	Činitel teplotní redukce [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{ti}$ [W/K]
<b>Konstrukce vertikální</b>						
Z1	Stěna vnější	142,65	1,26	0,30	1,00	179,7
<b>Konstrukce horizontální</b>						
P1	Podlaha přilehlá k zemině	142,21	1,09	0,45	0,49	76,0
<b>Výplně otvorů</b>						
O1	Plastová okna s izolačním dvojsklem	42,32	1,5	1,5	1,00	63,5
D2	Ocelová vrata	2,00	1,70	1,70	1,00	3,4
<b>Celkem</b>		<b>329,18</b>				<b>322,6</b>
Tepelné vazby (0,15*A)						49,4
<b>Celková měrná tepelná ztráta konstrukcí [W/K]</b>						<b>372,0</b>
<b>Měrná tepelná ztráta větráním [W/K]</b>						<b>71,4</b>
<b>Celková tepelná ztráta objektu [kW]</b>						<b>15,52</b>

Tabulka 15 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 2 (kanceláře v 1. a 2.np)

Poznámka: Hodnoty součinitelů prostupu tepla  $U_i$  označeny zeleně splňují požadavek normy ČSN 73 0540-2: Tabulka 32  
Požadované hodnoty  $U_{N,20}$  naopak hodnoty označené červeně uvedený požadavek nesplňují





Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí						
Konstrukce	Plocha $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla $U_i$ [W.m <sup>2</sup> /K]	Požad. hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ [W.m <sup>2</sup> /K]	Činitel teplotní redukce [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{ti}$ [W/K]	
<b>Konstrukce vertikální</b>						
Z1	Stěna vnější	305,79	1,26	0,30	1,00	385,3
Z2	Stěna k nevytápěnému prostoru	82,96	1,26	0,60	0,49	51,2
<b>Konstrukce horizontální</b>						
P1	Podlaha přilehlá k zemině	444,6	1,09	0,45	0,49	237,5
<b>Výplně otvorů</b>						
O1	Plastová okna s izolačním dvojsklem	75,6	1,50	1,5	1,00	113,4
D2	Ocelová vrata	19,54	3,50	1,70	1,00	68,4
<b>Celkem</b>		<b>928,49</b>				<b>855,8</b>
Tepelné vazby (0,15*A)						139,3
<b>Celková měrná tepelná ztráta konstrukcí [W/K]</b>						<b>995,0</b>
<b>Měrná tepelná ztráta větráním [W/K]</b>						<b>225,3</b>
<b>Celková tepelná ztráta objektu [kW]</b>						<b>42,98</b>

Tabulka 16 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 3 (výroba v 1. a 2. np)

Poznámka: Hodnoty součinitelů prostupu tepla  $U_i$  označeny zeleně splňují požadavek normy ČSN 73 0540-2: Tabulka 32  
Požadované hodnoty  $U_{N,20}$  naopak hodnoty označené červeně uvedený požadavek nesplňují

<b>Tepelná ztráta skladu [kW]</b>	<b>21,87</b>
<b>Tepelná ztráta kanceláří [kW]</b>	<b>15,52</b>
<b>Tepelná ztráta výroby [kW]</b>	<b>42,71</b>
<b>Celková tepelná ztráta objektu [kW]</b>	<b>80,10</b>

Tabulka 17 - Souhrn tepelných ztrát objektu administrativní budovy





#### 4.1.2 Vrátnice

Posuzovaným objektem je budova, která slouží jako vrátnice. Objekt se nachází na stavební parcele č. 192/1, k.ú. Nový Kostel [707708], Objekt je rozdělen do dvou zón. Zónu 1 tvoří vrátnice a zónu 2 tvoří vytápěná garáž. Budova je obdélníkového tvaru a má pouze jedno nadzemní podlaží. Objekt je zastřešen pultovou střechou.

Obvodové stěny (Z1) jsou vyzděny z cihel plných pálených. V žádné skladbě stěn se nenachází tepelná izolace.

Podlaha přilehlá k zemině (P1) je bez tepelné izolace. Skladbu podlahy tvoří betonová mazanina a podkladní beton.

Strop pod nevytápěnou půdou (S1) je tvořen sádrovláknitými deskami. Ve skladbě stropu není žádná tepelná izolace.

Dveřní výplně otvorů (D1) jsou tvořeny ocelovými vraty plnými s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_d = 3,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Dveřní výplně otvorů (D2) jsou tvořeny plastovými dveřmi s izolačním dvojsklem s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_d = 1,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Výplně otvorů (O1) jsou tvořeny plastovými okny s izolačním dvojsklem s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_w = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Výplně otvorů (O2) jsou tvořeny luxfery s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_w = 3,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .



Obrázek 7 - Pohled na budovu vrátnice



Charakteristika budovy - Vrátnice						
Obestavěný prostor vytápěné zóny budovy V [m <sup>3</sup> ]					103,5	
Celková plocha ochlazených k-cí ohraničujících obestavěný prostor vytápěné zóny budovy A [m <sup>2</sup> ]					171,9	
Celková energeticky vztažná plocha budovy [m <sup>2</sup> ]					26,7	
Geometrická charakteristika budovy (objemový faktor) A/V [m <sup>-1</sup> ]					1,7	
Převažující vnitřní teplota v otopném období Q <sub>im</sub> [°C]					20	
Charakteristika energeticky významných údajů ochlazených konstrukcí						
Konstrukce		Plocha A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla U <sub>i</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Požad. hodnota součinitele prostupu tepla U <sub>N,20</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Činitel teplotní redukce [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla H <sub>ti</sub> [W/K]
Konstrukce vertikální						
Z1	Stěna vnější	102,9	1,74	0,30	1,00	179,0
Konstrukce horizontální						
P1	Podlaha přilehlá k zemině	34,51	1,09	0,45	0,49	18,4
S1	Strop pod nevytápěnou půdou	34,51	3,81	0,3	0,83	109,1
Výplně otvorů						
O1	Plastová okna s izolačním dvojsklem	9,08	1,50	1,5	1,00	13,6
D2	Plastová dveře s izolačním dvojsklem	1,80	1,70	1,70	1,00	3,1
<b>Celkem</b>		<b>182,80</b>				<b>323,3</b>
Tepelné vazby ( 0,2*A)					36,6	
<b>Celková měrná tepelná ztráta konstrukcí [W/K]</b>					<b>359,8</b>	
<b>Měrná tepelná ztráta větráním[W/K]</b>					<b>8,08</b>	
<b>Celková tepelná ztráta objektu [kW]</b>					<b>12,88</b>	

Tabulka 18 – Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 1 (vrátnice)

Poznámka: Hodnoty součinitelů prostupu tepla U<sub>i</sub> označené zeleně splňují požadavek normy ČSN 73 0540-2: Tabulka 32 Požadované hodnoty U<sub>N,20</sub> naopak hodnoty označené červeně uvedený požadavek nesplňují



Charakteristika budovy - Garáž						
Obestavěný prostor vytápěné zóny budovy V [m <sup>3</sup> ]					94,5	
Celková plocha ochlazovaných k-cí ohraničujících obestavěný prostor vytápěné zóny budovy A [m <sup>2</sup> ]					130,6	
Celková energeticky vztažná plocha budovy [m <sup>2</sup> ]					23,9	
Geometrická charakteristika budovy (objemový faktor) A/V [m <sup>-1</sup> ]					1,4	
Převažující vnitřní teplota v otopném období Q <sub>im</sub> [°C]					10	
Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí						
Konstrukce		Plocha A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla U <sub>i</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Požad. hodnota součinitele prostupu tepla U <sub>N,20</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Činitel teplotní redukce [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla H <sub>ti</sub> [W/K]
Konstrukce vertikální						
Z1	Stěna vnější	67,86	1,74	0,30	1,00	118,1
Konstrukce horizontální						
P1	Podlaha přilehlá k zemině	31,35	1,09	0,45	0,49	16,7
S1	Strop pod nevytápěnou půdou	31,35	3,81	0,3	0,83	99,1
Výplně otvorů						
O2	Luxfery	0,77	3,50	1,5	1,00	2,7
D2	Ocelová vrata	5,61	3,50	1,70	1,00	19,6
<b>Celkem</b>		<b>136,94</b>				<b>256,3</b>
Tepelné vazby ( 0,2*A)					27,4	
<b>Celková měrná tepelná ztráta konstrukcí [W/K]</b>					<b>283,7</b>	
<b>Měrná tepelná ztráta větráním[W/K]</b>					<b>7,74</b>	
<b>Celková tepelná ztráta objektu [kW]</b>					<b>7,29</b>	

Tabulka 19 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 2 (garáž)

Poznámka: Hodnoty součinitelů prostupu tepla U<sub>i</sub> označeny zeleně splňují požadavek normy ČSN 73 0540-2: Tabulka 32 Požadované hodnoty U<sub>N,20</sub> naopak hodnoty označené červeně uvedený požadavek nesplňují

<b>Tepelná ztráta vrátnice [kW]</b>	<b>12,88</b>
<b>Tepelná ztráta vrátnice [kW]</b>	<b>7,29</b>
<b>Celková tepelná ztráta objektu [kW]</b>	<b>20,17</b>

Tabulka 20 – Souhrn tepelných ztrát objektu vrátnice



### 4.1.3 Truhlárna

Posuzovaným objektem je budova, která slouží jako truhlárna. Objekt se nachází na stavební parcele č. 192/1, k.ú. Nový Kostel [707708], Objekt je rozdělen do tří zón. Zónu 1 tvoří truhlárna, zónu 2 tvoří kanceláře a byty, zónu 3 tvoří nevytápěný sklad. Budova má členitý půdorys. Západní část objektu má obytné podkroví, zbytek objektu má pouze jedno nadzemní podlaží. Část severní strany objektu je součástí nevytápěného skladu. Objekt je zastřešen sedlovou střechou.

Obvodové stěny (Z1 a Z3) jsou vyzděny z cihel plných pálených. Ve skladbě se nenachází tepelná izolace. Obvodové stěny (Z2) je vyzděna z cihel plných pálených a je zateplena tepelnou izolací tl. 100 mm ( $\lambda = 0,039 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ).

Podlaha přilehlá k zemině (P1) je bez tepelné izolace. Skladbu podlahy tvoří betonová mazanina a podkladní beton.

Strop pod nevytápěnou půdou (S1) je tvořen sádrovláknitými deskami. Ve skladbě stropu není žádná tepelná izolace. Sedlová střecha (S2) je zateplena minerální vatou tl. 160 mm ( $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ) a sádrokartonovým podhledem.

Dveřní výplně otvorů (D1) jsou tvořeny ocelovými dveřmi plnými s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_d = 4,50 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Dveřní výplně otvorů (D2) jsou tvořeny ocelovými dveřmi plnými s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_d = 4,50 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Dveřní výplně otvorů (D3) jsou tvořeny dřevěnými dveřmi s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_d = 3,50 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Střešní výplně otvorů (SV1) jsou tvořeny dřevěnými okny s izolačním dvojsklem s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_w = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Výplně otvorů (O1) jsou tvořeny plastovými okny s izolačním dvojsklem s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_w = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Výplně otvorů (O2) jsou tvořeny dřevěnými okny se zdvojenými skly s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_w = 2,40 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Výplně otvorů (O3) jsou tvořeny luxfery skly s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_w = 3,50 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .



Obrázek 8 - Pohled na objekt truhlárny



Charakteristika budovy - kanceláře						
Obestavěný prostor vytápěné zóny budovy V [m <sup>3</sup> ]						809,2
Celková plocha ochlazovaných k-cí ohraničujících obestavěný prostor vytápěné zóny budovy A [m <sup>2</sup> ]						449,5
Celková energeticky vztažná plocha budovy [m <sup>2</sup> ]						282,7
Geometrická charakteristika budovy (objemový faktor) A/V [m <sup>-1</sup> ]						0,56
Převažující vnitřní teplota v otopném období Q <sub>im</sub> [°C]						20
Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí						
Konstrukce	Plocha A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla U <sub>i</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Požad. hodnota součinitele prostupu tepla U <sub>N,20</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Činitel teplotní redukce [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla H <sub>ti</sub> [W/K]	
Konstrukce vertikální						
Z1	Stěna vnější	84,75	0,38	0,30	1,00	32,2
Z2	Stěna k nevytápěnému prostoru	54,94	1,83	0,60	0,49	49,3
Konstrukce horizontální						
P1	Podlaha přilehlá k zemině	42	1,09	0,45	0,49	22,4
S2	Strop 1.np	172,18	2,67	0,60	1,00	459,7
S3	Šikmá střecha	252,36	0,30	0,30	1,00	75,7
Výplně otvorů						
O1	Plastová okna s izolačním dvojsklem	10,2	1,50	1,50	1,00	15,3
O2	Dřevěná střešní okna	9	1,50	1,50	1,00	13,5
D1	Plastové dveře s izolačním dvojsklem	2,08	1,70	1,70	1,00	3,5
D2	Ocelová vrata	6,05	3,50	1,70	1,00	21,2
D3	Dřevěné dveře	4,00	3,50	1,70	1,00	14,0
<b>Celkem</b>		<b>633,56</b>				<b>692,8</b>
Tepelné vazby ( 0,15*A)						95,0
<b>Celková měrná tepelná ztráta konstrukcí [W/K]</b>						<b>787,9</b>
<b>Měrná tepelná ztráta větráním[W/K]</b>						<b>67,0</b>
<b>Celková tepelná ztráta objektu [kW]</b>						<b>29,92</b>

Tabulka 21 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 1 (kanceláře)

Poznámka: Hodnoty součinitelů prostupu tepla U<sub>i</sub> označeny zeleně splňují požadavek normy ČSN 73 0540-2: Tabulka 32  
Požadované hodnoty U<sub>N,20</sub> naopak hodnoty označené červeně uvedený požadavek nesplňují



Charakteristika budovy - truhlárna						
Obestavěný prostor vytápěné zóny budovy V [m <sup>3</sup> ]						3657,0
Celková plocha ochlazovaných k-cí ohraničujících obestavěný prostor vytápěné zóny budovy A [m <sup>2</sup> ]						3006,0
Celková energeticky vztažná plocha budovy [m <sup>2</sup> ]						1164,9
Geometrická charakteristika budovy (objemový faktor) A/V [m <sup>-1</sup> ]						0,82
Převažující vnitřní teplota v otopném období Q <sub>im</sub> [°C]						18
Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí						
Konstrukce	Plocha A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla U <sub>i</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Požad. hodnota součinitele prostupu tepla U <sub>N,20</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Činitel teplotní redukce [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla H <sub>ti</sub> [W/K]	
Konstrukce vertikální						
Z1	Stěna vnější	431,62	1,83	0,30	1,00	789,9
Z2	Stěna k nevytápěnému prostoru	27	1,83	0,60	0,49	24,2
Konstrukce horizontální						
P1	Podlaha přilehlá k zemině	1219,93	1,09	0,45	0,49	651,6
S1	Strop pod nevytápěnou půdou	1219,93	2,62	0,30	0,83	2652,9
Výplně otvorů						
O3	Dřevěná okna zdvojená	69,7	2,40	1,50	1,00	167,3
D2	Ocelová vrata	42,17	3,50	1,70	1,00	147,6
<b>Celkem</b>		<b>3010,35</b>				<b>4433,4</b>
Tepelné vazby (0,2*A)						602,1
<b>Celková měrná tepelná ztráta konstrukcí [W/K]</b>						<b>5035,4</b>
<b>Měrná tepelná ztráta větráním[W/K]</b>						<b>314,1</b>
<b>Celková tepelná ztráta objektu [kW]</b>						<b>176,18</b>

Tabulka 22 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 2 (truhlárna)

Poznámka: Hodnoty součinitelů prostupu tepla U<sub>i</sub> označeny zeleně splňují požadavek normy ČSN 73 0540-2: Tabulka 32 Požadované hodnoty U<sub>N,20</sub> naopak hodnoty označené červeně uvedený požadavek nesplňují

<b>Tepelná ztráta kanceláře[kW]</b>	<b>29,92</b>
<b>Tepelná ztráta truhlárna [kW]</b>	<b>176,18</b>
<b>Celková tepelná ztráta objektu [kW]</b>	<b>206,10</b>

Tabulka 23 - Souhrn tepelných ztrát objektu truhlárny





#### 4.1.4 Hala

Posuzovaným objektem je budova, která slouží jako hala. Objekt se nachází na stavební parcele č. 192/1, k.ú. Nový Kostel [707708], Objekt je tvořen pouze jednou zónou. Budova má obdélníkový půdorys. Západní část haly není vytápěná. Budova má pouze jedno nadzemní částečně vytápěné podlaží. Celý objekt je zastřešen sedlovou střechou.

Obvodové stěny (Z1 a Z2) jsou vyzděny z cihel plných pálených. V žádné skladbě stěn se nenachází tepelná izolace.

Podlaha přilehlá k zemině (P1) je bez tepelné izolace. Skladbu podlahy tvoří betonová mazanina a podkladní beton.

Strop pod nevytápěnou půdou (S1) je tvořen sádrovláknitými deskami. Ve skladbě stropu není žádná tepelná izolace.

Dveřní výplně otvorů (D1) jsou tvořeny dřevěnými s izolačním dvojsklem s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_d = 1,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Dveřní výplně otvorů (D2) jsou tvořeny ocelovými vraty s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_d = 3,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Výplně otvorů (O1) jsou tvořeny plastovými okny s izolačním dvojsklem s uvažovaným součinitelem prostupu tepla  $U_w = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .



Obrázek 9 - Pohled na objekt haly



Charakteristika budovy						
Obestavěný prostor vytápěné zóny budovy V [m <sup>3</sup> ]						7779,4
Celková plocha ochlazovaných k-cí ohraničujících obestavěný prostor vytápěné zóny budovy A [m <sup>2</sup> ]						4069,9
Celková energeticky vztažná plocha budovy [m <sup>2</sup> ]						1458,7
Geometrická charakteristika budovy (objemový faktor) A/V [m <sup>-1</sup> ]						0,52
Převažující vnitřní teplota v otopném období Q <sub>im</sub> [°C]						18
Průměrný součinitel prostupu tepla U <sub>em</sub> [W/m <sup>2</sup> .K]						1,95
Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí						
Konstrukce	Plocha A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla U <sub>i</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Požad. hodnota součinitele prostupu tepla U <sub>N,20</sub> [W.m <sup>2</sup> /K]	Činitel teplotní redukce [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla H <sub>ti</sub> [W/K]	
Konstrukce vertikální						
Z1	Stěna vnější	657,47	1,26	0,30	1,00	828,4
Z2	Stěna k nevytápěnému prostoru	104,35	1,13	0,60	0,49	57,8
Konstrukce horizontální						
P1	Podlaha přilehlá k zemině	1555,87	1,09	0,45	0,49	831,0
S1	Strop pod nevytápěnou půdou	1555,87	3,81	0,30	0,83	4920,1
Výplně otvorů						
O1	Plastová okna s izolačním dvojsklem	47,4	1,5	1,50	1,00	71,1
D1	Plastové dveře s izolačním dvojsklem	2,08	1,70	1,70	1,00	3,5
D2	Ocelová vrata	82,60	3,50	1,70	1,00	289,1
<b>Celkem</b>		<b>4005,64</b>				<b>7001,0</b>
Tepelné vazby ( 0,2*A)						801,1
<b>Celková měrná tepelná ztráta konstrukcí [W/K]</b>						<b>7802,2</b>
<b>Měrná tepelná ztráta větráním[W/K]</b>						<b>943,0</b>
<b>Celková tepelná ztráta objektu [kW]</b>						<b>288,0</b>

Tabulka 24 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí objektu haly

Poznámka: Hodnoty součinitelů prostupu tepla U<sub>i</sub> označeny zeleně splňují požadavek normy ČSN 73 0540-2: Tabulka 32  
Požadované hodnoty U<sub>N,20</sub> naopak hodnoty označené červeně uvedený požadavek nesplňují

## 5 Vyhodnocení stávajícího stavu

Kapitola obsahuje vyhodnocení energetické náročnosti výchozího stavu všech objektu v areálu zpracování dřeva z hlediska účinnosti užití energie ve zdrojích energie, rozvodech tepla a ve významných spotřebičích energie.

Analýza jednotlivých částí objektů v jejich výchozích stavech slouží ke zhodnocení hospodárnosti s nakládání s energiemi, nalezení potencionálních zdrojů možných úspor energie a následně k návrhu energeticky úsporných opatření po stránce stavební, která vede k efektivnímu snížení spotřeby energie.

Cílem je dosáhnout optimalizace energetického hospodářství, pomocí vhodných





energeticky úsporných opatření:

- snížit energetickou náročnost a tím zvýšit ekonomickou efektivitu energetického hospodářství
- prodloužit fyzickou i morální životnost modernizací jeho částí (stavební, technologická zařízení, výměna koncových prvků vytápění, rozvody tepla a zdroj tepla)
- snížit množství emisí, vzniklých spalováním paliva

## 5.1 Vyhodnocení účinnosti užití energie

### Zdroje tepla + vytápění

Uvažovaná účinnost kotle na dřevní štěpku je 65 %

### Ohřev teplé vody (TV)

Účinnost kotle na štěpku, který slouží pro ohřev teplé vody, uvažujeme stejnou jako pro vytápění.

### Rozvody tepla (UT+TV)

Při stanovení účinnosti rozvodů bylo přihlédnuto ke stavu tepelné izolace rozvodů, poloze v objektu a ke skutečnosti, zda rozvody procházejí vytápěnými či nevytápěnými prostory. Vzhledem k nízké přístupnosti rozvodů tepla byla výsledná hodnota účinnosti stanovena pouze odhadem, a to přibližně na hodnotu 85 %.

### Účinnost užití energie ve významných spotřebičích

Mezi nejvýznamnější spotřebiče energie patří fréza, hoblovací a žlábkovací stroj TOS Svitavy master FWP22. Účinnost těchto spotřebičů nebyla zjištěna.

## 5.2 Vyhodnocení tepelně-technických vlastností stavebních konstrukcí

Vyhodnocení výchozího stavu stavební části energetického hospodářství je provedeno na základě výsledků následujících veličin: celkových měrných ztrát prostupem tepla, průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy a ukazatele energetické náročnosti obálky budovy Ci. Uvedené veličiny jsou uvedeny v následujících výstupech.

Tepelné ztráty stávajícího stavu				
Název objektu	Měrný tepelný tok prostupem $Q_p$ [W/K]	Měrný tepelný tok prostupem $Q_v$ [W/K]	Tepelná ztráta celkem $Q_c$ [kW]	Spotřeba energie na vytápění [GJ]
Hala	8 810	778	288	2 286
Truhlárna	5 823	381	206	1 235
Vrátnice	644	16	20	148
Administrativní budova	2 086	452	80	417
<b>Celkem</b>	<b>17 363</b>	<b>1 627</b>	<b>594</b>	<b>4 087</b>

Tabulka 25 – Hodnota celkové tepelné ztráty a spotřeby energie na vytápění



Objekt - hala			
Stanovení prostupu tepla obálkou budovy			
Měrná ztráta prostupem tepla $H_T$ [W/K]	8809,9		
<b>Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy <math>U_{em}=H_T/A</math> [W.m<sup>2</sup>/K]</b>	<b>2,16</b>		
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy $U_{em,N,rc}$ [W.m <sup>2</sup> /K]	0,45		
<b>Ukazatel energetické náročnosti obálky budovy <math>CI</math></b>	<b>4,37</b>		
Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou hodnocené budovy			
Hranice klasifikačních tříd	$CI$ [-]	$U_{em}$ [W.m <sup>2</sup> /K]	Klasifikace
			<b>A velmi úsporná</b>
<b>A - B</b>	0,50	0,14	
			<b>B úsporná</b>
<b>B - C</b>	0,50	0,20	
			<b>C vyhovující</b>
<b>C - D</b>	1,00	0,27	
			<b>D nevyhovující</b>
<b>D - E</b>	1,50	0,41	
			<b>E nevhodná</b>
<b>E - F</b>	2,00	0,55	
			<b>F velmi nevhodná</b>
<b>F - G</b>	2,50	0,68	
	<b>4,37</b>	<b>1,95</b>	<b>G mimořádně nevhodná</b>

Tabulka 26 – Vyhodnocení tepelně-technických parametrů a klasifikace z hlediska prostupu tepla obálkou budovy objektu haly

#### Zjištění:

Vyhodnocením tepelně technických parametrů je objekt klasifikován do třídy **G** mimořádně nevhodná. Z tabulky 24 je patrné, že většina konstrukcí nevyhovují požadované hodnotě součinitele prostupu tepla  $U_N$ .

Největší měrné ztráty konstrukce prostupem tepla jsou vypočteny pro strop pod nevytápěnou půdou (S1). Zhruba stejnou měrnou ztrátu prostupem tepla mají konstrukce podlaha přilehlá k zemině (P1) a vnější stěna (Z1).

Pro návrh úsporných opatření vidím největší potenciál v zateplení stropu pod půdou a ve výměně otvorových výplní (ocelová nezateplená vrata).



Objekt - truhlárna			
Stanovení prostupu tepla obálkou budovy			
Měrná ztráta prostupem tepla $H_T$ [W/K]	5823,3		
<b>Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy <math>U_{em}=H_T/A</math> [W.m<sup>2</sup>/K]</b>	<b>1,69</b>		
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy $U_{em,N,rc}$ [W.m <sup>2</sup> /K]	0,45		
<b>Ukazatel energetické náročnosti obálky budovy <math>CI</math></b>	<b>3,53</b>		
Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou hodnocené budovy			
Hranice klasifikačních tříd	$CI$ [-]	$U_{em}$ [W.m <sup>2</sup> /K]	Klasifikace
			<b>A velmi úsporná</b>
<b>A - B</b>	0,50	0,14	<b>B úsporná</b>
<b>B - C</b>	0,50	0,20	<b>C vyhovující</b>
<b>C - D</b>	1,00	0,27	<b>D nevyhovující</b>
<b>D - E</b>	1,50	0,41	<b>E nevhodná</b>
<b>E - F</b>	2,00	0,55	<b>F velmi nevhodná</b>
<b>F - G</b>	2,50	0,68	<b>G mimořádně nevhodná</b>
	<b>3,53</b>	<b>1,58</b>	

Tabulka 27 - Vyhodnocení tepelně-technických parametrů a klasifikace z hlediska prostupu tepla obálkou budovy objektu truhlárny

#### Zjištění:

Vyhodnocením tepelně technických parametrů je objekt klasifikován do třídy **G** mimořádně nevhodná. Z tabulky 21 a 22 je patrné, že většina konstrukcí nevyhovují požadované hodnotě součinitele prostupu tepla  $U_N$ .

Největší měrné ztráty konstrukce prostupem tepla jsou vypočteny pro strop pod nevytápěnou půdou (S1) a strop 1.np (S2). Zhruba stejnou měrnou ztrátou prostupem tepla mají konstrukce podlaha přilehlá k zemině (P1) a vnější stěna (Z1).

Pro návrh úsporných opatření vidím největší potenciál v zateplení stropu pod půdou v části truhlárny a stropu 1.np v části kanceláří. Další důležité opatření je ve výměna otvorových výplní (dřevěná zdvojená okna).



Objekt - vrátnice			
Stanovení prostupu tepla obálkou budovy			
Měrná ztráta prostupem tepla $H_T$ [W/K]	643,5		
<b>Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy <math>U_{em}=H_T/A</math> [W.m<sup>2</sup>/K]</b>	<b>2,01</b>		
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy $U_{em,N,rc}$ [W.m <sup>2</sup> /K]	0,26		
<b>Ukazatel energetické náročnosti obálky budovy CI</b>	<b>7,79</b>		
Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou hodnocené budovy			
Hranice klasifikačních tříd	CI [-]	$U_{em}$ [W.m <sup>2</sup> /K]	Klasifikace
			<b>A velmi úsporná</b>
<b>A - B</b>	0,50	0,14	<b>B úsporná</b>
<b>B - C</b>	0,50	0,20	<b>C vyhovující</b>
<b>C - D</b>	1,00	0,27	<b>D nevyhovující</b>
<b>D - E</b>	1,50	0,41	<b>E nevhodná</b>
<b>E - F</b>	2,00	0,55	<b>F velmi nevhodná</b>
<b>F - G</b>	2,50	0,68	<b>G mimořádně nevhodná</b>
	<b>7,79</b>	<b>2,01</b>	<b>G mimořádně nevhodná</b>

Tabulka 28 - Vyhodnocení tepelně-technických parametrů a klasifikace z hlediska prostupu tepla obálkou budovy objektu vrátnice

#### Zjištění:

Vyhodnocením tepelně technických parametrů je objekt klasifikován do třídy **G** mimořádně nevhodná. Z tabulky 18 a 19 je patrné, že většina konstrukcí nevyhovují požadované hodnotě součinitele prostupu tepla  $U_N$ .

Největší měrné ztráty konstrukce prostupem tepla jsou vypočteny pro strop pod nevytápěnou půdou (S1) a vnější stěna (Z1) .

Pro návrh úsporných opatření vidím největší potenciál v zateplení stropu pod nevytápěnou půdou a zateplení obvodových stěn.



Objekt - administrativní budova			
Stanovení prostupu tepla obálkou budovy			
Měrná ztráta prostupem tepla $H_T$ [W/K]	2086,1		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy $U_{em}=H_T/A$ [W.m <sup>2</sup> /K]	0,75		
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy $U_{em,N,rc}$ [W.m <sup>2</sup> /K]	0,61		
Ukazatel energetické náročnosti obálky budovy $CI$	1,57		
Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou hodnocené budovy			
Hranice klasifikačních tříd	$CI$ [-]	$U_{em}$ [W.m <sup>2</sup> /K]	Klasifikace
			<b>A velmi úsporná</b>
<b>A - B</b>	0,50	0,14	
			<b>B úsporná</b>
<b>B - C</b>	0,50	0,20	
			<b>C vyhovující</b>
<b>C - D</b>	1,00	0,27	
			<b>D nevyhovující</b>
<b>D - E</b>	1,50	0,41	
	<b>1,57</b>	<b>0,43</b>	<b>E nevhodná</b>
<b>E - F</b>	2,00	0,55	
			<b>F velmi nevhodná</b>
<b>F - G</b>	2,50	0,68	
			<b>G mimořádně nevhodná</b>

Tabulka 29 - Vyhodnocení tepelně-technických parametrů a klasifikace z hlediska prostupu tepla obálkou budovy objektu administrativní budovy

#### Zjištění:

Vyhodnocením tepelně technických parametrů je objekt klasifikován do třídy E nevhodná. Z tabulky 14, 15 a 16 je patrné, že některé konstrukce vyhovují požadované hodnotě součinitele prostupu tepla  $U_N$ .

Největší měrné ztráty konstrukce prostupem tepla jsou vypočteny pro vnější stěnu (Z1) .

Pro návrh úsporných opatření vidím největší potenciál v zateplení obvodových stěn a ve výměně otvorových výplní (ocelová nezateplená vrata).

### 5.3 Vyhodnocení úrovně managementu hospodaření s energií

#### Zjištění:

Spotřeby energií jsou pravidelně zaznamenávány pouze ve formě faktur, kde neprobíhá žádné jejich vyhodnocování. Podružné měření jednotlivých energetických systémů není zavedeno.



## 5.4 Celková energetická bilance

V dalších energetických bilancích bylo uvažováno s průměrnou cenou za elektrickou energii 4,06 Kč/kWh. Tato částka je jednotková cena za silovou energii bez stálých měsíčních platů vypočtená z poslední dodané faktury za březen 2021. Jednotková cena za dřevní odpad 0,802 Kč/kWh byla stanovena dle obvyklých cen za dřevní odpad.

### 5.4.1 Energetická bilance celého areálu

Následující energetické bilance vychází z reálných spotřeb energie v celém areálu. Údaje o spotřebě dřevního odpadu na vytápění, ohřev TV a provoz sušáren dřeva byla dodána majitelem a byla přerozdělena dle potřeb na vytápění, teplou vodu a dle provozu sušáren. Všechny objekty byly vymodelovány v programu excel viz. Příloha 1 – Energetické modely objektů. Z důvodu navržení tepelně technických opatření pro snížení potřeby tepla na vytápění budeme počítat údaji, které se týkají potřeby tepla pro vytápění, ohřev TV a TV pro technologické procesy (sušárny). Při porovnání reálných potřeb na vytápění celého areálu viz. *tabulka 8 – Přehled spotřeb dřeva v MWh* s celkovou potřebou tepla na vytápění všech objektů vytvořených modelem lze vidět, že se hodnotou nelišíme od reality.

Pro lepší porovnání nebudeme se sušárnami dále počítat, budou pouze zahrnuty hodnoty jejich výkonů pro návrh nového zdroje tepla. Do stávajícího stavu energetické bilance budou započítány potřeby tepla na ohřev teplé vody a na vytápění objektů: administrativní budova, vrátnice, truhlárna a hala.

Do energetické bilance jsou dále započítány tepelné ztráty respektive spotřeby tepla na vytápění venkovních rozvodů spojující kotelnu s jednotlivými objekty. Výpočty o venkovních rozvodech jsou podrobně popsány v Příloze 2 – Výpočty.

Spotřeba elektrické energie je uvažována jako průměrná spotřeba za poslední tři kalendářní roky. V objektu truhlárny bylo zjištěno z excelovských tabulek rozdělení jednotlivých odběrných celků osvětlení a technologií dle celkového příkonu a doby provozu jednotlivých zařízení.

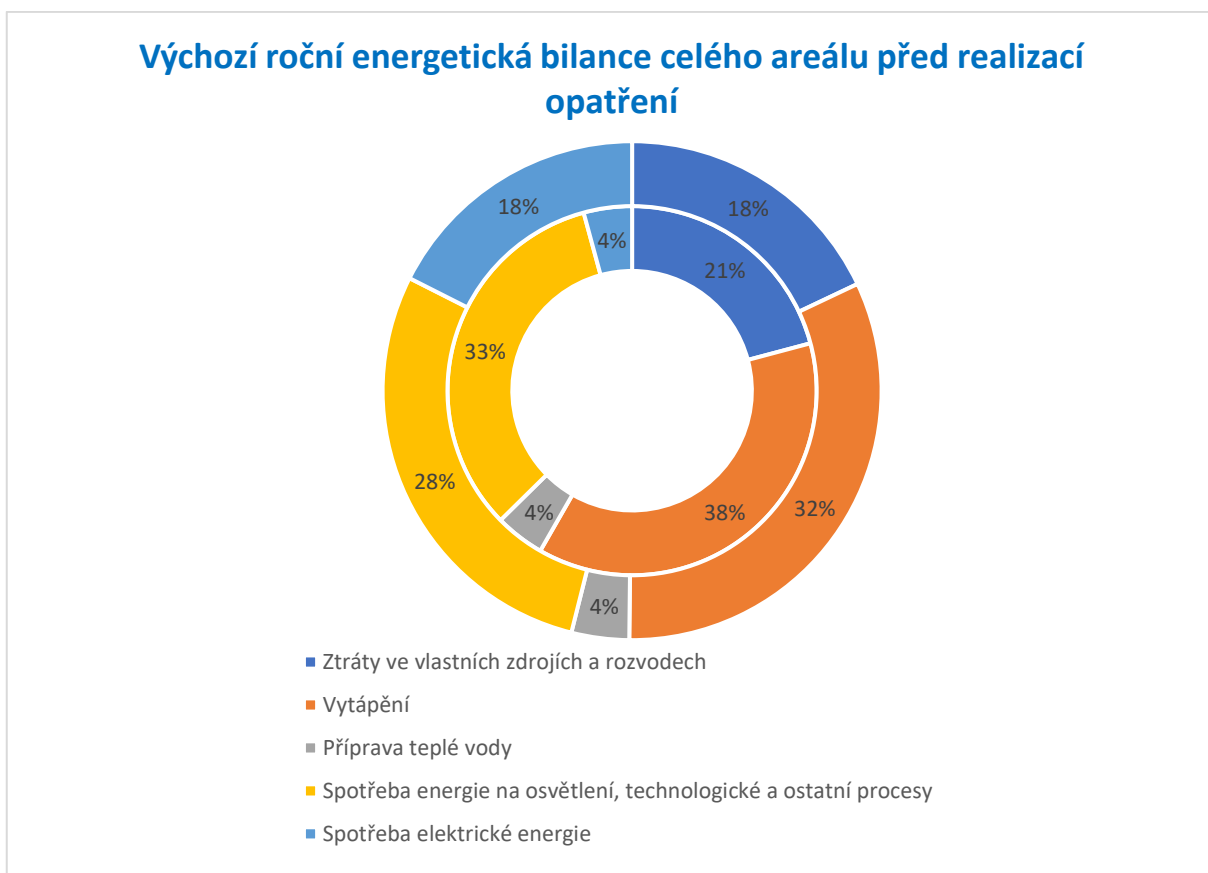
Dřevní odpad (vytápění)	Spotřeba	Náklady
	[MWh/rok]	[tis. Kč/rok]
Reálná hodnota	2 192	1 758
<b>Modelová hodnota</b>	<b>2 360</b>	<b>1 893</b>

Tabulka 30 – Porovnání reálné a modelové spotřeby dřevního odpadu pouze na vytápění



Před realizací (roční hodnoty) - výchozí stav celého areálu				
Ukazatel		Spotřeba energie		Provozní náklady
		[GJ/rok]	[MWh/rok]	[tis. Kč/rok]
1	Vstupy paliv a energie	8 496,57	2 360,16	1 893
2	Změna zásob paliv	0,00	0,00	0
3	Spotřeba paliv energie	8 496,57	2 360,16	1 893
4	Prodej energie cizím	0,00	0,00	0
<b>5</b>	<b>Konečná spotřeba paliv a energie v objektech</b>	<b>8 496,57</b>	<b>2 360,16</b>	<b>1 893</b>
6	Ztráty ve vlastních zdrojích a rozvodech	1 961,74	544,93	437
7	Spotřeba energie na vytápění	4 086,96	1 135,27	910
8	Ztráty ve venkovních rozvodech	316,80	88,00	71
9	Spotřeba energie na chlazení	0,00	0,00	0
10	Spotřeba energie na přípravu teplé vody	473,72	131,59	106
11	Spotřeba energie na větrání	0,00	0,00	0
12	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0,00	0,00	0
13	Spotřeba elektrické energie	461,84	128,29	0
14	Spotřeba energie na sušárny a ostatní procesy	3 619,08	1 005,30	806

Tabulka 31 - Roční energetická bilance celého areálu



Graf 3 - Energetická bilance (zvnějšku jsou uvedeny provozní náklady, zevnitř spotřeby energií jednotlivých ukazatelů)

Níže, v grafu 3 Energetická bilance, vyjadřuje procentuální dělení vnitřního prstence



poměr spotřeb na jednotlivé druhy spotřeb (ukazatele) a procentuální dělení vnějšího prstence vyjadřuje poměr v provozních nákladech pro jednotlivé druhy spotřeb dle tabulky 28 - Roční energetická bilance celého areálu.

## 6. Tepelně technická opatření

### 6.1 Komplexní návrh zlepšení tepelně technických vlastností stavebních

Tato kapitola je zaměřena na posouzení následujících opatření z hlediska tepelně technických vlastností obálek jednotlivých budov. Opatření budou navržena taková, aby jednotlivé konstrukce odpovídaly požadavkům Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost 2014-2020, Výzva VI. Programu podpory Úspory energie.

#### 6.1.1 Požadavky

Při návrzích všech opatření, při kterých dojde k výměně nebo opravě stavebního prvku nebo konstrukce obálky budovy na systémové hranici, na kterých dochází k realizaci jednotlivých opatření, musí být splněna podmínka na součinitel prostupu tepla  $U \leq U_{\text{rec},20}$  dle

ČSN 730540-2:2021.

Níže je uvedena tabulka parametrů jednotlivých posuzovaných konstrukcí, které je nutno splnit.





Konstrukce	Dle ČSN 73 0540-2:2011	Dle ČSN 73 0540-2:2011
	$U_{n,20}$	$U_{rec,20}$
	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
Stěna vnější - těžká	0,30	<b>0,25</b>
Stěna vnější - lehká	0,30	<b>0,20</b>
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	<b>0,16</b>
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	<b>0,20</b>
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	<b>0,16</b>
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	<b>0,20</b>
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace) - lehká	0,30	<b>0,20</b>
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace) - těžká	0,30	<b>0,25</b>
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	<b>0,30</b>
Strop a stěna vnitřní z vytápěného prostoru k nevytápěnému prostoru	0,60	<b>0,40</b>
Strop a stěna vnitřní z vytápěného prostoru k temperovanému prostoru	0,75	<b>0,50</b>
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	<b>0,50</b>
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	0,85	<b>0,60</b>
Stěna mezi sousedními budovami	1,05	<b>0,70</b>
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C	1,05	<b>0,70</b>
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C	1,30	<b>0,90</b>
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C	2,20	<b>1,45</b>
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C	2,70	<b>1,80</b>
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50	<b>1,20</b>
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,70	<b>1,20</b>
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,50	<b>2,30</b>
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,50	<b>2,30</b>
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,40	<b>1,10</b>
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,60	<b>1,70</b>

Tabulka 32 – Parametry nových konstrukcí dle OP PIK

## 6.2 Opatření

### 6.2.1 Opatření č.1 – Zateplení stropních konstrukcí

Pro snížení spotřeby energie na vytápění a zvýšení efektivity řešení tepelně technických vlastností obálky budovy navrhuju zateplení stropní konstrukce u budov hala, truhlárna – část truhlárna, vrátnice.

Stropní konstrukce u administrativní budovy splňuje požadavek na  $U \leq U_{rec,20}$  dle ČSN 730540-2:2021.

#### Hala a vrátnice:

Stropní konstrukce k nevytápěné půdě (S1) navrhuju zateplit například tepelnou izolací z minerální vlny se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_d = 0,037 \text{ W/m.K}$  o tloušťce 200 mm.

Strop pod nevytápěnou půdou S1 má ve stávajícím stavu  $U_{S1} = 3,81 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  a po zateplení  $U_{S1} = 0,176 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .



### Truhlárna – část truhlárna

Stropní konstrukce k nevytápěné půdě (S1) navrhuju zateplit například tepelnou izolací z minerální vlny se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_d = 0,037 \text{ W/m.K}$  o tloušťce 200 mm.

Strop pod nevytápěnou půdou S1 má ve stávajícím stavu  $U_{S1} = 2,62 \text{ W/m}^2.\text{K}$  a po zateplení  $U_{S1} = 0,185 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . Stropní konstrukce pod 2. nadzemním podlažím (S2) navrhuju zateplit například tepelnou izolací z minerální vlny se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_d = 0,037 \text{ W/m.K}$  o tloušťce 100 mm. Strop pod 2. nadzemním podlažím S2 má ve stávajícím stavu  $U_{S2} = 2,67 \text{ W/m}^2.\text{K}$  a po zateplení  $U_{S2} = 0,325 \text{ W/m}^2.\text{K}$ .

Realizací těchto opatření dojde ke splnění požadavku OP PIK na součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na než je žádána podpora. Strop pod nevytápěnou půdou musí splnit podmínku  $U \leq U_{\text{rec},20}$  tedy  $U \leq 0,20 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . Strop z nevytápěného do nevytápěného prostoru musí splnit podmínku  $U \leq U_{\text{rec},40}$  tedy  $U \leq 0,40 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . Splnění doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla je specifickou podmínkou programu Úspory energie VI. výzvy.

Opatření č.1 - Zateplení stropních konstrukcí		
Objekt	Plocha zateplení [m <sup>2</sup> ]	Investice na objekt [Kč]
Hala	1558	2 906 262
Truhlárna - část truhlárna	1219	2 537 340
Vrátnice	66	209 627
<b>Celková investice</b>		<b>5 653 229</b>

Tabulka 33 – Investiční náklady energeticky úsporného opatření č.1

Opatření č.1 - Zateplení stropních konstrukcí				
Objekt	Roční úspory			Prostá doba návratnosti Ts [roky]
	Úspora energie na vytápění			
	[MWh/rok]	[%]	[Kč/rok]	
Hala	429,24	67,6	344 254	8,4
Truhlárna	190,45	55,5	152 744	16,6
Vrátnice	12,73	30,9	10 208	20,5
<b>Celkem objekty</b>	<b>470,01</b>		<b>376 946</b>	

Tabulka 34 – Hodnocení opatření č.1

### 6.2.2 Opatření č.2 – Výměna výplní otvorů

Výplně otvorů jsou převážně tvořeny plastovými okny s izolačním dvojsklem (O1), zdvojenými dřevěnými okny (O2) a sklobetonovými tvárniciemi – luxfery (O3). V objektu truhlárny v části kanceláří v místnostech podkroví jsou instalována dřevěná střešní okna (SV1). Dveře (D1) jsou ocelové a (D3) plastové. Vrata (D2) ve všech objektech jsou ocelová.

Stávající plastová okna s izolačním dvojsklem O1 a střešní okna SV1 dosahují



součinitele prostupu tepla  $U = 1,50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Výměnou těchto oken za nová s doporučenou hodnotou  $U = 1,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  dle podmínek výzvy by došlo k zanedbatelné úspoře vůči investici. Z tohoto důvodu nepočítám s výměnou těchto oken. Pro výměnu ocelových vrat (D2) musí být také splněna podmínka  $U \leq U_{\text{rec}}$ ,  $U_{\text{rec}} = 1,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Těchto hodnot lze dosáhnout za vynaložením velké vstupní investice, ale stávající ocelová jsou již v nevyhovujícím stavu, proto doporučuji výměnu vrat.

V rámci výměny výplně otvorů dojde k výměně za nové výplně O2, O3, D1 a D2. Tyto výplně musí dosáhnout součinitele prostupu tepla  $U = 1,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , čímž bude splněna podmínka programu a výzvy  $U \leq U_{\text{rec}}$ . Splnění doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla je specifickou podmínkou programu Úspory energie VI. výzvy.

Opatření č.2 - Výměna výplní otvorů		
Objekt	Plocha otvorů [m <sup>2</sup> ]	Investice na objekt [Kč]
Hala	82,6	677 299
Truhlárna - část truhlárna	121,9	1 812 130
Vrátnice	6,2	105 765
Administrativní budova	24,4	710 238
<b>Celková investice</b>		<b>3 305 432</b>

Tabulka 35 - Investiční náklady energeticky úsporného opatření č.2

Opatření č.2 - Výměna výplní otvorů				
Objekt	Roční úspory			Prostá doba návratnosti $T_s$ [roky]
	Úspora energie na vytápění			
	[MWh/rok]	[%]	[Kč/rok]	
Hala	23,01	3,6	18 456	36,7
Truhlárna - část truhlárna	21,76	6,3	17 452	103,8
Vrátnice	0,84	2,0	673	157,2
Administrativní budova	5,38	4,6	4 316	164,5
<b>Celkem objekty</b>	<b>50,99</b>		<b>40 897</b>	

Tabulka 36 - Hodnocení opatření č.2

### 6.2.3 Opatření č.3 – Zateplení obvodových stěn

S ohledem na ekonomickou efektivitu řešení tepelně technických vlastností obálek jednotlivých budov a následného vyhodnocení snížení spotřeby energie na vytápění navrhuji zateplení obvodových stěn (Z1) a (Z2) kontaktním zateplovacím systémem (ETICS) s tepelnou izolací z EPS s deklarovaným součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,039 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ .

#### Hala a administrativní budova:

Konstrukce (Z1) má ve stávajícím stavu součinitel prostupu tepla  $U = 1,26 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  a po zateplení tepelnou izolací v tloušťce 140 mm bude  $U = 0,228 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Konstrukce (Z2) má ve stávajícím stavu součinitel prostupu tepla  $U = 1,13 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  a po zateplení tepelnou izolací v tloušťce 80 mm bude  $U = 0,341 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .



### Vrátnice:

Konstrukce (Z1) má ve stávajícím stavu součinitel prostupu tepla  $U = 1,74 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  a po zateplení tepelnou izolací v tloušťce 160 mm bude  $U = 0,213 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

### Truhlárna:

Konstrukce (Z1) má ve stávajícím stavu součinitel prostupu tepla  $U = 1,83 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  a po zateplení tepelnou izolací v tloušťce 160 mm bude  $U = 0,215 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Konstrukce (Z2) má ve stávajícím stavu součinitel prostupu tepla  $U = 1,83 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  a po zateplení tepelnou izolací v tloušťce 80 mm bude  $U = 0,385 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

Realizací těchto opatření dojde ke splnění požadavku OP PIK na součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na než je žádána podpora. U obvodových stěn musí splnit podmínku  $U \leq U_{\text{rec}}$ , tedy  $U \leq 0,25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  a u vnitřních stěn z vytápěného do nevytápěného prostoru musí splnit podmínku  $U \leq U_{\text{rec}}$ , tedy  $U \leq 0,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Splnění doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla je specifickou podmínkou programu Úspory energie VI. výzvy.

Opatření č.3 - Zateplení obvodových stěn		
Objekt	Plocha stěn [m <sup>2</sup> ]	Investice na objekt [Kč]
Hala	955	1 700 831
Truhlárna - část truhlárna	431,6	1 197 237
Vrátnice	170,8	394 677
Administrativní budova	1017	1 875 404
<b>Celková investice</b>		<b>5 168 149</b>

Tabulka 37 - Investiční náklady energeticky úsporného opatření č.3

Opatření č.3 - Zateplení obvodových stěn				
Objekt	Roční úspory			Prostá doba návratnosti Ts [roky]
	Úspora energie na vytápění			
	[MWh/rok]	[%]	[Kč/rok]	
Hala	74,14	11,7	59 460	28,6
Truhlárna - část truhlárna	60,60	17,7	48 602	24,6
Vrátnice	17,98	43,6	14 416	27,4
Administrativní budova	54,36	46,9	43 594	43,0
<b>Celkem objekty</b>	<b>207,073</b>		<b>166 073</b>	

Tabulka 38 - Hodnocení opatření č.3



## 6.2.4 Soubor energeticky úsporných opatření

V posuzovaném návrhu jsou zahrnuta energeticky úsporná opatření jednotlivých objektů.

**Opatření č.1: Zateplení stropních konstrukcí**

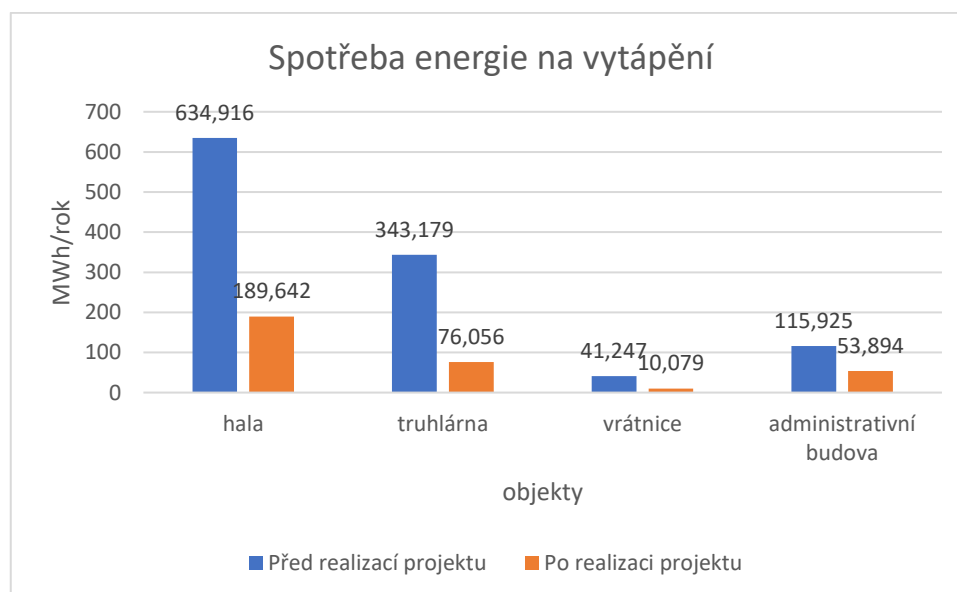
**Opatření č.2: Výměna výplní otvorů**

**Opatření č.3: Zateplení obvodových stěn**

Následující tabulky slouží pro porovnání energetické bilance výchozího stavu energetického hospodaření jednotlivých objektů, tj. stavu před realizací energeticky úsporných opatření, s posuzovaným návrhem energeticky úsporných opatření, tj. stavu po realizaci souboru energeticky úsporných opatření.

Celkové tepelné ztráty objektů				
Název objektu	Před realizací projektu		Po realizaci projektu	
	Tepelná ztráta objektu [KW]	Spotřeba energie na vytápění [MWh]	Tepelná ztráta objektu [KW]	Spotřeba energie na vytápění [MWh]
objekt haly	288,0	634,92	89,9	189,64
objekt truhlárny	206,1	343,18	68,5	76,06
objekt vrátnice	20,17	41,25	5,4	10,08
objekt administrativní budovy	80,1	115,93	49,3	53,89
<b>Celkem objekty</b>	<b>594,37</b>	<b>1 135,27</b>	<b>213,1</b>	<b>329,67</b>

Tabulka 39 – Souhrn tepelných ztrát všech objektů



Graf 4 - Porovnání spotřeb energie na vytápění před a po realizaci projektu



## 7. Možnosti zdrojů tepla na vytápění



Obrázek 10 – Možnosti zdrojů tepla na vytápění areálu

Po snížení energetické náročnosti všech objektů pomocí energeticky úsporných opatření je nutné vyměnit stávající zdroj tepla včetně rozvodů potrubí a koncových otopných těles. Z hodnocení stávajícího stavu zdroje, rozvodů a koncových otopných prvků je zmíněno viz. kapitola 2.2.1 Vytápění.

Zá výměnu stávajícího zdroje tepla (kotel na biomasu) navrhuji tyto možnosti: kotel na biomasu, kogenerační jednotka nebo kotel na biomasu se stirlingovým motorem. Ve výběru nového zdroje tepla je důležité zohlednit snížení energetické náročnosti budov, výměnu starých sušáren, a především možnosti využití dřevního odpadu z truhlárny a pily, které jsou součástí areálu. Pro vytápění vrátnice lze uvažovat jako zdroj tepla samostatná jednotka tepelného čerpadla nebo plynový kondenzační kotel. Je to z důvodu velkého snížení tepelné ztráty objektu a dlouhé vzdálenosti vedení venkovních rozvodů z kotelny do objektu vrátnice.

### 7.1 Zdroje tepla pro celý areál

#### 7.1.1 Kotel na biomasu (dřevní štěpku)

Kotel na dřevní štěpku je zařízení, které slouží k ohřevu vody, k výrobě páry nebo ohřevu jiného média. V kotli dochází ke spalování obnovitelných zdrojů (dřevní štěpka, hobliny, kůry, odřezky, smě pilin), při kterém vzniká teplo. Toto teplo je dále přenášeno v potrubí pomocí topné vody, páry nebo jiného média. Pokud topná voda nepřesáhne 110 °C, tak se jedná o teplou vodu.

Kotle na biomasu se vyrábí od výkonu v řádech jednotek kW až po výkony přesahující 1 MW. Ke spalování biomasy v kotlích dochází v kotlích roštových, fluidních a v kotlích se spodním přívodem paliva.[4]

V našem případě se jedná o kotel, který svým výkonem 600-800 kW patří do zařazení průmyslových kotlů. Palivo v podobě dřevní štěpky by mělo být o vlhkosti maximálně 50% a o rozměrech 30 x 30 x 60 mm. Konstrukce kotlu umožňuje spalování i kůry.

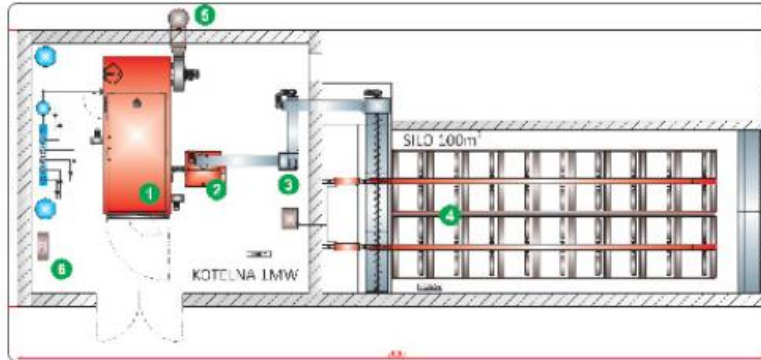
V dnešní době už je součástí kotle na biomasu automatický zásobník paliva. Výhodou je přesně dané množství paliva, který zásobník dávkuje do kotle, tím se dosáhne do požadované výstupní teploty otopné vody. Součástí sestavy automatického kotle je elektrická řídicí jednotka, ventilátor, zásobník paliva a podavač se šnekovým motorem. Doplňování paliva do zásobníku je podle velikosti zásobníku a současně je ovlivněno venkovní teplotou. Při nízkých venkovních teplotách je potřeba pro dosažení pokrytí tepelných ztrát objektů větší spotřeba paliva. Odpopelnění se provádí automaticky do již připraveného kontejneru nebo popelnice. [5]

Pokud je potřeba kotel s vyššími výkony v řádech jednotek MW, tak se několik kotlů zapojí do kaskád. Kotle na biomasu se používají pro vytápění truhláren, úřadů,



nemocnic, dílen, provozoven, škol a mnoho dalších objektů.

Při instalaci kotle na biomasu v řešeném areálu ba byla největší výhoda v dostupnosti paliva, které by bylo zadarmo, protože je to odpad z výroby v areálu.



Obrázek 11 – Kotel na biomasu [6]

- 1 – teplovodní kotel 1 MW
- 2 – provozní předzásobník paliva s protipožárním oddělením
- 3 – dopravní cesta paliva
- 4 – hrabicové vybírání
- 5 – spalinová cesta, komín
- 6 – elektrorozvaděč, měření a regulace

#### Rozdělení kotlů:

- a) kotle fluidní
- b) kotle roštové
- c) kotle práškové

#### Výhody:

- vysoká účinnost až 95%
- ekologie a ochrana životního prostředí
- úspora nákladů díky využití dřevního odpadu z truhlárny
- vysoká spolehlivost
- nezávislost na oleji a plynu
- možnost využití dotace

#### Nevýhody:

- skladovací prostor na dřevní odpad (štěpku)
- potřeba větší expanzní nádobu
- požadavek na prostor pro akumulaci zásobníky cca 40-80 l/kW tepelné ztráty objektu

#### Příklady užití:

**Sušící linka v Bosně o výkonu 5,4 MW (3x 1800 kW)**

**Hala pro výzkum a vývoj v areálu MATRIX a.s. Třebešov o výkonu 900 kW**





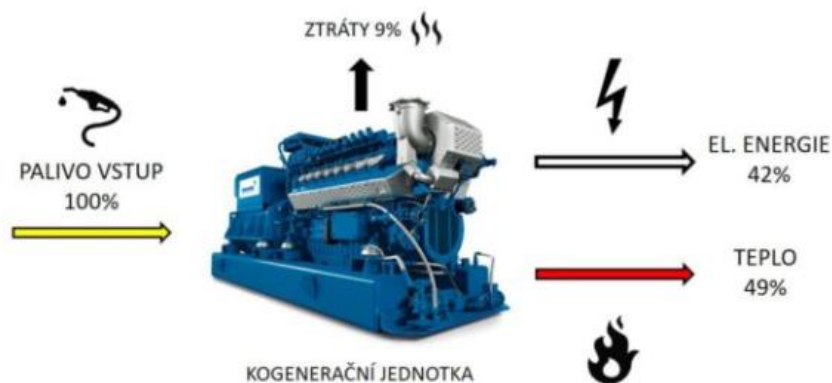
Obrázek 12 – Sušící linka v Bosně [7]

### 7.1.2 Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotku lze definovat jako zařízení pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Samostatná výroba elektrické energie je velice neefektivní, protože při její výrobě vzniká velké množství odpadního tepla, které není dále využito. Největší předností kogenerační jednotky je efektivní využití tepla k vytápění nebo ohřevu vody. Základním prvkem kogenerační jednotky je spalovací motor a generátor, které při výrobě elektrické energie produkují teplo a odvádí jej přes oddělovací výměník do topného systému. Motor se potom ochlazuje vodou, která se dále využívá pro ohřev vody a vytápění v objektu.

Kogenerační jednotky se používají ve velmi širokém výkonnostním rozsahu, od jednotek kWe až po stovky MWe. [8] Důležitým faktorem pro tento zdroj tepla jsou vzniklé emise škodlivin při spalování zemního plynu v motorech, kde následně vzniká vodní pára, oxid uhličitý, oxid uhelnatý, oxidy dusíku a nespálené uhlovodíky. Ke snížení vypouštění emisí do ovzduší se instalují konstrukční úpravy motoru, katalyzátory a jiné provozní opatření.

Nejčastěji se tento zdroj využívá ve školách, nemocnicích, penzionech, hotelích, čistíčkách odpadních vod, obchodních střediscích, bazénech apod. [9]



Obrázek 13 – Kogenerační jednotka [10]





Kogenerační jednotky pro její instalaci musí splňovat základní podmínky:

- úplné využití vyrobeného tepla i v létě
- musí splňovat přísné emisní limity
- důkladné zpracování ekonomické rozvahy z hlediska investičních a provozních nákladů včetně doby návratnosti investovaných finančních prostředků
- využití vyrobené elektrické energie nebo její dodávky do veřejné sítě

#### Rozdělení kogeneračních jednotek:

- a) kogenerační jednotky s plynovým spalovacím motorem
- b) kogenerační jednotky s plynovou spalovací turbínou (větší příkony)

#### Výhody:

- vysoká účinnost až 95%
- z jedné dávky paliva se udělají dva energetické produkty
- snížení emisí CO<sub>2</sub>
- přebytečnou energii lze prodávat do sítě
- rychlá návratnost investice
- možnost dotace

#### Nevýhody:

- využití více druhů energie: odpadní teplo, geotermální, solární, fosilní paliva, biomasa, plyn
- vysoké investiční náklady
- nutné zajistit ochranu proti hluku (pružné uložení, protihlukové kryty, zvuková izolace strojovny)
- návratnost investovaných finančních prostředků je závislá na využití vyrobeného tepla a elektrické energie

#### Příklady užití:

**PRS Brno instalovaný tepelný výkon 2,3 MW a elektrický výkon 1,0 MW**

**CZT Nové Zámky instalovaný tepelný výkon 4,8 MW a elektrický výkon 4,7 MW**

**Teplárna Cheb Zlatý Vrch instalovaný tepelný výkon 552 kW a elektrický výkon 434 kW**

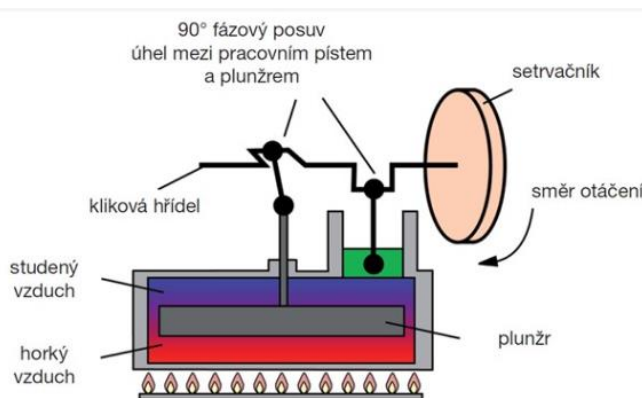


Obrázek 14 – Kogenerační jednotka VZT Nové Zámky [11]

### 7.1.3 Kotel na biomasu se Stirlingovým motorem

Samotný kotel na biomasu byl popsán již v kapitole 7.1.1 Kotel na biomasu. Kotel funguje na stejném principu, ale na kotel je napojen Stirlingův motor, který vyrábí elektrickou energii.

Jedná se o teplovzdušný motor s vnějším spalováním. Stirlingův motor využívá horké spaliny z kotle, které by u běžného kotle šly komínem pryč. Pracovní plyn (dusík) se při zahřátí v uzavřeném motoru rozpíná, začne tlačit na píst a vyvolá přes klikovou hřídel otáčivý pohyb. Pomocí generátoru se tímto způsobem získává elektrický proud. Jedná se o přeměnu tepelné energie na kinetickou a z kinetické energie na energii elektrickou. [12]



Obrázek 15 - Kotel na biomasu se Stirlingovým motorem [12]

V dnešní době by měla být kogenerační zařízení posuzována především z hlediska ekologického než finančního. Ke kogeneračním jednotkám lze přistupovat jako k zařízením, která jsou „2v1“.

Vyrobená elektřina v těchto jednotkách se používá ke spotřebě v objektu, kde probíhá výroba nebo je dodána do veřejné sítě. Vzniklé teplo kotle se používá na vytápění a ohřev teplé vody.

#### Výhody:

- úspora nákladů díky využití dřevního odpadu z truhlárny
- dlouhá životnost
- vnější spalování
- dobrá ekologie a ochrana životního prostředí
- lepší emisní hodnoty než u samostatné kogenerační jednotky
- vysoká účinnost až 95%
- nejrychlejší návratnost z hlediska investovaných peněz
- možnost využití dotace

#### Nevýhody:

- skladovací prostor na dřevní odpad (štěpku)
- vyšší pořizovací náklady, než u samotného kotle na biomasu



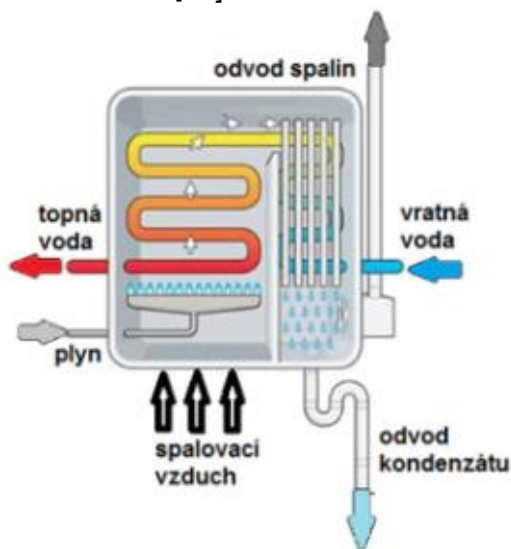
## Příklady užití:

### Škola Neuberg v Neckarsulmu instalovaný tepelný výkon 140 kW

## 7.2 Zdroj tepla pro vrátnici

### 7.2.1 Kondenzační kotel

V samotném kotli dochází ke kondenzaci vodní páry ve spalinách. Tento typ kotle právě využívá teplo ze spalin, které by jinak šlo ven komínem. U ostatních topných systému se teplo ze spalin dále nevyužívá. Princip spočívá v tom, že vratná voda z vytápěného systému, která jde zpět do kotle se předeřeje pomocí teploty od spalin, které se tímto zároveň ochlazují. Teplota spalin se pohybuje od 40 do 90 °C. Účinnost těchto kotlů dosahuje až 98%, zbylé 2% se ztratí spalinami, sáláním a odvodem kondenzátu. Kotel ideálně funguje s teplotou vratné vody, která se pohybuje přibližně kolem 55 °C. [13]



Obrázek 16 – Zjednodušené schéma kondenzačního kotle [14]

#### Výhody:

- snadná regulace vytápění
- nižší pořizovací cena při porovnání s TČ
- možnost ohřevu teplé vody
- výkon kotle není závislá na počasí
- efektivní provoz

#### Nevýhody:

- plyn je vůči životnímu nešetrný (emise CO<sub>2</sub>)
- nutnost plynové přípojky do objektu
- komín musí být vyvločkovaný
- pravidelná údržba kotle a komínu
- vyšší provozní náklady při porovnání s TČ

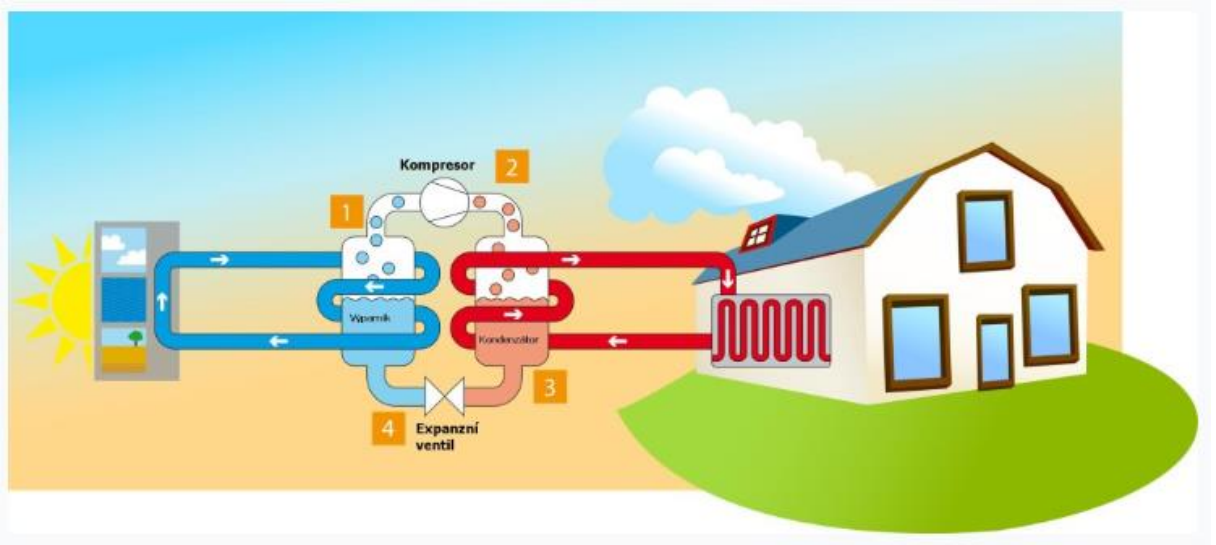
### 7.2.2 Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla v dnešní době patří k nejpoužívanějším zdrojům tepla na vytápění a zároveň na chlazení. Mají široké využití od malých rodinných dom, přes bytové domy až po velké stavby jako jsou nemocnice, banky a další. Největší předností tepelného čerpadla je využití obnovitelných zdrojů energie (voda, vzduch, země). Z toho vyplývá



malý dopad na životní prostředí, ekologicky neznečišťuje ovzduší.

Tepelné čerpadlo funguje ve 4 fázích. V první fázi dojde k odebrání tepla z venkovního prostředí (voda, vzduch, země) do výparníku, kde je nízký tlak a teplota. Chladivo změní svoje skupenství z kapalného do plynného. Dále se pracovní látka začne odpařovat a páry chladiva putují do kompresoru, kde se pracovní médium stlačí na vysoký tlak a dojde ke zvýšení jeho teploty. Kompresor je právě jediná část tepelného čerpadla, která je poháněná elektrickou energií. Ve třetí fázi putují ohřáté páry chladiva do kondenzátoru (výměníku tepla), kde dojde při kondenzaci (zkapalnění) k odevzdání energie do topného systému. Chladivo se opět nachází ve zkapalněném stavu a dále putuje přes expanzní ventil, ve kterém dojde ke ztrátě potřebného tlaku a teploty, zpět do výparníku, kde se může začít opakovat celý cyklus znovu. Pomocí tepelného čerpadla lze získat až 75% tepelné energie zdarma z přírodních zdrojů. [15]



Obrázek 17 – Princip tepelného čerpadla [15]

Důležitým ukazatelem je topný faktor (COP), který nám ukazuje, jaká je účinnost tepelného čerpadla. Je to poměr mezi získanou tepelnou energií a dodanou energií (elektrická energie). Zjednodušeně lze říct, kolikrát více energie získáme při daném množství dodané energie. Čím je topný faktor vyšší, tím je provoz tepelného čerpadla ekonomičtější. Hodnoty topného faktoru se běžně pohybují od 2,5 do 5. Tato hodnota je ovlivněna podmínkami, ve kterých tepelné čerpadlo pracuje.

#### Druhy tepelných čerpadel:

- vzduch/voda
- voda/voda
- vzduch/vzduch
- země/voda

Pro objekt vrátnice lze uvažovat pouze s TČ vzduch/voda nebo vzduch/vzduch.

#### 7.2.2.1 TČ vzduch/voda

Toto čerpadlo pracuje podle venkovní teploty okolního vzduchu. Čím bude venkovní teplota vzduchu nižší, tím bude výkon čerpadla menší. Tento druh čerpadel je obvykle schopný pracovat až do  $-15^{\circ}$ . Možnou variantou je využití odpadního tepla, který se čerpadlem ochladí a opět se využije. Čerpadla se používají pro vytápění ohřev teplé vody. [16]



#### **Výhody:**

- nízké investiční náklady
- rychlá a jednoduchá instalace
- využití pro chlazení v letním období
- bezúdržbové a bezpracné vytápění
- nízké provozní náklady s porovnáním s elektrickým nebo plynovým vytápěním

#### **Nevýhody:**

- hluk venkovní jednotky
- snížení výkonu v zimním období při nízkých venkovních teplotách
- kratší životnost kompresoru než u TČ země/voda

#### **7.2.2.2 TČ vzduch/vzduch**

Systém vzduch/vzduch ohřívá vnitřní vzduch přímo bez topného systému. Díky tomu dosáhne vyššího topného faktoru než ostatní tepelná čerpadla. Jedná se nejlevnější variantu tepelného čerpadla. [17]

#### **Výhody:**

- rychlá a jednoduchá instalace
- nejnižší investiční náklady ze všech druhů tepelných čerpadel
- využití pro chlazení v letním období
- má doplňkové funkce jako odvlhčování nebo čištění vzduchu

#### **Nevýhody:**

- omezený počet vnitřních jednotek k jedné venkovní jednotce
- tímto druhem TČ nelze ohřívát teplou vodu
- hlučnost vnitřní jednotky při maximálním výkonu

### **7.3 Kriteriační hodnocení pro výběr zdroje tepla**

Pro výběr nového zdroje tepla jsem vytvořil tabulku 40 – Kriteriační hodnocení pro výběr zdroje tepla, ve které jsou ohodnoceny všechny tři možnosti navrhovaných zdrojů tepla. Každé kritérium má bodové hodnocení od 1 do 5 bodů, kdy 1 je výborný a 5 je nedostatečné. Zdroj, který bude mít celkové nejméně bodů, ten se jeví jako nejvhodnější.

#### **Bodová stupnice:**

- 1 - výborný
- 2 - velmi dobře
- 3 - dobře
- 4 - dostatečný
- 5 - nedostatečný



Kritérium	Kotel na biomasu	Kogenerační jednotka	Kotel na biomasu se Stirlingovým motorem
Místní využití paliva	1	5	1
Možnost výroby elek. energie	5	1	1
Investiční náklady	2	3	4
Energonositel	1	5	1
Regulace	2	1	2
Emise CO <sub>2</sub>	2	3	1
<b>Celkem</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>10</b>

Tabulka 40 – Kriteriační hodnocení pro výběr zdroje tepla

### Vyhodnocení:

Z kriteriačního hodnocení vyplynulo jako nejvhodnější zdroj tepla pro celý areál kotel na biomasu (dřevní štěpku) se Stirlingovým motorem. Největší výhodou zvoleného zdroje je využití dřevního odpadu vyprodukovaného z truhlárny a pily v řešeném areálu. Zároveň je schopný vyrobit elektrickou energii, která může být v areálu využita.

Vrátnici bylo možné vytápět decentralizovaně samostatným zdrojem, kterým mohl být plynový kondenzační kotel nebo tepelné čerpadlo. O zmíněných výhodách či nevýhodách těchto zařízení jsem se zmínil v kapitole 7.2. U plynového kondenzačního kotle by byla pořizovací cena nízká, ale provoz by byl drahý a neekologický. U tepelných čerpadel by byla pořizovací cena vysoká, ale provoz levný. Objekt vrátnice bude napojen na společný zdroj v celém areálu, protože palivem je dřevní štěpka, které je v areálu dostatek a je ekologická.

## 8. Možnosti koncových otopných prvků v objektech

Po snížení energetické náročnosti všech vytápěných budov pomocí tepelně-technických opatření a výměně zdroje tepla je potřeba vyměnit koncová otopná tělesa včetně vnitřních rozvodů vytápění. V následujících kapitolách jsou uvedeny jednotlivé možnosti koncových otopných prvků v jednotlivých objektech. Pro vhodný výběr otopných těles a zařízení je nutné znát specifika jednotlivých objektů.

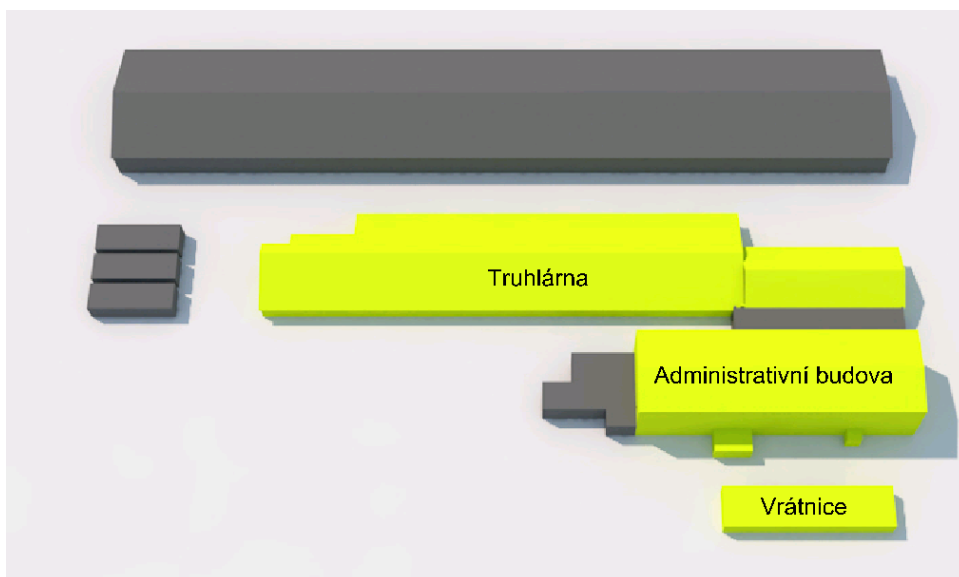




## 8.1 Objekt vrátnice, truhlárny a administrativní budovy

Tyto objekty jsou si podobné svým stavebním uspořádáním. V těchto objektech jsou výrobní prostory (výroba, truhlárna), kanceláře a sklady. Objekt truhlárny a administrativní budova v zóně výroby a skladovacích prostorů jsou si podobné. Jedná se o vytápěné prostory, které mají otevřenou dispozici, kde rozměr délky objektu k šířce je v poměru 4:1 a více. Zbytek prostorů v objektech tvoří kanceláře. Ve všech objektech je světlá výška místností cca 2,6 -2,7 m.

Pro vytápění těchto typů budov se nejvíce hodí desková otopná tělesa ve formě radiátorů nebo otopných registrů. Do objektů truhlárny a výrobní části objektu administrativní budovy by jako další možnost vytápění přicházely v úvahu sálavé stropní panely, ale je zde omezení ve světlé výšce místností, která to nedovoluje.



Obrázek 18 – Schéma areálu budov, které jsou vytápěny.

Žlutá barva – řešené objekty

Šedá barva – neřešené objekty

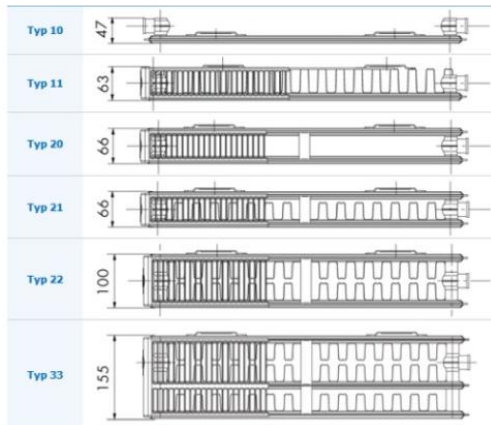
### 8.1.1 Desková otopná tělesa – radiátory

Desková otopná tělesa jsou nejpoužívanějším typem otopných těles. Za desková tělesa považujeme souvislé hladké desky, které mohou mít zvětšený povrch pomocí zvlnění nebo konvekčním plechem v různém montážním uspořádání.

Hlavní částí tělesa je horní rozvodná a dolní sběrná komora umístěná ve směru délky tělesa stejného neproměnného průřezu. Těleso tak tvoří dvě prolisované desky z ocelového plechu. Aby se tělesa mohla napojit na potrubní rozvod mají osový nebo boční výstup se závitem. V dnešní době se často používají tělesa tzv. kompaktního provedení, kde mají zabudovanou propojovací garnituru s ventilovou nebo přímo s ventilem s napojením spodem vlevo, vpravo nebo uprostřed. [18]

#### Rozdělení deskových těles:

- jednoduchá
- zdvojená
- ztrojená



Obrázek 19 - Typy deskových těles [19]

### 8.1.2 Konvektory - otopné registry (výměníky)

Jsou to otopná tělesa, která předávají teplo do vytápěného prostoru převážně konvekcí (prouděním vzduchu). Pohyb vzduchu je zajištěn díky přirozenému vzlaku nebo pomocí ventilátoru. Konvektory se skládají z výměníku tepla a skříňe, ve které jsou výdechové mřížky v horní nebo boční části. Předností konvektorů je jejich řešení osazování. Mohou být osazovány na stojánky, těsně za obvodovou stěnu nebo přímo do stavební konstrukce (stěna nebo podlaha).

V minulosti se používaly výměníky s ocelovými trubkami, na které byla navlékána nebo navinovaná žebra z ocelového plechu, popřípadě navlékány lamely z plechu hliníkového. Dnes se převážně používají měděné trubky s hliníkovými lamelami z důvodu delší životnosti materiálu a jednodušší montáže.

Do objektu truhlárny navrhuji nástěnné otopné výměníky tepla z důvodu převažujícího pokrytí stěn, které sousedí s exteriérem. Tento druh těles má velmi nízký obsah vody a jeho výhodou je jeho velikost. Rychle reaguje na zátap a má dobrou regulační schopnost. Skříň konvektoru se vyrábí nejčastěji z hliníkového či ocelové plechu. Musí mít hladký povrch, aby na vnitřní straně měla co nejmenší odpor proudění vzduchu. Výdechová mřížka je většinou vyskládána z otáčivých žaluzií, pro možné nastavení proudění směru vzduchu. [20]



Obrázek 20 - Otopné registry [20]

## 8.2 Objekt haly

Objekt haly je rozdělen na dvě části. Žlutě vyznačená část viz. Obrázek 21 je vytápěná a šedá část je nevytápěná. Ve vytápěné části objektu se nachází tři dílny, sklad a



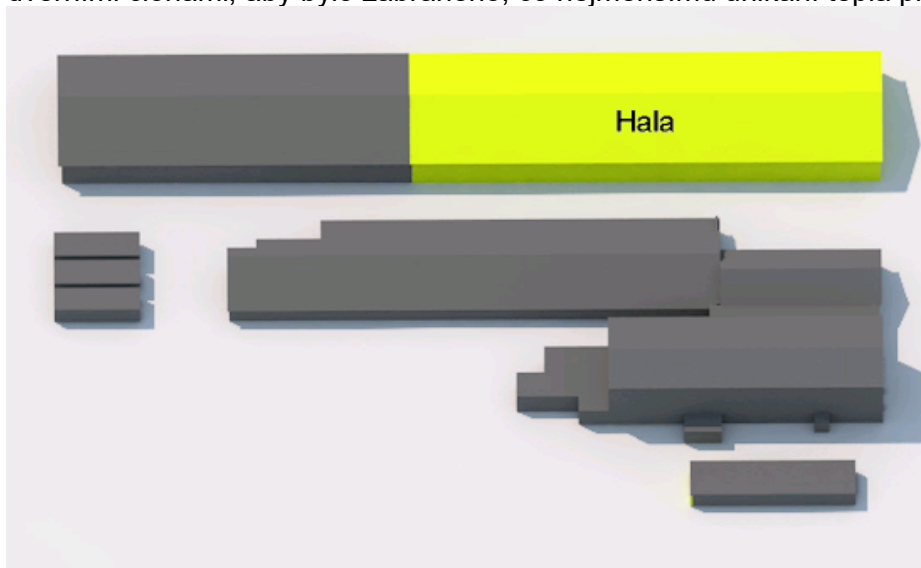


garáž. Všechny místnosti objektu haly jsou přístupná sekčními vraty. Světlá výška jednotlivých místností haly je 5,0 m, z toho vyplývá, že je potřeba vytápět velký objem místností.

Doposud byli místnosti přístupné dvoukřídlými ocelovými vraty bez zateplení a vytápění zajišťovaly teplovzdušné parní jednotky, které byly napojeny na stávající zdroj tepla areálu.

Po navržených tepelně-technických opatření došlo k výraznému poklesu tepelné ztráty objektu a s tím i spotřeba tepla na vytápění. Pro vytápění objektů hal se nejčastěji používají zavěšené sálavé panely nebo nástěnné teplovzdušné jednotky. Jako otopná látka se používá horká nebo teplá voda, případně pára. Další variantou jsou plynové zářiče. Nevýhodou plynových zářičů je právě plyn, který je potřeba k pohonu těchto zařízení. V našem případě by právě využívání plynu pro vytápění nedávalo smysl, jak z hlediska ekonomického, tak z hlediska vzniklých emisí CO<sub>2</sub>.

Nedílnou součástí správného fungování vytápění haly je opatření všech sekčních vrat dveřními clonami, aby bylo zabráněno, co nejmenšímu unikání tepla při jejich otevírání.



Obrázek 21 - Schéma areálu budov, které jsou vytápěny.

Žlutá barva – řešené objekty

Šedá barva – neřešené objekty

### 8.2.1 Vzduchové dveřní clony

Úkolem vzduchových clon je pomocí proudění teplého vzduchu oddělit vnitřní a vnější prostředí. Vzduchové dveřní (vratové) vytvářejí silnou vzduchovou stěnu a tím zabraňují unikání teplého vzduchu z vnitřního prostředí místností, a naopak zabraňují vnikání studeného vzduchu z vnějšího prostředí. Tím dojde ke snížení nákladů na spotřebu energie vytápěných prostor, kde dochází k častému otevírání nebo jsou dveře stále otevřené. Vzduchové clony pomáhají snižovat úspory energie na vytápění. Vyrábí se bez ohřevu nebo s ohřevem. Nejčastěji se používají dveřní clony s ohřevem elektrickým nebo vodním, protože jsou daleko účinnější než clony bez ohřevu. Clony se umísťují nad vrata či dveře nebo z boku vrat. Pokud se právě jedná o vertikální umístění, tak se používá kombinace clony s výměníkem a bez výměníku. Clona s výměníkem se instaluje na spodní část a další clona bude bez výměníku nad ní. Tímto uspořádáním se teplý vzduch promíchá v horní části vstupu.



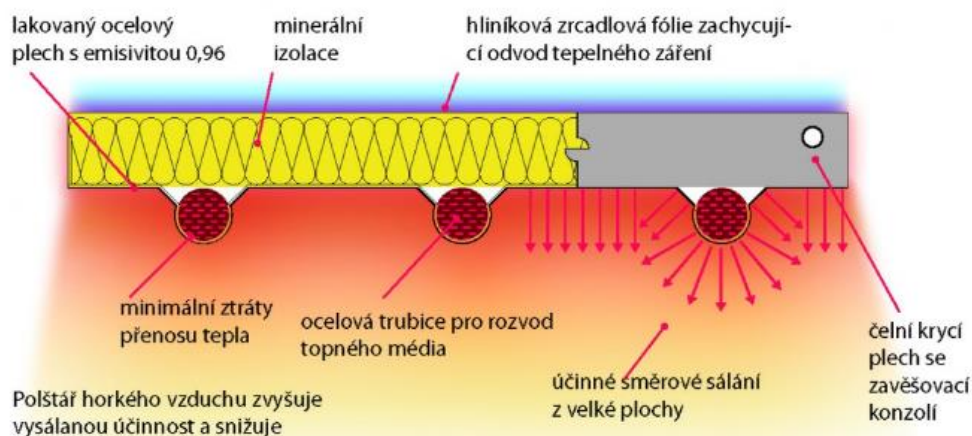
Nejdůležitější je vybrat vhodno dveřní clonu s optimálně vybraným tvarem vzduchových kanálků, které dávají dosah proudu vzduchu až 7,5 m. [21]



Obrázek 22 - Vzduchové dveřní clony [21]

## 8.2.2 Vodní sálavé panely

Jedná se o zařízení s otopnou plochou, které se zavěšuje volně pod strop a předává teplo do místnosti převážně sáláním. Sálavé panely se převážně používají k vytápění velkoprostorových objektů jako jsou sklady, haly, supermarkety, tělocvičny. Samotný panel se skládá z rozvodné otopné trubky, ve které proudí ohřáté médium a otopné plochy, která je tvořená barevným pozinkovaným nebo hliníkovým plechem. Panely se vyrábí v šířkách 0,26 -1,50 m a v délkách 2-6 m. V objektech se pak sestavují do pásů dlouhých desítky metrů. Pro minimalizaci ztrát a účinnosti panelů se při sestavování jednotlivých panelů využívají nejprve panely délky 6 m a na konci se připojí panel potřebné délky. Jednotlivé panely jsou spojeny lisovacími nátrubky a spolu tvoří kompaktní sálavý pás. [22]



Obrázek 23 – Fungování teplovodních sálavých panelů [23]

Pro správné fungování vytápění těmito prvky je důležité rozmístění sálavých panelů. Vzdálenost mezi panely by neměla větší než výška zavěšení. Panely umístěné u obvodových stěn by neměly být překročit polovinu výšky zavěšení panelu. Toto platí v podélném i příčném řezu. V příčném směru (kolmo k panelům) by měl být odstup panelu od obvodové stěny maximálně polovina výšky zavěšení panelu. V podélném



směru (rovnoběžně s panely) se pásy navrhují téměř až ke stěně. Doporučuje se odstup od obvodové stěny maximálně 1,5 m. Z tohoto důvodu se převážně pásy sálavých panelů navrhují na převažující rozměr (délka) objektu.



Obrázek 24 – Spojování jednotlivých panelů pomocí lisovacích tvarovek [24]

Důležitou roli hraje výška objektu, kde se výrazně projevuje teplotní gradient. Teplotní gradient neboli nárůst teploty vzduchu s výškou by se měl zohledňovat v objektech s výškou nad 4 m. Ve vertikálním směru místnosti rozlišujeme tři zóny. První zóna je pobytová, kde se snažíme udržet požadované návrhové podmínky tepelné pohody. Druhou zónou je tzv. neutrální zóna, kde nejsou podmínky nijak kladeny. Třetí zónou je zóna energetické náročnosti. Tato zóna je nejdůležitější. Zde se projevuje potenciál energetických úspor.

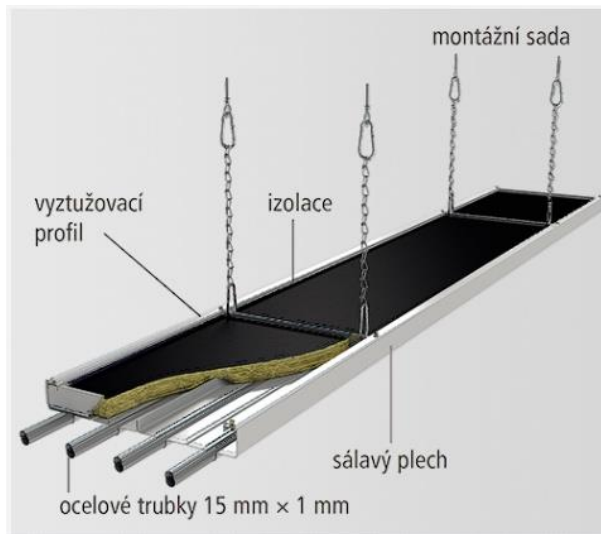
Pokud mají místnosti výšku stropu do 4 m, tak sálavé panely pomocí sdílení tepla sáláním nemají téměř žádný vliv na požadovaný tepelný výkon. Pokud jsou stropy vyšší, může být tepelný výkon ovlivněn několika parametry:

- výškový teplotní gradient
- rozdílné teploty vzduchu a střední radiační teploty
- tepelná ztráta stavebních částí budovy, jež jsou využity jako otopná plocha [25]

Při výběru sálavých panelů z katalogů jednotlivých výrobců je nutné počítat s různými korekcemi, protože jsou uvedeny pouze měrné hodnoty výkonu. Tepelný výkon, který je uveden v katalogu se navrhnul na běžný provoz při jednoduchých podmínkách.

V každé budově se musí vždy podobně spočítat instalovaný tepelný výkon, protože jsou vždy specifické podmínky. Při výpočtu návrhového tepelného výkonu se počítá s těmito korekčními činiteli:

- činitel pro místnost přesahující 4 m
- dva činitele na výšku zavěšení
- činitel na úhel zavěšení



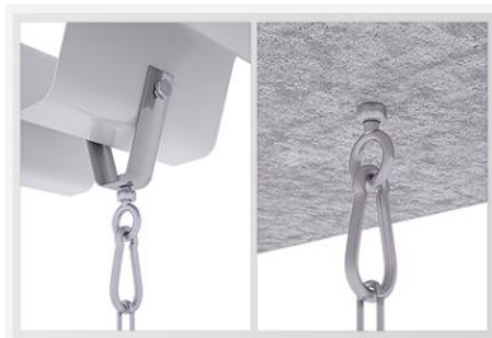
Obrázek 25 – Příklad sálavého panelu [24]

Pokud nejsou rovné stropní nebo střešní konstrukce, tak se musí panely zavěsit pod úhlem natočení. Při zavěšení panelů pod úhlem se zvyšuje podíl dodávky tepla konvekcí dochází ke snížení povrchové teploty topné plechy. Tím klesá sálavý výkon a je potřeba zvýšit celkový výkon panelů. Pro jednotlivé úhly natočení jsou stanoveny korekční činitelé.

Při návrhu se nesmí opomenout teplotní dilatace, která vzniká při přivedení otopné vody do sálavého pásu. Materiál se ihned začne ohřívat a tím se prodlužovat. Na vliv celkové prodloužení má teplota otopné vody, a především délka pásu. Při krátkých závěsech a dlouhých pásech může dojít k průhybu nebo dokonce pádů celého pásu. Dilatace se řeší těmito způsoby:

- připojení sálavých pásů pružnými hadicemi
- závěsy již předvěsit a po zahřátí se vrátí do svislé polohy

Dalším důležitým faktorem pro instalaci sálavých panelů je jejich zavěšení do stropní, popřípadě střešní konstrukce. Nejjednodušší je kotvení do trapézových plechů, kde je možnost zavěšení prakticky kdekoliv. Naopak největší problémy se zavěšením jsou u konstrukcí tvořených pouze s PUR panely, které nejsou nosné a musí se provádět dodatečná konstrukce mezi dřevěné vazníky. Samotné zavěšení se provádí pomocí uzlových řetízků nebo ocelových lan.



Obrázek 26 - Zavěšení na trapézový plech (vlevo) a do betonu (vpravo) [24]



### Výhody:

- vytváří velmi příznivé pracovní prostředí s rovnoměrným vytápěním
- potřebná teplota se díky převaze sálavé složky dosáhne při již poměrně nízké teplotě vnitřního vzduchu
- tepelný výkon zdroje je nižší
- dlouhá životnost zařízení
- nedochází k víření prachu jako u teplovzdušného vytápění
- rychlá a jednoduchá montáž
- čím vyšší objekt, tím lépe vychází sálavé vytápění

### Nevýhody:

- v objektu haly je lehká stropní konstrukce připevněna pod dřevěné střešní vazníky, tím vzniká problém při montáži zavěšení
- vysoké pořizovací náklady než teplovzdušných jednotek
- z důvodu delší setrvačnosti se nehodí do provozů s dobou kratší než 6 až 8 hodin
- při větších výkonech mohou být hlučné

## 8.2.3 Nástěnné teplovzdušné jednotky

Nejpoužívanější teplovzdušnou soustavou jsou nástěnné teplovzdušné soupravy vytápěné vodou nebo parou. V objektu haly se doposud vytápí nástěnnými teplovzdušnými jednotkami, které jsou poháněny parou.

Jednotky pracují za předpokladu konstantního průtoku vzduchu a změně jejich teploty, která se mění v závislosti na venkovní teplotě vzduchu. Čím bude venkovní teplota nižší, tím roste tepelná ztráta objektu a stoupá i teplota otopné vody. Zároveň se zvyšuje teplota vypouštěného vzduchu z jednotky. V závislosti na venkovní teplotě dochází ke změně obrazu proudění teplého vzduchu vytápěného objektu. Při porovnání se sálavými panely se v dnešní době upřednostňují právě sálavé panely před teplovzdušnými jednotkami.

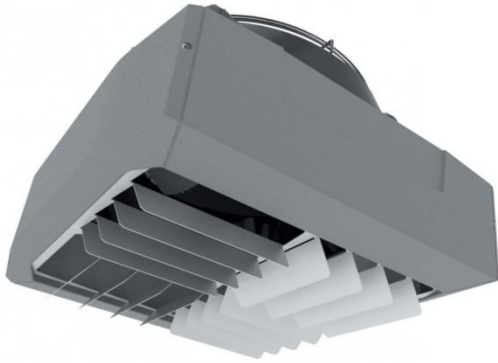
Pro dobrou hospodárnost vytápění objektů hal pomocí teplovzdušných jednotek se navrhuje maximálně do výšky hal 8-10 m. Čím bude objekt haly vyšší, tím je složitější stanovit tepelný výkon jednotky, protože teplý vzduch má tendenci se držet pod stropem. To znamená nedotápění v oblasti pobytu osob. [26]



Obrázek 27 – Vodní teplovzdušná jednotka [27]



Pro zvýšení hospodárnosti vytápění hal se používají tzv. destratifikátory, které se umísťují pod strop vytápěného objektu. Úkolem těchto zařízení je dostat teplejší vzduch, který se hromadí pod stropem zpět do zóny pobytu člověka a zároveň dostat vzduch do oblasti, kam nedosáhne proud vzduchu z jednotek. Při použití těchto zařízení je potřeba si dát pozor na zajištění maximální rychlosti ve výšce 1,5 m nad podlahou. Nejnižší výška pro zavěšení se uvažuje 4,0 m nad podlahou.



Obrázek 28 - Destratifikátor [28]

Pro správné fungování jednotek je důležité jejich umístění. Při umístění se musí dodržet minimální rozestupy od stavebních konstrukcí a musí být zajištěn prostor pro možnou obsluhu a údržbu.

Jednotky se zavěšují na dvě konzoly, které se kotví do obvodové konstrukce.

#### **Výhody:**

- jednoduchá a rychlá montáž
- menší pořizovací náklady s porovnáním sálavých panelů
- vysoce výkonné a bezúdržbové ventilátory
- variabilní nastavení výfukových lamel

#### **Nevýhody:**

- v místnostech mohou vířit prach
- při větších výkonech mohou být hlučné
- pro zvýšení účinnosti vytápění se přidávají pod strop destratifikátory

### **8.3 Sušárny**

Z důvodu zvýšené poptávky po stavebním řezivu budou v areálu nainstalovány tři nové sušárny místo jedné stávající. Jedná se o zařízení na teplovzdušné sušení řeziva, paletových přířezů a ošetření palet. Sušárny jsou konstruovány jako neprůjezdná sušící komora s čelním navážením řeziva, které je uloženo na kolejových vozících. Vnější rozměry sušárny jsou: délka 12,8 m, výška 3,3 m a šířka 4,2 m. Do sušárny vedou dvoje paralelní koleje, na každou z nich je možné umístit hráně o šířce 1,2 m, výšce 2,2 m a celkové délce až 12,4 m. Tímto uložením řeziva na kolejové vozíky, vzniknou přesně vymezené prostory pro proudění vzduchu mezi hráněmi, což zaručí





rychlé, šetrné a stejnoměrné vysoušení dřeva. [29]



Obrázek 29 – Pohled na sušárnu typu SR8 [30]

Výhodou nakládání dřeva na kolejové vozíky je, že dřevo nebo v přímém kontaktu se zemí a nebude docházet ke kondenzaci na podlaze. Dále je tímto zabráněné poničení podlahy v porovnání se zavážením vysokozdvížným vozíkem přímo do komory. Sušárny se používají k sušení listnatého i jehličnatého dřeva. Objemová kapacita řeziva v sušárně je podle tloušťky prken od 29 m<sup>3</sup> do 40 m<sup>3</sup>.



Obrázek 30 – Dřevěné fošny na kolovém vozíku [31]

V sušárně je umístěn pod stropem energetický blok, ve kterém jsou instalovány axiální ventilátory, vyhřívací bimetalické hliníkové výměníky a vzduchotechnika automatického odvětrání komory.

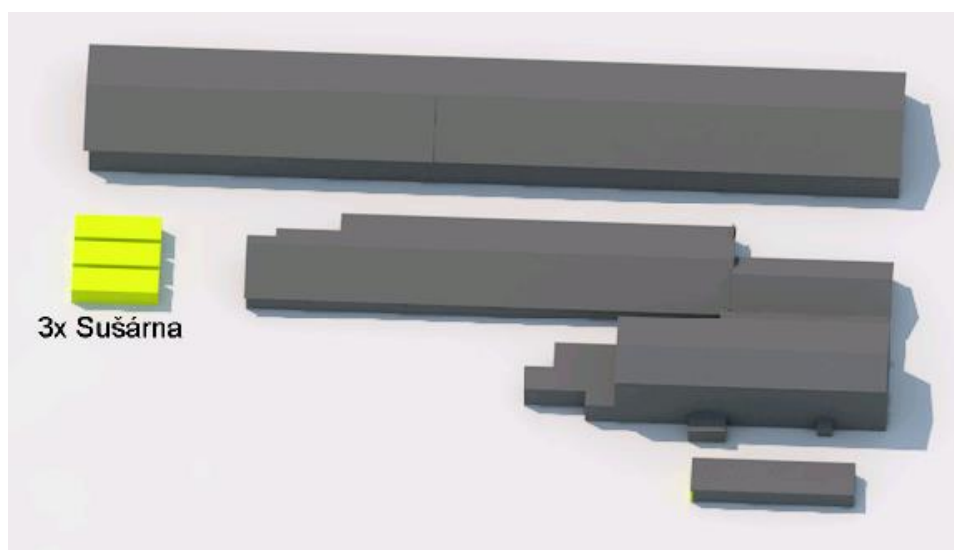
Sušárnu je nutné připojit na zdroj topné vody o teplotě maximálně 90 °C. a výkonu cca 120 kW. Výkon 120 kW je potřebný pouze při zapnutí sušárny, následným zahřátím sušárny potřebný výkon hodně klesá. Maximální elektrický příkon sušárny je 7,2 kW.





druh řeziva	tloušťka řeziva	počáteční vlhkost	konečná vlhkost	přibližný čas sušení
Smrk	50 mm	50 %	10 %	160 hod.
Smrk	25 mm	50 %	10 %	90 hod.
Borovice	50 mm	50 %	10 %	192 hod.
Borovice	25 mm	50 %	10 %	120 hod.
Dub	50 mm	50 %	10 %	848 hod.
Dub	25 mm	50 %	10 %	360 hod.
Buk	50 mm	50 %	10 %	528 hod.
Buk	25 mm	50 %	10 %	264 hod.

Obrázek 31 – Doba vysoušení jednotlivých druhů řeziva



Obrázek 32 - Schéma areálu budov, které jsou vytápěny.

Žlutá barva – řešené objekty

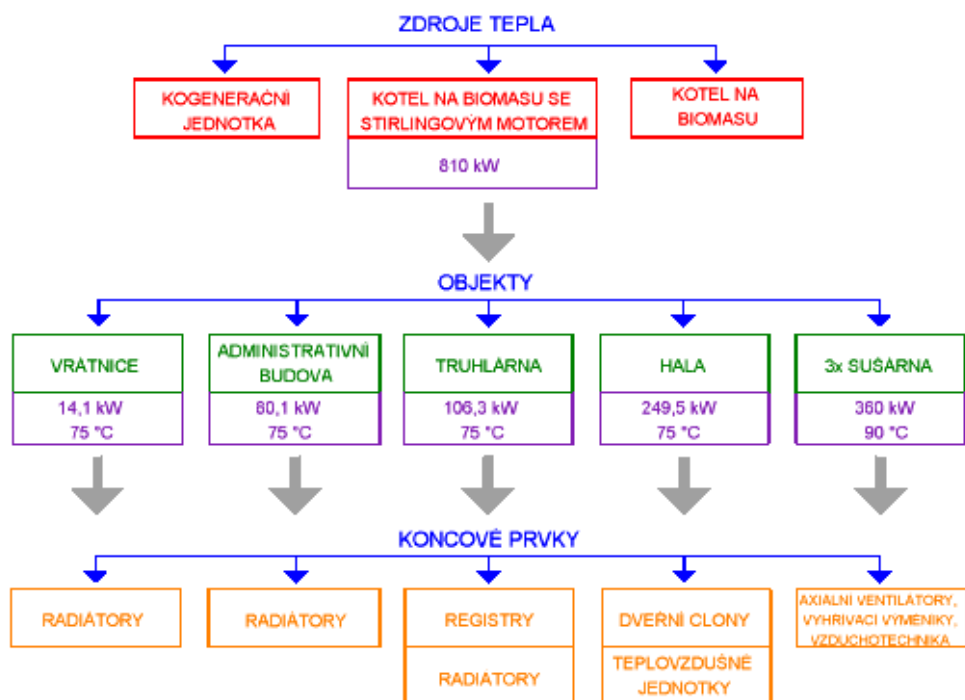
Šedá barva – neřešené objekty

## 9. Kombinace variant energeticky úsporných opatření a výměna koncových prvků včetně zdroje tepla

Po zvolení nového zdroje tepla, kterým je kotel na biomasu (dřevní štěpku) se stirlingovým motorem a vybrání nejvhodnějších koncových otopných prvků do jednotlivých objektů je nutné vybrat, jaká energeticky úsporná opatření se budou na objektech realizovat. Jsou vytvořeny tři varianty, ve kterých jsou zohledněny energetické a finanční úspory. Dále je ve všech těchto variantách započítána možná 40% dotace na energetická úsporná opatření. Tato dotace bude zahrnuta v celkové prosté návratnosti.



## 9.1 Varianta 1



Obrázek 33 - Schéma potřebného výkonu zdroje varianty 1

V první variantě je navrženo opatření č.1 – zateplení stropních konstrukcí v objektech vrátnice, truhlárny a haly. Po tomto opatření dojde ke snížení energetické náročnosti na vytápění jednotlivých objektů.

S tímto opatřením je současně navržena výměna všech koncových otopných prvků a rozvodů ve všech objektech. V objektech vrátnice a administrativní budově jsou navržena jako otopná koncová tělesa radiátory. V truhlárně je zvolena v této variantě kombinace radiátorů a otopných registrů. V budově haly jsou navrženy teplovzdušné jednotky a před vraty vzduchové clony.

Celkové tepelné ztráty objektů						
Název objektu	Před realizací opatření			Po realizaci opatření		
	Tepelná ztráta objektu [KW]	Spotřeba energie na vytápění [MWh/rok]	Dodaná energie na vytápění [MWh/rok]	Tepelná ztráta objektu [KW]	Spotřeba energie na vytápění [MWh/rok]	Dodaná energie na vytápění [MWh/rok]
Hala	288,0	634,92	1 355,43	129,1	277,84	476,71
Truhlárna	206,1	343,18	733,61	106,3	152,725	267,75
Vrátnice	20,2	41,25	91,61	14,1	28,519	52,40
Administrativní budova	80,1	115,93	195,95	80,1	195,95	157,43
<b>Celkem objekty</b>	<b>594,37</b>	<b>1 135,27</b>	<b>2 376,61</b>	<b>329,6</b>	<b>655,035</b>	<b>954,291</b>

Tabulka 41 – Souhrn celkových tepelných ztrát varianty 1



Merné tepelné ztráty objektů				
Objekt	Zóna	Tepelná ztráta po realizaci opatření [W]	Vytápěná podlahová plocha [m <sup>2</sup> ]	Tepelný výkon na 1m <sup>2</sup> podlahové plochy [W/m <sup>2</sup> ]
Hala		129 100	1458,66	88,51
Truhlárna	1 - kanceláře	16 105	234,99	68,53
	2 - truhlárna	90 195	1118,7	80,62
Vrátnice	1 - vrátnice	9 235	26,2	352,48
	2 - garáž	4 865	23,9	203,56
Administrativní budova	1 - sklad	21 870	505,1	43,30
	2 - kanceláře	15 520	222,8	69,66
	3 - výroba	42 980	801,9	53,60

Tabulka 42 – Výpis potřebných výkonů na 1m<sup>2</sup> podlahové plochy ve všech zónách objektů varianty 1

Varianta 1						
Opatření	Objekt	Investiční náklady [Kč]	Roční úspory			Prostá doba návratnosti Ts [roky]
			Úspora energie na vytápění			
			[MWh/rok]	[%]	[Kč/rok]	
Zateplení stropních konstrukcí	Hala	2 906 262	357,08	56,2	286 375	10,1
Výměna rozvodů a koncových prvků		1 007 074	118,00	8,7	94 634	10,6
Zateplení stropních konstrukcí	Truhlárna	2 537 340	190,45	55,5	152 744	16,6
Výměna rozvodů a koncových prvků		831 424	59,86	8,2	48 009	17,3
Zateplení stropních konstrukcí	Vrátnice	209 627	12,73	30,9	10 208	20,5
Výměna rozvodů a koncových prvků		277 540	12,11	13,2	9 714	28,6
Výměna rozvodů a koncových prvků	Administrativní budova	1 067 204	17,36	8,9	13 920	76,7
<b>Celkem</b>		<b>8 836 471</b>	<b>767,59</b>		<b>615 603</b>	<b>14,4</b>
Dotace na úsporná opatření o velikosti 40% z investovaných finančních prostředků		3 534 588				
<b>Celkem po odečtení dotace</b>		<b>5 301 883</b>	<b>767,59</b>		<b>615 603</b>	<b>8,6</b>

Tabulka 43 - Hodnocení opatření varianty 1



## Úspora energie

Energonositel	Stávající stav	Posuzovaný návrh	Rozdíl	Úspora
	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[%]
Dřevo	1135,27	655,04	480,23	42,3
Elektrická energie	128,29	128,29	0,00	0,0

Tabulka 44 – Úspora energie po realizaci navrženého souboru opatření varianty 1

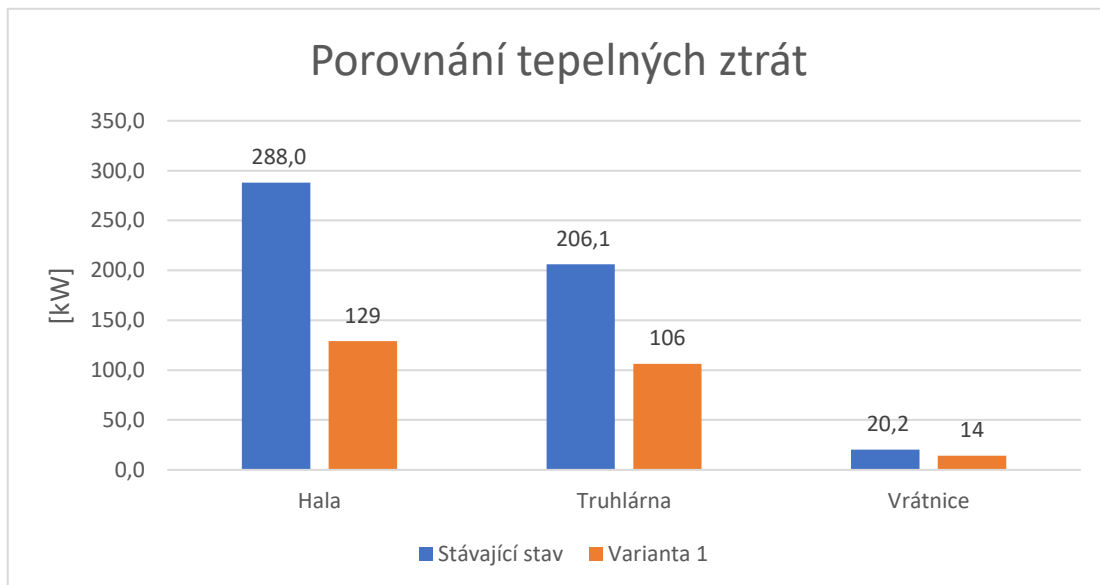
## Úspora CO<sub>2</sub>

Energonositel	Emisní faktor [t/MWh]	Stávající stav [t/rok]	Po realizaci [t/rok]	Rozdíl [t/rok]
Dřevo	0,4032	457,74	264,11	193,63
Elektrická energie	1,0116	129,78	129,78	0,00
<b>Celkem</b>		<b>587,52</b>	<b>393,89</b>	<b>193,63</b>

Tabulka 45 – Úspora CO<sub>2</sub> po realizaci navrženého souboru opatření varianty 1

Energonositel	Investice [Kč]	Investice na kg úspory [Kč/kg]	Úspora [GJ/rok]	Investice na uspořený GJ [Kč/GJ]
<b>Celkem</b>	<b>8 836 471</b>	<b>45,64</b>	<b>1728,84</b>	<b>5111,23</b>

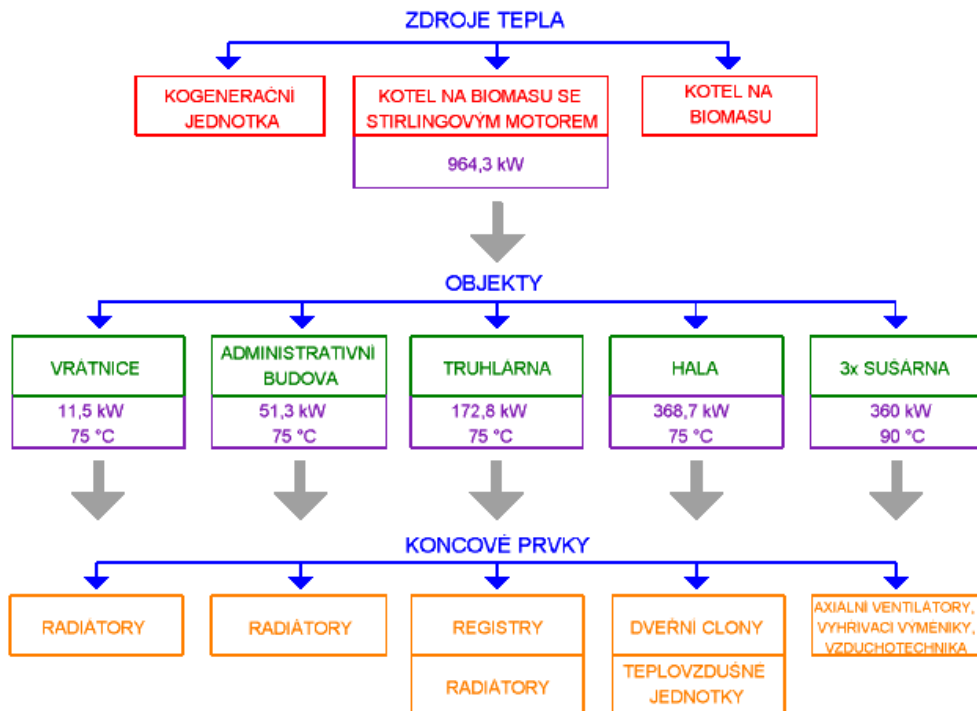
Tabulka 46 – Investice na kg úspory CO<sub>2</sub> a GJ varianty 1



Graf 5 - Porovnání tepelných ztrát mezi stávajícím stavem a variantou 1



## 9.2 Varianta 2



Obrázek 34 - Schéma potřebného výkonu zdroje varianty 2

Ve druhé variantě je navržena kombinace opatření č.2 – výměna výplní otvorů a opatření č.3 – zateplení obvodových stěn. V objektech vrátnice, haly a administrativní budovy je navržena částečná výměna nevyhovujících výplní otvorů a zateplení obvodových stěn. V objektu truhlárny v části truhlárna se počítá s kompletní výměnou výplní otvorů a zateplení obvodových stěn. V části kanceláří je navrženo zateplení stropních a obvodových konstrukcí ze strany nevytápěného prostoru objektu. Ve všech objektech dojde k výměně koncových prvků otopných těles a rozvodů. V objektech vrátnice a administrativní budově jsou navržena jako otopná koncová tělesa radiátory. V truhlárně je zvolena v této variantě kombinace radiátorů a otopných registrů. V budově haly jsou navrženy teplovzdušné jednotky a před vraty vzduchové clony.

Celkové tepelné ztráty objektů						
Název objektu	Před realizací opatření			Po realizaci opatření		
	Tepelná ztráta objektu [KW]	Spotřeba energie na vytápění [MWh/rok]	Dodaná energie na vytápění [MWh/rok]	Tepelná ztráta objektu [KW]	Spotřeba energie na vytápění [MWh/rok]	Dodaná energie na vytápění [MWh/rok]
Hala	288,0	634,92	1 355,43	248,7	546,68	935,37
Truhlárna	206,1	343,18	733,61	172,8	273,86	469,65
Vrátnice	20,2	41,25	91,61	11,5	22,77	42,59
Administrativní budova	80,1	115,93	195,95	49,3	53,89	76,26
<b>Celkem objekty</b>	<b>594,37</b>	<b>1 135,27</b>	<b>2 376,61</b>	<b>482,3</b>	<b>897,21</b>	<b>1523,87</b>

Tabulka 47 - Souhrn celkových tepelných ztrát varianty 2



<b>Merné tepelné ztráty objektů</b>				
Objekt	Zóna	Tepelná ztráta po realizaci opatření [W]	Vytápěná podlahová plocha [m <sup>2</sup> ]	Tepelný výkon na 1m <sup>2</sup> podlahové plochy [W/m <sup>2</sup> ]
Hala		248 700	1458,66	170,50
Truhlárna	1- kanceláře	28 360	234,99	120,69
	2 - truhlárna	144 440	1118,7	129,11
Vrátnice	1 - vrátnice	7 390	26,2	282,06
	2 - garáž	4 110	23,9	171,97
administrativní budova	1 - sklad	13 035	505,1	25,81
	2 - kanceláře	10 135	222,8	45,49
	3 - výroba	28 130	801,9	35,08

Tabulka 48 - Výpis potřebných výkonů na 1m<sup>2</sup> podlahové plochy ve všech zónách objektů varianty 2

<b>Varianta 2</b>						
Opatření	Objekt	Investiční náklady [Kč]	Roční úspory			Prostá doba návratnosti Ts [roky]
			Úspora energie na vytápění			
			[MWh/rok]	[%]	[Kč/rok]	
Zateplení obvodových konstrukcí + výměna výplní otvorů	Hala	2 378 130	88,24	13,9	70 764	33,6
Výměna rozvodů a koncových prvků		1 156 043	232,17	17,1	186 201	6,2
Zateplení obvodových konstrukcí + výměna výplní otvorů	Truhlárna	3 009 367	69,32	20,2	55 591	54,1
Výměna rozvodů a koncových prvků		1 053 727	116,31	15,9	93 279	11,3
Zateplení obvodových konstrukcí + výměna výplní otvorů	Vrátnice	500 442	18,48	44,8	14 822	33,8
Výměna rozvodů a koncových prvků		220 567	9,67	10,6	7 754	28,4
Zateplení obvodových konstrukcí + výměna výplní otvorů	Administrativní budova	2 585 642	62,03	53,5	49 749	52,0
Výměna rozvodů a koncových prvků		1 064 045	18,41	9,4	14 764	72,1
<b>Celkem</b>		<b>11 967 963</b>	<b>614,62</b>		<b>492 924</b>	<b>24,3</b>
Dotace na úsporná opatření o velikosti 40% z investovaných finančních prostředků		4 787 185				
<b>Celkem po odečtení dotace</b>		<b>7 180 778</b>	<b>614,62</b>		<b>492 924</b>	<b>14,6</b>

Tabulka 49 - Hodnocení opatření varianty 2





### Úspora energie

Energonositel	Stávající stav	Posuzovaný návrh	Rozdíl	Úspora
	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[%]
Dřevo	1135,27	897,21	238,06	21,0
Elektrická energie	128,29	128,29	0,00	0,0

Tabulka 50 - Úspora energie po realizaci navrženého souboru opatření varianty 2

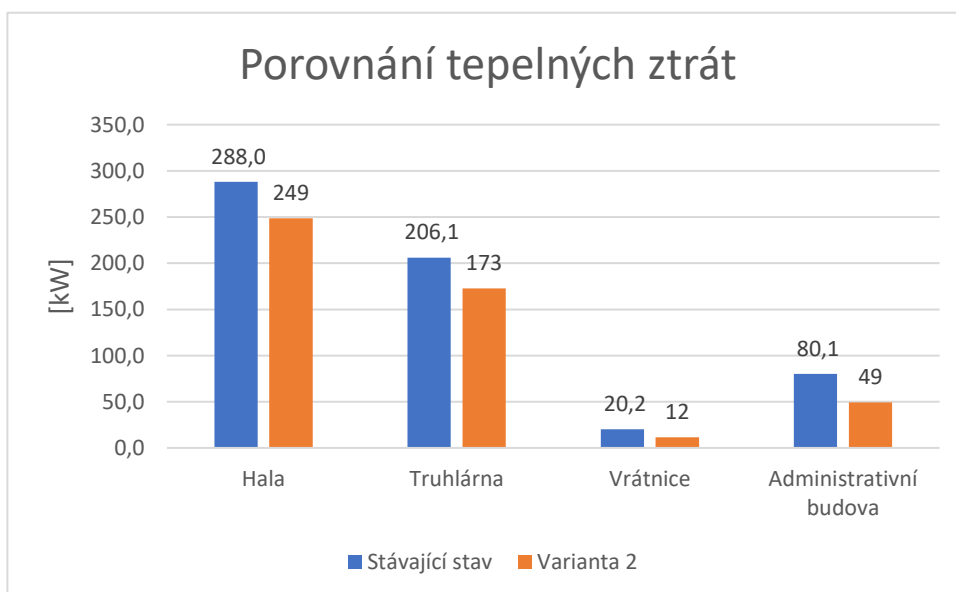
### Úspora CO<sub>2</sub>

Energonositel	Emisní faktor [t/MWh]	Stávající stav [t/rok]	Po realizaci [t/rok]	Rozdíl [t/rok]
Dřevo	0,4032	457,74	361,75	95,99
Elektrická energie	1,0116	129,78	129,78	0,00
<b>Celkem</b>		<b>587,52</b>	<b>491,53</b>	<b>95,99</b>

Tabulka 51 - Úspora CO<sub>2</sub> po realizaci navrženého souboru opatření varianty 2

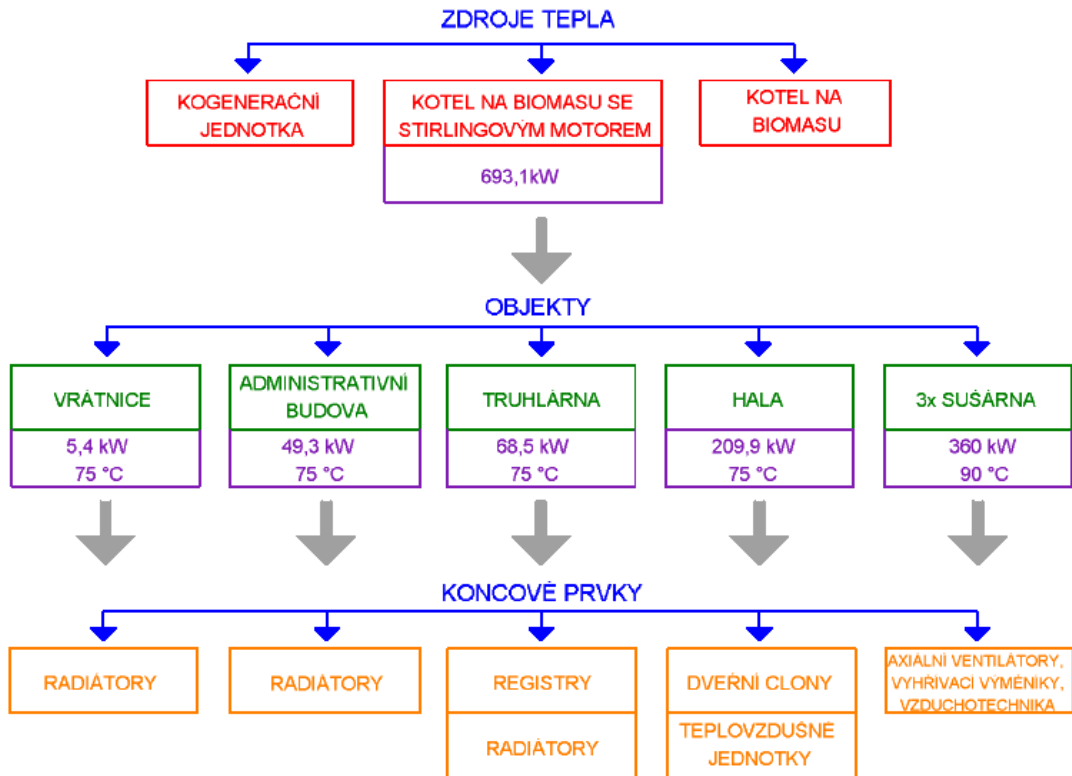
Energonositel	Investice [Kč]	Investice na kg úspory [Kč/kg]	Úspora [GJ/rok]	Investice na uspořený GJ [Kč/GJ]
<b>Celkem</b>	<b>11 967 963</b>	<b>124,68</b>	<b>857,02</b>	<b>13964,57</b>

Tabulka 52 - Investice na kg úspory CO<sub>2</sub> a GJ varianty 2



Graf 6 - Porovnání tepelných ztrát mezi stávajícím stavem a variantou 2

### 9.3 Varianta 3



Obrázek 35 - Schéma potřebného výkonu zdroje varianty 3

Ve třetí variantě je navržena kombinace všech tří opatření. Jedná se zateplení stropních i obvodových stěn a výměnu výplní otvorů. Ve všech objektech dojde k výměně koncových prvků otopných těles a rozvodů. V objektech vrátnice a administrativní budově jsou navržena jako otopná koncová tělesa radiátory. V truhlárně je zvolena v této variantě kombinace radiátorů a otopných registrů. V budově haly jsou navrženy teplovzdušné jednotky a před vraty vzduchové clony.

Celkové tepelné ztráty objektů						
Název objektu	Před realizací opatření			Po realizaci opatření		
	Tepelná ztráta objektu [KW]	Spotřeba energie na vytápění [MWh/rok]	Dodaná energie na vytápění [MWh/rok]	Tepelná ztráta objektu [KW]	Spotřeba energie na vytápění [MWh/rok]	Dodaná energie na vytápění [MWh/rok]
Hala	288,0	634,92	1355,43	89,9	189,64	326,33
Truhlárna	206,1	343,18	733,61	68,5	76,06	131,95
Vrátnice	20,2	41,25	91,61	5,4	10,08	21,21
Administrativní budova	80,1	115,93	195,95	49,3	53,89	76,26
<b>Celkem objekty</b>	<b>594,37</b>	<b>1 135,27</b>	<b>2 376,61</b>	<b>213,1</b>	<b>329,67</b>	<b>555,75</b>

Tabulka 53 - Souhrn celkových tepelných ztrát varianty 3



Merné tepelné ztráty objektů				
Objekt	Zóna	Tepelná ztráta po realizaci opatření [W]	Vytápěná podlahová plocha [m <sup>2</sup> ]	Tepelný výkon na 1m <sup>2</sup> podlahové plochy [W/m <sup>2</sup> ]
Hala		89 900	1458,66	61,63
Truhlárna	1- kanceláře	14 180	234,99	60,34
	2 - truhlárna	54 320	1118,7	48,56
Vrátnice	1 - vrátnice	3 735	26,2	142,56
	2 - garáž	1 665	23,9	69,67
administrativní budova	1 - sklad	13 035	505,1	25,81
	2 - kanceláře	10 135	222,8	45,49
	3 - výroba	28 130	801,9	35,08

Tabulka 54 - Výpis potřebných výkonů na 1m<sup>2</sup> podlahové plochy ve všech zónách objektů varianty 3

Varianta 3						
Opatření	Objekt	Investiční náklady [Kč]	Roční úspory			Prostá doba návratnosti Ts [roky]
			Úspora energie na vytápění			
			[MWh/rok]	[%]	[Kč/rok]	
Zateplení obvodových a stropních konstrukcí + výměna výplní otvorů	Hala	5 284 392	445,27	70,1	357 110	14,8
Výměna rozvodů a koncových prvků		827 869	80,54	5,9	64 593	12,8
Zateplení obvodových a stropních konstrukcí + výměna výplní otvorů	Truhlárna	5 546 707	267,12	77,8	214 233	25,9
Výměna rozvodů a koncových prvků		725 061	32,30	4,4	25 905	28,0
Zateplení obvodových a stropních konstrukcí + výměna výplní otvorů	Vrátnice	710 069	31,17	75,6	24 997	28,4
Výměna rozvodů a koncových prvků		193 811	4,04	4,4	3 238	59,9
Zateplení obvodových konstrukcí + výměna výplní otvorů	Administrativní budova	2 585 642	62,03	53,5	49 749	52,0
Výměna rozvodů a koncových prvků		1 064 045	18,41	9,4	14 764	72,1
<b>Celkem</b>		<b>16 937 596</b>	<b>940,88</b>		<b>754 587</b>	<b>22</b>
Dotace na úsporná opatření o velikosti 40% z investovaných finančních prostředků		6 775 038				
<b>Celkem po odečtení dotace</b>		<b>10 162 558</b>	<b>940,88</b>		<b>754 587</b>	<b>13,5</b>

Tabulka 55 - Hodnocení opatření varianty 3



### Úspora energie

Energonositel	Stávající stav	Posuzovaný návrh	Rozdíl	Úspora
	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[%]
Dřevo	1135,27	329,67	805,60	71,0
Elektrická energie	128,29	128,29	0,00	0,0

Tabulka 56 - Úspora energie po realizaci navrženého souboru opatření varianty 3

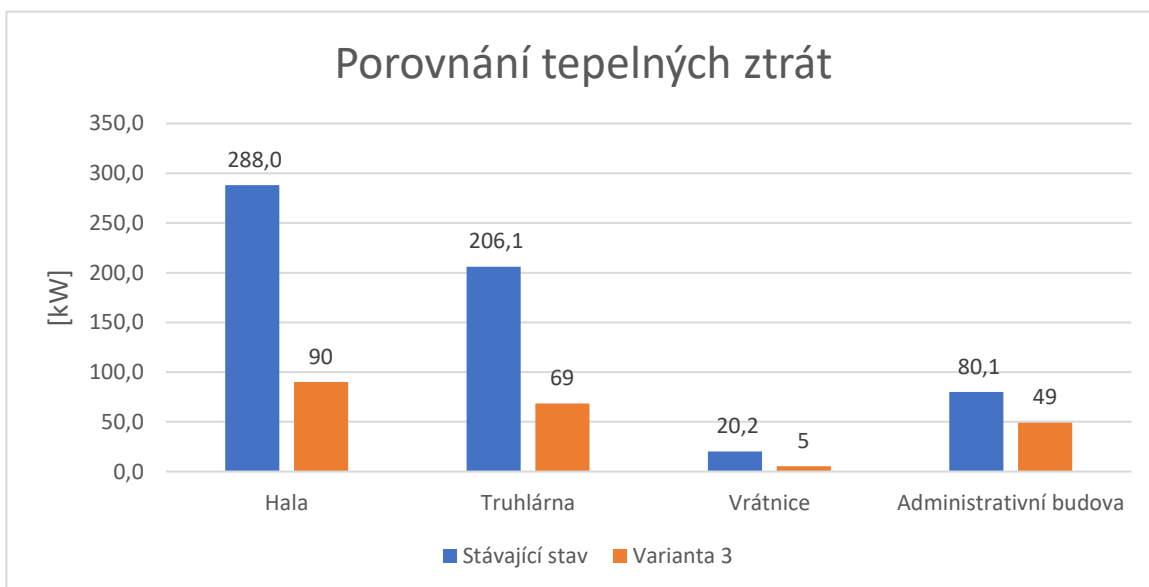
### Úspora CO<sub>2</sub>

Energonositel	Emisní faktor [t/MWh]	Stávající stav [t/rok]	Po realizaci [t/rok]	Rozdíl [t/rok]
Dřevo	0,4032	457,74	132,92	324,82
Elektrická energie	1,0116	129,78	129,78	0,00
<b>Celkem</b>		<b>587,52</b>	<b>262,70</b>	<b>324,82</b>

Tabulka 57 - Úspora Co2 po realizaci navrženého souboru opatření varianty 3

Energonositel	Investice [Kč]	Investice na kg úspory [Kč/kg]	Úspora [GJ/rok]	Investice na uspořený GJ [Kč/GJ]
<b>Celkem</b>	<b>16 937 596</b>	<b>52,15</b>	<b>2900,15</b>	<b>5840,26</b>

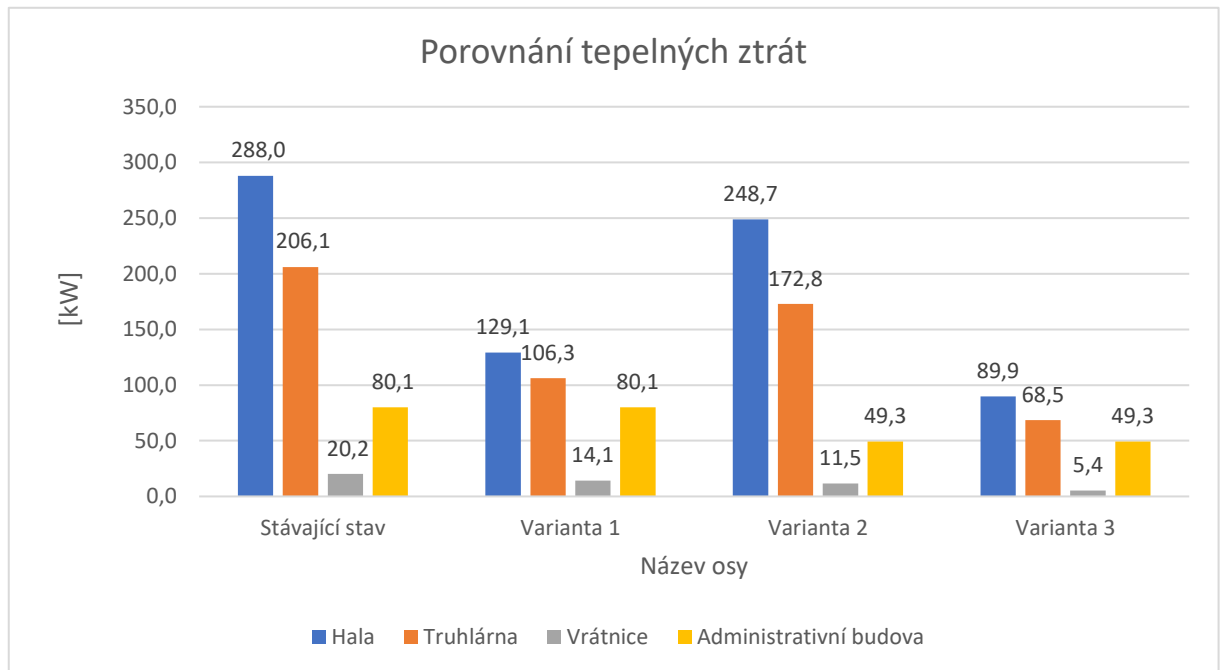
Tabulka 58 - Investice na kg úspory CO<sub>2</sub> a GJ varianty 3



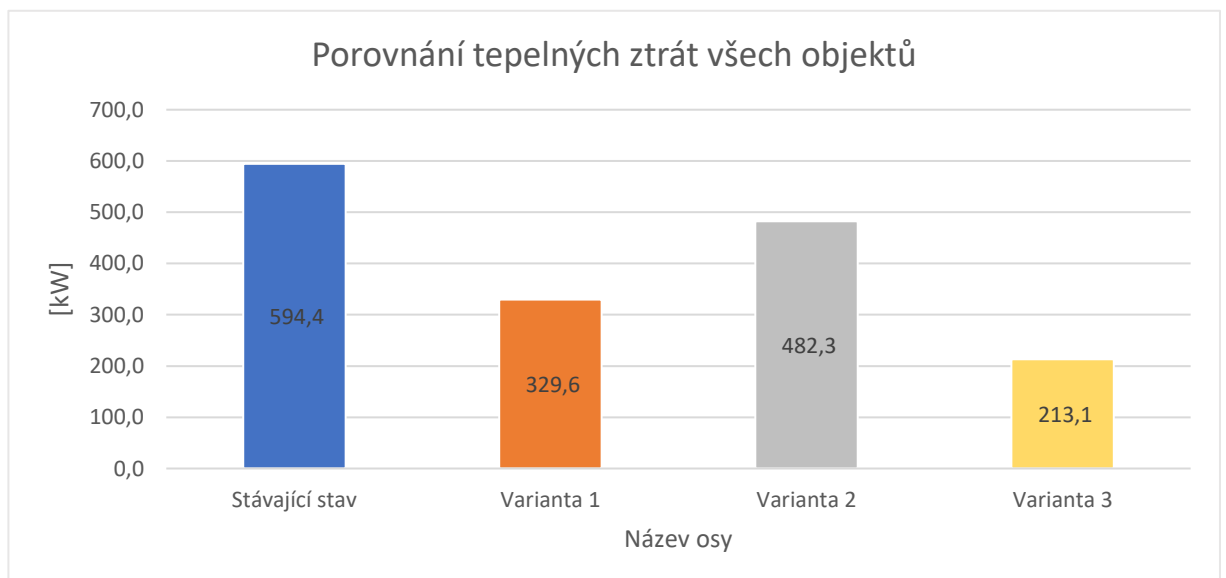
Graf 7 - Porovnání tepelných ztrát mezi stávajícím stavem a variantou 3



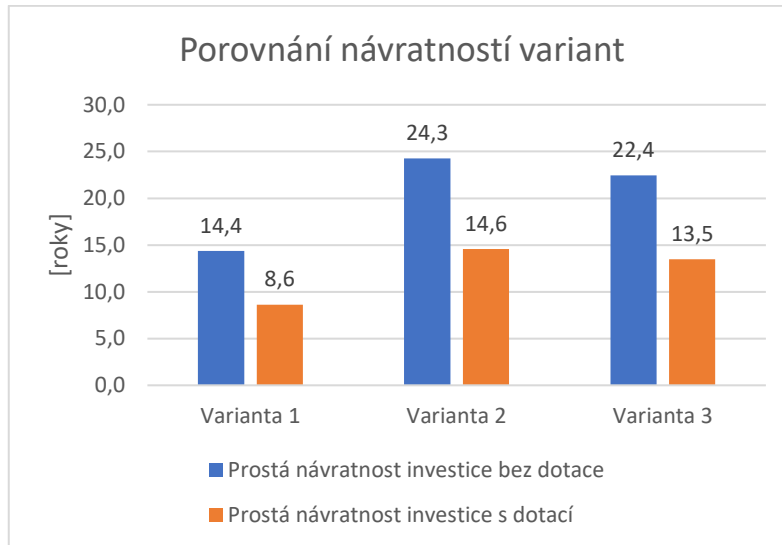
## 9.4 Vyhodnocení variant



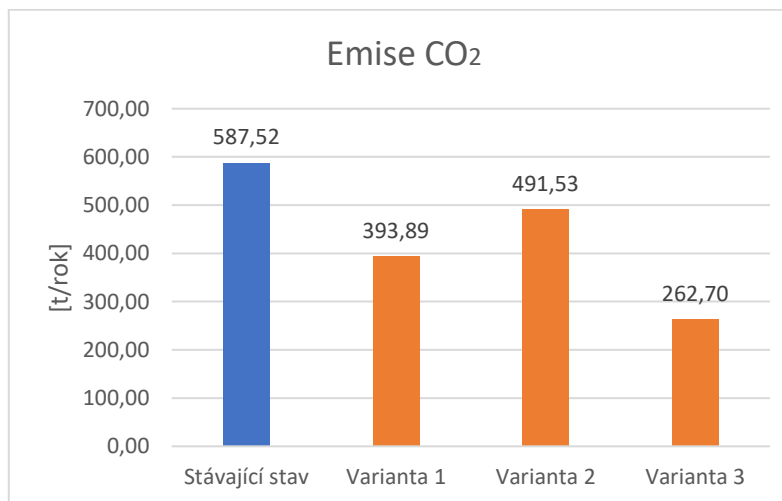
Graf 9 – Porovnání tepelných ztrát jednotlivých objektů před a po aplikaci tepelně-technických opatřeních



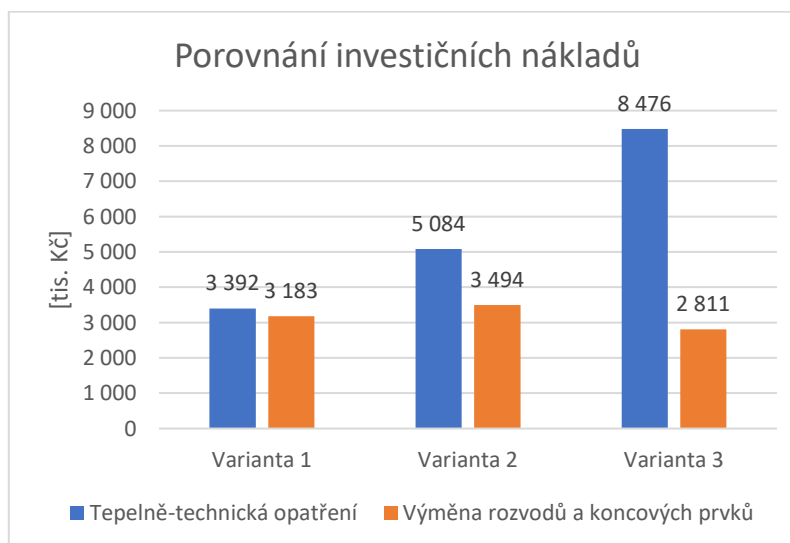
Graf 8 -Porovnání tepelných ztrát všech objektů před a po aplikaci tepelně-technických opatřeních



Graf 10 - Porovnání prosté návratnosti jednotlivých variant



Graf 11 - Porovnání vzniklých emisí CO<sub>2</sub> jednotlivých variant



Graf 12 - Porovnání investičních nákladů jednotlivých variant





### Vyhodnocení:

Celkem byly navrženy 3 kombinace variant energeticky úsporných opatření a současně výměna koncových prvků včetně rozvodů a nového zdroje tepla. Ve všech třech kombinacích se počítá s výměnou koncových prvků a nového zdroje tepla. Jednotlivé kombinace se liší tepelně-technickými opatřeními. Ve variantě 1 se počítá pouze se zateplením stropních konstrukcí. Ve variantě 2 je navržena výměna výplní otvoru a zateplení obvodových konstrukcí. Varianta 3 je komplexní, kde se počítá se zateplením stropních i obvodových konstrukcí a výměnou výplní otvorů.

Pro zvolení nejvhodnější kombinace variant energeticky úsporných opatření se budeme rozhodovat na základě vložených investičních nákladů, respektive na jejich návratnosti a na produkci emisí CO<sub>2</sub> uvolněných do ovzduší.

Na první pohled můžeme vyřadit variantu 2, kde se uvažuje s výměnou výplní otvoru a zateplení obvodových konstrukcí. U této varianty je návratnost se 40% dotací na všechna opatření 14,6 let. Produkce emisí CO<sub>2</sub> uvolněných do ovzduší je 491,53 t/rok. Při porovnání se zbývajících varianty se tato její jako nejméně návratná a zároveň šetrná k životnímu prostředí.

Nyní nám zůstala varianta 1 a 3. Na grafu 12 můžeme vidět velký rozdíl investičních nákladů u tepelně-technických opatření mezi variantou 1 a 3. Zároveň je menší rozdíl mezi těmito variantami ve výměně rozvodů. Je to způsobeno tím, že zateplení obvodových konstrukcí je nejdražší opatření. Zároveň dojde ke snížení tepelné ztráty všech objektů mezi oběma variantami. Čím jsou ztráty jednotlivých objektu, respektive místností menší, tím je potřeba menší otopná tělesa a zařízení. Z grafu 12 můžeme vidět, že investiční náklady na výměnu rozvodů a koncových prvků mezi variantou 1 a 3 nejsou velmi rozdílné jako porovnání investičních nákladů na tepelně-technická opatření.

Ve variantě 3 dojde ke komplexnímu zateplení obálek jednotlivých objektů, tím dojde k nejnižšímu možnému zmenšení tepelných ztrát. To má za následek menší spotřebu tepla na vytápění a emisí CO<sub>2</sub> uvolněných do ovzduší. Dále bude potřeba menší tepelný výkon zdroje tepla. Čím bude zdroj tepla menší, tím bude jeho pořizovací cena menší.

**Po uvážení všech výše zmiňovaných faktorů a důvodů jsem se rozhodl vybrat variantu 3, při které dojde k zateplení stropních a obvodových konstrukcí, výměně výplní otvorů, výměně rozvodů a koncových prvků vytápění. Tato varianta je spočítána i s dotací s návratností 13,5 let. Celkové investiční náklady bez zdroje tepla jsou vypočítány při odečtení 40% dotace na 10 162 558 Kč. Tato opatření každý rok ušetří 324,82 tun vypouštění emisí do ovzduší.**



## 10. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo z analyzovat řešené objekty a vyhodnotit možné varianty tepelně-technických opatření, otopné soustavy včetně koncových prvků a zdroje tepla. Součástí práce je studie proveditelnosti ve formě výkresové studie jednotlivých objektů.

Výsledná opatření jsou rozdělena do dvou částí. První část tvoří stavební (tepelně-technická) opatření, ve kterých dojde postupně k zateplení obvodových a stropních konstrukcí a k výměně výplní otvorů. Po aplikaci stavebních opatření došlo ke snížení tepelných ztrát všech objektů o 381,27 kW.

Součástí druhé části opatření je výměna stávajícího zdroje vytápění, ohřevu TV a TV pro technologie. Stávající kotel na dřevní odpad SIGMA SLATINA BRNO VSD 1000 bude nahrazen novým kotlem na dřevní štěku se Stirlingovým motorem. Součástí výměny kotle je i výměna celého otopného systému včetně koncových otopných prvků a vnějších rozvodů. Dojde ke změně parní soustavy na soustavu teplovodní. V investicích jsou započítány pořizovací náklady na stavební práce, nové rozvody a koncové otopné prvky. V investicích nejsou započítány pořizovací náklady na nové sušárny a zdroj tepla. Jedná se o velmi specifické prvky, na které se musí dělat konkrétní nabídka.

V tomto opatření je zahrnuta výměna stávajícího zásobníku na teplou vodu o objemu 1000 l. Nový nepřímotopný zásobník na teplou vodu bude o objemu 1 300 l. Ohřev teplé vody bude zajištěn pomocí tepla z kotle a elektrické energie.

Realizací již zmíněných opatření dojde k navýšení účinnosti celého systému a k úspoře energie na vytápění, ohřevu TV a TV pro technologie. Stávající účinnost kotle na dřevní odpad je uvažována 73 %. Nově bude mít kotel na vytápění dřevěnou štěpkou účinnost 90 % s výkonem 640 kW.

V kotelně budou nainstalovány akumulční zásobníky na teplou vodu pro technologické procesy. Voda v zásobnících bude ohřívána pomocí kotle a fotovoltaické elektrárny, která se nyní v areálu instaluje. Celková kapacita zásobníků je navržena na 38 500 l. Na 1 kW tepelného výkonu se počítá 60 l vody v akumulčním zásobníku.

Dále se počítá s výměnou již nevyhovujících venkovních rozvodů, které spojují kotelnu s jednotlivými objekty. Stávající potrubí bude vyměněno včetně tepelné izolace potrubí.

Za stávající tři sušárny budou nainstalovány tři nové sušárny, které jsou napojeny na kotel sloužící pro vytápění, ohřev TV a TV pro technologie. Stávající sušárny mají jmenovitý výkon 3x133 kW a elektrický příkon ventilátoru 3x7,5 kW. Zařízení sušáren slouží k teplovzdušnému sušení řeziva a paletových přířezů. Každá sušárna má jmenovitý výkon 120 kW a elektrický příkon ventilátoru 3x7,5 kW. Sušárny jsou v provozu 24 hodin denně 257 dní v roce.

Všemi již zmíněnými opatřeními jsme dosáhli k celkovým úsporám na vytápění 1204,36 MWh/rok. Emise CO<sub>2</sub> se snížily o 485,6 tun/rok. Celkové úspory energie na



vytápění, ohřev TV a technologie TV činí 965 899 Kč/rok.

Opatření č. 3		Výměna zdroje vytápění, ohřevu TV a TV pro technologie			
Zdroj vytápění	Energonositel	Počet kusů [ks]	Celkový výkon [kW]	Účinnost/COP [%]	Vytápí
Stávající zdroj: Kotel na dřevní odpad SIGMA SLATINA BRNO VSD 1000	Dřevní štěpka	1	10000	65	Celý areál
Výměna za: Kotel na dřevní štěpku se Stirlingovým motorem	Dřevní štěpka	1	640	90	Celý areál

Tabulka 59 – Výměna nového zdroje za stávající

Porovnání (roční hodnoty)		Před realizací projektu			Po realizaci projektu		
Ukazatel		Spotřeba energie		Provozní náklady	Spotřeba energie		Provozní náklady
		[GJ/rok]	[MWh/rok]	[tis. Kč/rok]	[GJ/rok]	[MWh/rok]	[tis. Kč/rok]
1	Vstupy paliv a energie	8 496,57	2 360,16	1 893	4 160,86	1 155,79	927
2	Změna zásob paliv	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
3	Spotřeba paliv energie	8 496,57	2 360,16	1 893	4 160,86	1 155,79	927
4	Prodej energie cizím	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
<b>5</b>	<b>Konečná spotřeba paliv a energie v objektech</b>	<b>8 496,57</b>	<b>2 360,16</b>	<b>1 893</b>	<b>4 160,86</b>	<b>1 155,79</b>	<b>927</b>
6	Ztráty ve vlastních zdrojích a rozvodech	1 961,74	544,93	437	427,25	118,68	95
7	Spotřeba energie na vytápění	4 086,96	1 135,27	910	1 186,82	329,67	264
8	Ztráty ve venkovních rozvodech	316,80	88,00	71	109,08	30,30	24
9	Spotřeba energie na chlazení	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
10	Spotřeba energie na přípravu TV	473,72	131,59	106	282,61	78,50	63
11	Spotřeba energie na větrání	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
12	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
13	Spotřeba elektrické energie	461,84	128,29	0	461,84	128,29	0
14	Spotřeba energie na sušárny a ostatní procesy	3 619,08	1 005,30	806	2 582,35	717,32	575

Tabulka 60 – Upravená energetická bilance



Porovnání (roční hodnoty)		Úspora po realizaci projektu			
Ukazatel		Úspora			
		[GJ/rok]	[MWh/rok]	[%]	[tis. Kč/rok]
1	Vstupy paliv a energie	4 335,71	1 204,36	51	966
2	Změna zásob paliv	0,00	0,00	0	0
3	Spotřeba paliv energie	4 335,71	1 204,36	51	966
4	Prodej energie cizím	0,00	0,00	0	0
<b>5</b>	<b>Konečná spotřeba paliv a energie v objektech</b>	<b>4 335,71</b>	<b>1 204,36</b>	<b>51</b>	<b>966</b>
6	Ztráty ve vlastních zdrojích a rozvodech	1 534,49	426,25	78	342
7	Spotřeba energie na vytápění	2 900,15	805,60	71	646
8	Ztráty ve venkovních rozvodech	207,72	57,70	66	46
9	Spotřeba energie na chlazení	0,00	0,00		0
10	Spotřeba energie na přípravu TV	191,11	53,09	40	43
11	Spotřeba energie na větrání	0,00	0,00	0	0
12	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0,00	0,00	0	0
13	Spotřeba elektrické energie	0,00	0,00	0	0
14	Spotřeba energie na sušárny a ostatní procesy	1 036,73	287,98	29	231

Tabulka 61 – Hodnoty úspor po opatřeních

## Úspora energie

Energonositel	Stávající stav	Posuzovaný návrh	Rozdíl	Úspora
	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[%]
Dřevo	2360,16	1155,79	1204,36	51,0
Elektrická energie	128,29	128,29	0,00	0,0

Tabulka 62 - Úspora energie po realizaci všech opatření včetně výměny zdroje tepla

## Úspora CO<sub>2</sub>

Energonositel	Emisní faktor [t/MWh]	Stávající stav [t/rok]	Po realizaci [t/rok]	Rozdíl [t/rok]
Dřevo	0,4032	951,62	466,02	485,60
Elektrická energie	1,0116	129,78	129,78	0,00
<b>Celkem</b>		<b>1081,39</b>	<b>595,79</b>	<b>485,60</b>

Tabulka 63 - Úspora Co2 po realizaci všech navržených opatření včetně výměny zdroje tepla

### Diskuze:

Celá práce vychází z podkladů, které jsou již tři roky staré. Z tohoto důvodu jsem počítal s cenou dřevního odpadu 1 MWh za 802 Kč. To samé platí u elektřiny, kde jsem počítal s cenou 1 kWh za 4,06 Kč. V dnešní době se pohybujeme úplně v jiných cenách, jak za dřevní odpad, tak za elektrickou energii. Vlivem (staré) nízké ceny za dřevní odpad dochází k vysoké úspoře již za jeden rok.



## Seznam příloh

Příloha 1 – Energetické modely objektů

Příloha 2 – Výpočty

Příloha 3 – Rozpočty stavebních prací

Příloha 4 – Výkresy vytápění

## Použité programy

Allplan 2017

RAUCAD/TechCON

Microsoft office 365 – Word 2020

Microsoft office 365 – Excel 2020



## Literatura a použité zdroje

- [1] - Mapy.cz. *Mapy.cz* [online]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?source=muni&id=1241&ds=1&x=12.4479798&y=50.2175496&z=18>
- [2] - Mpo.cz [online]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppik-2014-2020/vyzvy-op-pik-2021/>
- [3] - Jak vybrat kotel na biomasu? Před koupí zvažte tyto 3 faktory | KADRIA. *Kotle na tuhá paliva* | KADRIA [online]. Copyright © Copyrights Kadria s.r.o. [cit. 14.12.2022]. Dostupné z: <https://kadria-kotle.cz/kotel-na-biomasu/>
- [4] - *Vysoké učení technické v Brně* [online]. Copyright © [cit. 14.12.2022]. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=173456](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=173456)
- [5] Kotel GOLEM 900 (hořák + výměník) / vytápění biomasou - Verner Golemek. [online]. Copyright © 2023 verner [cit. 07.01.2023]. Dostupné z: <http://www.verner-golem.cz/cs/produkty/prumyslove-kotelny/kotel-golem-900-horak-vyemenik.html>
- [6] - Jak funguje automatický kotel na biomasu? | Viessmann. *Viessmann: Topné, průmyslové a chladicí systémy* | Viessmann [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/fungovani-kotle-na-biomasu.html>
- [7] Sušící linka v Bosně / vytápění biomasou - Verner Golemek. [online]. Copyright © 2023 verner [cit. 07.01.2023]. Dostupné z: <http://www.verner-golem.cz/cs/reference/susici-linka-v-bosne.html>
- [8] - Kotle na biomasu, zařízení k nim (rozsah výkonu kotlů 100 - 6 000 kW) a systémy dopravy paliva - Coverdio. [online]. Dostupné z: <https://www.coverdio.com/cs/portfolio-firmy/technologie-na-zpracovani-biomasy/kotle-na-biomasu/>
- [9] - Co je kogenerační jednotka a jak funguje | Řešení na míru. *Kogenerační jednotky | Trigenerační jednotky | Fotovoltaika* | RAYO [online]. Copyright © [cit. 14.12.2022]. Dostupné z: [https://www.rayo.cz/produkty/kogenerace/kogeneracni-jednotka/?fbclid=IwAR2IZr3EFKfC1M04JQ3\\_sELVGPYq0yfm332J0qfif4qiEwRPTP\\_czr9wrJFg](https://www.rayo.cz/produkty/kogenerace/kogeneracni-jednotka/?fbclid=IwAR2IZr3EFKfC1M04JQ3_sELVGPYq0yfm332J0qfif4qiEwRPTP_czr9wrJFg)
- [10] - [online]. Copyright © [cit. 14.12.2022]. Dostupné z: [https://elektrika.cz/data/clanky/kogj010717?fbclid=IwAR2MXa3NOXUUIExp4\\_TryRLqvQ8parLRaSGkbUsMq0IOyuNKwocfk3tcKDE](https://elektrika.cz/data/clanky/kogj010717?fbclid=IwAR2MXa3NOXUUIExp4_TryRLqvQ8parLRaSGkbUsMq0IOyuNKwocfk3tcKDE)
- [11] - Chcete se o nás dozvědět více | Zajímá vás naše nabídka | RAYO. *Kogenerační jednotky | Trigenerační jednotky | Fotovoltaika* | RAYO [online]. Copyright © [cit. 07.01.2023]. Dostupné z: <https://www.rayo.cz/reference/>
- [9] - Kogenerační jednotky - CHP engineering. *Udržitelná řešení pro energetiku a průmysl - CHP engineering* [online]. Dostupné z: <https://chpe.cz/kogeneracni-jednotky/>
- [10] - Stirlingův motor a jeho využití při mikrokogeneraci – kombinovaná výroba tepla a elektrické energie | Mikrokogenerace. *Mikrokogenerace.cz - mikrokogenerační jednotky* [online]. Copyright © [cit. 14.12.2022]. Dostupné





- z: <http://www.mikrokogenerace.cz/stirlinguv-motor-a-jeho-vyuziti-pri-mikrokogeneraci-%E2%80%93-kombinovana-vyroba-tepla-a-elektricke-energie/>
- [11] - Výklad - Energetika zblízka - Svět energie.cz. *Svět Energie - Svět energie.cz* [online]. Copyright © tamaslaza3 [cit. 14.12.2022]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/decentralizovana-energetika/decentralizovane-energeticke-zdroje-podrobne/stirlinguv-motor/vyklad>
  - [12] - Copyright [cit. 07.01.2023]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/stirlinguv-motor-a-biomasa-presvedciva-kombinace>
  - [13] – Jak funguje kondenzační kotel? | Viessmann. *Viessmann: Topné, průmyslové a chladicí systémy* | Viessmann [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/jak-funguje-kondenzacni-kotel.html>
  - [14] - Jak vybrat plynový kotel? | Viessmann. *Viessmann: Topné, průmyslové a chladicí systémy* | Viessmann [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/jak-vybrat-plynovy-kotel.html>
  - [15] - Tepelná čerpadla - princip funkce a rozdělení. *oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky* [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/tepelna-cerpadla>
  - [16] - Tepelná čerpadla vzduch/voda – Tepelná čerpadla IVT. *Tepelná čerpadla IVT – švédská kvalita pro vaše pohodlí* [online]. Copyright © 2003 [cit. 03.01.2023]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>
  - [17] - Tepelná čerpadla vzduch/vzduch – Tepelná čerpadla IVT. *Tepelná čerpadla IVT – švédská kvalita pro vaše pohodlí* [online]. Copyright © 2003 [cit. 03.01.2023]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
  - [18] - [online]. Copyright © [cit. 05.01.2023]. Dostupné z: [Otopné plochy \(II\) - Druhy otopných těles - TZB-info](#)
  - [19] - Radiátor Klasik Korado | Vodo-plasttop s.r.o.. *koupelny, vodoinstalace a topení v Mikulově* | Vodo-Plasttop s.r.o. [online]. Copyright © 2016 [cit. 05.01.2023]. Dostupné z: <https://www.vodo-plasttop.cz/radik-klasik-deskove-otopne-teleso>
  - [20] - Korado otopný registr KORABASE ECONOMIC 32-180 BVE-32 180. *Koupelnové a topenářské vybavení levně* | vodateplo.cz [online]. Copyright © 2023, Vodateplo.cz [cit. 05.01.2023]. Dostupné z: <https://www.vodateplo.cz/otopny-registr-korado-korabase-economic-32-180-bve-32-180>
  - [21] - *Teplovodní ohřivače vzduchu HEATER pro průmyslové vytápění* [online]. Dostupné z: <https://teplovodni-ohrivace-vzduchu.cz/prumyslove-clony-guardpro/>
  - [22] - BAŠTA, Jiří a Ondřej HOJER. *Sálavé a průmyslové vytápění*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2021. ISBN 9788001068144.
  - [23] - Teplovodní sálavé panely - Opava | Hajma s.r.o.. *Hajma s.r.o. - Opava | Teplo pro váš domov již 23 let* [online]. Dostupné z: <http://www.hajma.eu/sluzby/komercni-a-prumyslove-stavby/vytapeni/teplovodni-salave-panely/>
  - [24] - Stropní panely pro úsporné sálavé vytápění a chlazení výrobních, skladovacích a sportovních hal a jiných veřejných objektů | TOPIN. *TOPIN - Topenářství instalace* [online]. Copyright © Topin Media, s. r. o. Autorská práva jsou vyhrazena a vykonává je vydavatel [cit. 07.01.2023]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/stropni-panely-pro-uspodne-salave-vytapeni-a->



chlazení-vyrobnych-skladovacich-a-sportovnich-hal-a-jinych-verejnych-objektu-detail-1113

- [25] - KOTRBATÝ, Miroslav, Ondřej HOJER a Zuzana KOVÁŘOVÁ. *Hospodaření teplem: "nejlevnější energie je energie ušetřená"*. Praha: ČSTZ, 2009. ISBN 9788086028415.
- [26] - PETRÁŠ, Dušan a Miroslav KOTRBATÝ. *Vytápění velkoprostorových a halových objektů*. Bratislava: Jaga, 2006. Vytápění. ISBN 8080760403.
- [27] - Vytápěcí jednotka SAVANA s vodním výměníkem a cirkulačním oběhem NEREZ . *Multi-VAC spol. s r.o.* [online]. Copyright © 2023 Multi [cit. 08.01.2023]. Dostupné z: <https://www.multivac.cz/vytapeci-jednotka-savana-nerез-ec>
- [28] - Destratifikátory LEO D | Hydronix. *Hydronix | odborníci na hydronické systémy a vzduchotechniku* [online]. Copyright © 2023 Hydronix s.r.o. [cit. 08.01.2023]. Dostupné z: <https://www.hydronix.cz/destratifikatory-leo-d/>
- [29] - Sušárny typu SR. *Úvod* [online]. Dostupné z: <http://kovosnovykninsweb.webmium.com/susarny-typu-sr>
- [30] - Sušárny řeziva a palet - Kovo Nový Knín. - *Kovo Nový Knín - výrobce sušáren* [online]. Copyright © 2022 [cit. 08.01.2023]. Dostupné z: <https://www.kovosnovyknin.cz/susarny/susarny-reziva-a-palet/>
- [31] - Sušárny - Kovo Nový Knín. - *Kovo Nový Knín - výrobce sušáren* [online]. Copyright © 2022 [cit. 08.01.2023]. Dostupné z: <https://www.kovosnovyknin.cz/susarny/>



## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma areálu.....	9
Obrázek 2 – Stávající rozdělovač/sběrač v kotelně .....	11
Obrázek 3 - Kotel na dřevní štěpku .....	11
Obrázek 4 - Stávající teplovzdušná jednotka.....	11
Obrázek 5 - Nepřímotopný zásobník teplé vody .....	12
Obrázek 6 – Pohled na administrativní budovu .....	22
Obrázek 7 - Pohled na budovu vrátnice.....	25
Obrázek 8 - Pohled na objekt truhlárny .....	28
Obrázek 9 - Pohled na objekt haly.....	31
Obrázek 10 – Možnosti zdrojů tepla na vytápění areálu .....	46
Obrázek 11 – Kotel na biomasu [6] .....	47
Obrázek 12 – Sušící linka v Bosně [7].....	48
Obrázek 13 – Kogenerační jednotka [10] .....	48
Obrázek 14 – Kogenerační jednotka VZT Nové Zámky [11].....	49
Obrázek 15 - Kotel na biomasu se Stirlingovým motorem [12] .....	50
Obrázek 16 – Zjednodušené schéma kondenzačního kotle [14].....	51
Obrázek 17 – Princip tepelného čerpadla [15].....	52
Obrázek 18 – Schéma areálu budov, které jsou vytápěny.....	55
Obrázek 19 - Typy deskových těles [19].....	56
Obrázek 20 - Otopné registry [20] .....	56
Obrázek 21 - Schéma areálu budov, které jsou vytápěny.....	57
Obrázek 22 - Vzduchové dveřní clony [21] .....	58
Obrázek 23 – Fungování teplovodních sálavých panelů [23].....	58
Obrázek 24 – Spojování jednotlivých panelů pomocí lisovacích tvarovek [24].....	59
Obrázek 25 – Příklad sálavého panelu [24] .....	60
Obrázek 26 - Zavěšení na trapézový plech (vlevo) a do betonu (vpravo) [24] .....	60
Obrázek 27 – Vodní teplovzdušná jednotka [27] .....	61
Obrázek 28 - Destratifikátor [28].....	62
Obrázek 29 – Pohled na sušárnu typu SR8 [30].....	63
Obrázek 30 – Dřevěné fošny na kolovém vozíku [31].....	63
Obrázek 31 – Doba vysoušení jednotlivých druhů řeziva .....	64
Obrázek 32 - Schéma areálu budov, které jsou vytápěny.....	64
Obrázek 33 - Schéma potřebného výkonu zdroje varianty 1.....	65
Obrázek 34 - Schéma potřebného výkonu zdroje varianty 2.....	68
Obrázek 35 - Schéma potřebného výkonu zdroje varianty 3.....	71



## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Výkon zdroje tepla vytápění .....	10
Tabulka 2 - Výkon zdroje ohřevu teplé vody .....	12
Tabulka 3 - Spotřeba energie na ohřev teplé vody. ....	12
Tabulka 4 - Výpis stávajícího osvětlení.....	14
Tabulka 5- Skladba ceny EE z VN pro březen 2021 .....	15
Tabulka 6 - Přehled spotřeb elektrické energie v KWh pro celý areál .....	16
Tabulka 7 - Přehled spotřeb dřeva v tunách .....	17
Tabulka 8 - Přehled spotřeb dřeva v MWh .....	17
Tabulka 9 - Spotřeba a náklady na energie v období 2018-2020.....	18
Tabulka 10 - Rozdělení spotřeby energie na vytápění a ostatní .....	18
Tabulka 11 - Průměrné spotřeby z let 2018-2020, z nichž vycházejí přenásobením cenami za energie z poslední dodané faktur roční náklady .....	18
Tabulka 12 - Souhrn stávajících tepelných ztrát ve venkovních rozvodech .....	19
Tabulka 13 - Výpis spotřebičů v areálu .....	20
Tabulka 14 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 1 (sklad ve 3.np) .....	22
Tabulka 15 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 2 (kanceláře v 1. a 2.np) .....	23
Tabulka 16 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 3 (výroba v 1. a 2. np).....	24
Tabulka 17 - Souhrn tepelných ztrát objektu administrativní budovy .....	24
Tabulka 18 – Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 1 (vrátnice) .....	26
Tabulka 19 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 2 (garáž).....	27
Tabulka 20 – Souhrn tepelných ztrát objektu vrátnice .....	27
Tabulka 21 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 1 (kanceláře).....	29
Tabulka 22 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí zóny 2 (truhlárna).....	30
Tabulka 23 - Souhrn tepelných ztrát objektu truhlárny.....	30
Tabulka 24 - Souhrn tepelně technických parametrů obalových konstrukcí objektu haly.....	32
Tabulka 25 – Hodnota celkové tepelné ztráty a spotřeby energie na vytápění.....	33
Tabulka 26 – Vyhodnocení tepelně-technických parametrů a klasifikace z hlediska prostupu tepla obálkou budovy objektu haly .....	34
Tabulka 27 - Vyhodnocení tepelně-technických parametrů a klasifikace z hlediska prostupu tepla obálkou budovy objektu truhlárny .....	35
Tabulka 28 - Vyhodnocení tepelně-technických parametrů a klasifikace z hlediska prostupu tepla obálkou budovy objektu vrátnice .....	36
Tabulka 29 - Vyhodnocení tepelně-technických parametrů a klasifikace z hlediska prostupu tepla obálkou budovy objektu administrativní budovy.....	37
Tabulka 30 – Porovnání reálné a modelové spotřeby dřevního odpadu pouze na vytápění.....	38
Tabulka 31 - Roční energetická bilance celého areálu .....	39
Tabulka 32 – Parametry nových konstrukcí dle OP PIK .....	41
Tabulka 33 – Investiční náklady energeticky úsporného opatření č.1 .....	42
Tabulka 34 – Hodnocení opatření č.1.....	42



Tabulka 35 - Investiční náklady energeticky úsporného opatření č.2 .....	43
Tabulka 36 - Hodnocení opatření č.2 .....	43
Tabulka 37 - Investiční náklady energeticky úsporného opatření č.3 .....	44
Tabulka 38 - Hodnocení opatření č.3 .....	44
Tabulka 39 – Souhrn tepelných ztrát všech objektů.....	45
Tabulka 40 – Kriteriaální hodnocení pro výběr zdroje tepla .....	54
Tabulka 41 – Souhrn celkových tepelných ztrát varianty 1 .....	65
Tabulka 42 – Výpis potřebných výkonu na 1m <sup>2</sup> podlahové plochy ve všech zónách objektů varianty 1 .....	66
Tabulka 43 - Hodnocení opatření varianty 1 .....	66
Tabulka 44 – Úspora energie po realizaci navrženého souboru opatření varianty 1 ....	67
Tabulka 45 – Úspora Co <sub>2</sub> po realizaci navrženého souboru opatření varianty 1 .....	67
Tabulka 46 – Investice na kg úspory CO <sub>2</sub> a GJ varianty 1 .....	67
Tabulka 47 - Souhrn celkových tepelných ztrát varianty 2 .....	68
Tabulka 48 - Výpis potřebných výkonu na 1m <sup>2</sup> podlahové plochy ve všech zónách objektů varianty 2 .....	69
Tabulka 49 - Hodnocení opatření varianty 2 .....	69
Tabulka 50 - Úspora energie po realizaci navrženého souboru opatření varianty 2 ....	70
Tabulka 51 - Úspora Co <sub>2</sub> po realizaci navrženého souboru opatření varianty 2 .....	70
Tabulka 52 - Investice na kg úspory CO <sub>2</sub> a GJ varianty 2 .....	70
Tabulka 53 - Souhrn celkových tepelných ztrát varianty 3 .....	71
Tabulka 54 - Výpis potřebných výkonu na 1m <sup>2</sup> podlahové plochy ve všech zónách objektů varianty 3 .....	72
Tabulka 55 - Hodnocení opatření varianty 3 .....	72
Tabulka 56 - Úspora energie po realizaci navrženého souboru opatření varianty 3 ....	73
Tabulka 57 - Úspora Co <sub>2</sub> po realizaci navrženého souboru opatření varianty 3 .....	73
Tabulka 58 - Investice na kg úspory CO <sub>2</sub> a GJ varianty 3 .....	73
Tabulka 59 – Výměna nového zdroje za stávající.....	78
Tabulka 60 – Upravená energetická bilance.....	78
Tabulka 61 – Hodnoty úspor po opatřeních .....	79
Tabulka 62 - Úspora energie po realizaci všech opatření včetně výměny zdroje tepla .....	79
Tabulka 63 - Úspora Co <sub>2</sub> po realizaci všech navržených opatření včetně výměny zdroje tepla .....	79

## Seznam grafů

Graf 1 - Skladba ceny EE z VN pro březen 2021.....	16
Graf 2 - Spotřeba elektrické energie za rok 2018, 2019 a 2020 .....	17
Graf 3 - Energetická bilance (zvnějšku jsou uvedeny provozní náklady, zevnitř spotřeby energií jednotlivých ukazatelů).....	39
Graf 4 - Porovnání spotřeb energie na vytápění před a po realizaci projektu.....	45
Graf 5 - Porovnání tepelných ztrát mezi stávajícím stavem a variantou 1 .....	67
Graf 6 - Porovnání tepelných ztrát mezi stávajícím stavem a variantou 2.....	70
Graf 7 - Porovnání tepelných ztrát mezi stávajícím stavem a variantou 3.....	73
Graf 9 – Porovnání tepelných ztrát jednotlivých objektů před a po aplikaci tepelně-technických opatření .....	74
Graf 8 -Porovnání tepelných ztrát všech objektů před a po aplikaci tepelně-technických opatření .....	74



Graf 10 - Porovnání prosté návratnosti jednotlivých variant.....	75
Graf 11 - Porovnání vzniklých emisí CO <sub>2</sub> jednotlivých variant.....	75
Graf 12 - Porovnání investičních nákladů jednotlivých variant.....	75

## Normy, zákony, směrnice, vyhlášky

- ČSN EN ISO 15927-1, 4, 5, 6: Tepelně vlhkostní chování budov - Výpočet a uvádění klimatických dat
- ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie
- ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky
- ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody
- ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce: tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – výpočtová metoda
- ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu
- ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění