



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

Fakulta elektrotechnická  
K13115 - Katedra elektroenergetiky

# **Návrh kogeneračního napájení a elektroinstalace v objektu na sušení štěpky**

**Design of cogeneration power supply and electro-installation in the  
building for drying wood chips**

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektroenergetika

Vedoucí práce: Ing. Ivan Cimbolínek

**Jakub Znamenáček**

Praha 2017

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Znamenáček** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **383143**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávací katedra/ústav: **Katedra elektroenergetiky**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Elektroenergetika**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Návrh kogeneračního napájení a elektroinstalace v objektu na sušení štěpky**

Název diplomové práce anglicky:

**Design of cogeneration power supply and electro-installation in the building for drying wood chips**

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte projektovou dokumentaci silnoproudého rozvodu průmyslového objektu na sušení štěpky. Práce bude obsahovat následující náležitosti:

- 1) princip kogeneračního napájení objektu, zdůvodnění návrhu
- 2) návrh vazby na distribuční soustavu
- 3) dispoziční řešení vnitřní elektroinstalace
- 4) ochranu objektu před atmosférickými vlivy
- 5) technicko-ekonomické zhodnocení návrhu

Seznam doporučené literatury:

- [1] Zákon č. 180/2005 Sb. o obnovitelných zdrojích
- [2] Vyhláška č. 16/2016 o podmínkách připojení k elektrizační soustavě
- [3] Fencel F.: Elektrický rozvod a rozvodná zařízení. ČVUT, Praha 2009
- [4] Příslušné ČSN, jejich změny a dodatky

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Ivan Cimolinec, katedra elektroenergetiky FEL**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

\_\_\_\_\_

Datum zadání diplomové práce: **09.02.2017** Termín odevzdání diplomové práce: \_\_\_\_\_

Platnost zadání diplomové práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

# Anotace práce

## Abstrakt

Diplomová práce je především věnována problematice kombinované výroby elektřiny a tepla a její ekonomické rentabilitě. V prvních částech je popsán princip kogenerace, jsou provedeny výpočty ke zjištění stávajících potřeb tepelné a elektrické energie a je navržen zdroj k jejich pokrytí. V dalších částech je práce věnovaná návrhu elektroinstalace, dimenzování a ochraně před atmosférickými vlivy. Poslední část se věnuje ekonomickému a technickému zhodnocení daného návrhu.

## Klíčová slova

Kogenerace, elektrická energie, teplo, kombinovaná výroba elektřiny a tepla, elektroinstalace, dimenzování, hromosvod, jímací soustava.

## Summary

The diploma thesis deals mainly with the issue of combined production of electricity and heat and its economic profitability. The first part describes the principle of cogeneration, calculations are made to identify the existing thermal and electric energy needs and the source is designed to cover them. In other parts, work is devoted to the design of wiring, dimensioning and protection against atmospheric influences. The last part deals with the economic and technical evaluation of the proposal.

## Key words

Cogeneration, electricity, heat, combined production of electricity and heat, wiring, sizing, lightning conductor, collecting system.

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne .....

.....

**Podpis**

## **Poděkování:**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Ivanu Cimbolincovi, za cenné rady a příkladné vedení.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Jiřímu Fliegerovi z firmy ČEZ Distribuce za praktické rady ohledně připojování kogeneračních zdrojů, panu Radku Beránkovi z firmy Viessmann za pomoc při tvorbě technologického celku a Ing. Martinu Mrázkovi za rady ohledně ekonomické koncepce.

A nakonec bych velice rád poděkoval svému otci, Ing. Pavlu Znamenáčkovi, bez kterého bych tuto práci ani nikdy nezačal psát.

## Seznam použitých zkratek a symbolů

KVET	Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla
ERU	Energetický regulační úřad
OTE	Operátor trhu s elektřinou
SEK	Státní energetické koncepce
ÚEK	Územní energetické koncepce
OZE	Obnovitelný zdroj energie
EP	Evropský parlament
PEZ	Primární energetický zdroj
LPS	Lightning Protection System (Stupeň ochrany před bleskem)
LPL	Lightning Protection Level (Třída ochrany před bleskem)
SPD	Surge Protection Device (Přepětové ochranné zařízení)
DPS	Dokumentace pro provedení stavby
PENB	Průkazu energetické náročnosti budov
IP	Ingress protection (stupeň krytí)
NPV	Net Present Value
IRR	Internal Rate of Return
PBP	Pay Back Period

## Obsah

1. Úvod.....	9
1.1. Princip kogenerace .....	9
1.2. Účinnost KVET.....	11
1.3. Kogenerace s plynovými motory .....	12
2. Legislativa.....	13
2.1. Česká legislativa.....	13
2.2. Evropská legislativa .....	20
3. Výchozí stav a technologie.....	23
3.1. Popis průmyslového objektu .....	23
3.2. Současná technologie objektu.....	24
3.3. Sušení dřevní štěpky .....	24
3.4. Dřevní pelety .....	25
4. Návrh kogenerace.....	25
4.1. Energetické hospodaření v areálu .....	25
4.2. Souhrn veškerých spotřeb.....	29
4.3. Navržená kogenerační jednotka.....	29
4.4. Způsob připojení k distribuční síti .....	32
4.5. Zelený bonus.....	33
5. Návrh vnitřní elektroinstalace .....	35
5.1. Elektrická síť.....	35
5.2. Vnější vlivy .....	35
5.3. Stupně krytí .....	40
5.4. Ochrana před úrazem elektrickým proudem .....	41
5.5. Energetická bilance.....	42
5.6. Koncepce elektrických rozvodů .....	45
6. Ochrana před atmosférickými vlivy .....	48
6.1. Jímací soustava (vnější) .....	49
6.2. Přepětová soustava (vnitřní) .....	53
7. Ekonomické zhodnocení .....	54
7.1. Roční výrobní náklady .....	54

7.2. Výnosy .....	55
7.3. Kritéria hodnocení ekonomické efektivity .....	56
7.4. Zhodnocení výsledků .....	57
7.5. Souhrn .....	59
8. Technické zhodnocení návrhu .....	60
Závěr .....	62
Literatura .....	63
Seznamy .....	66
Seznam příloh .....	66
Seznam tabulek.....	66
Seznam obrázků.....	67
Seznam grafů .....	67



# 1. Úvod

Elektrická energie a tepelná energie, to jsou dvě velmi se lišící formy energie, ať už porovnááme jejich možnosti využití, či technické aspekty jejich výroby a pořízení.

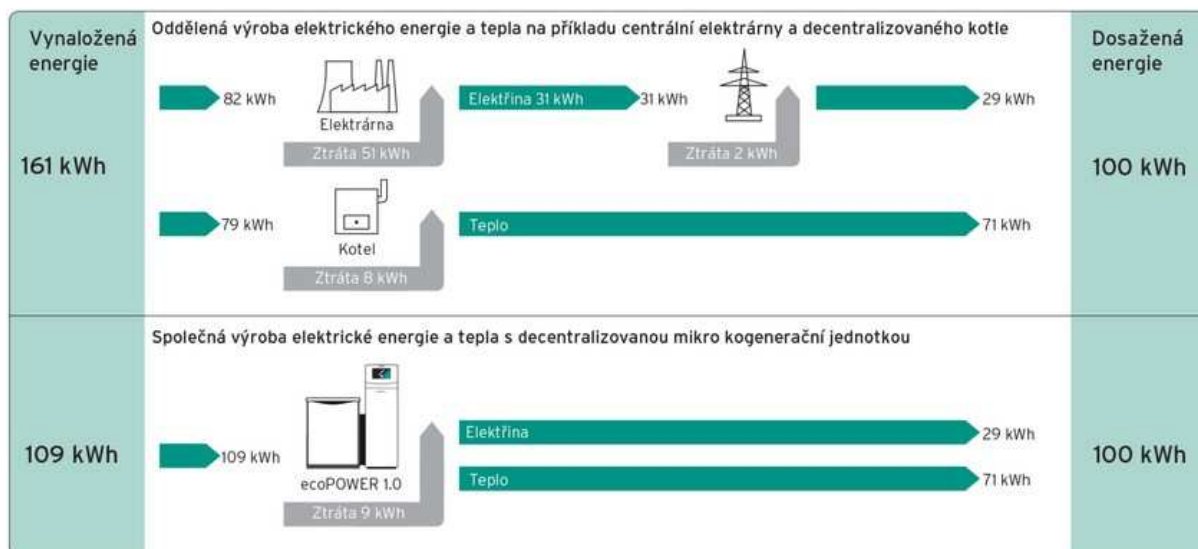
Elektrická energie je považována za nejvíce kvalitní druh energie vůbec, a lze ji všestranně využívat a přeměňovat na jiné druhy energie (mechanickou, tepelnou a pod.). Její výroba je procesem transformace energie uvolněné z primárních energetických zdrojů (PEZ) s předem danou účinností, přičemž, uvažujeme-li ideální případ, se musí podstatná část "odpadní" tepelné energie odvést pryč.

Tepelná energie ve srovnání s energií elektrickou je méně hodnotná, protože má omezené využití, a její přeměna na jiný druh energie je náročná a mnohdy se nevyplatí kvůli velkým ztrátám. Její výroba z PEZ je však technicky celkem jednoduchá a levná, zvláště jedná-li se o teplotu nízkopotenciálovou v podobě teplé vody. To je v mnoha případech (kotle na tuhé palivo) využíváno, ale ztrácíme tím možnost konat práci a tím vyrábět všestranně využitelnou energii.

Proto je tato diplomová práce věnována návrhu, jak sdružit jinak oddělenou výrobu a dodávku těchto dvou energií v průmyslovém objektu na sušení dřevní štěpky, tj. především návrhem kombinované výroby elektrické energie a tepla instalováním kogenerační jednotky.

## 1.1. Princip kogenerace

Princip kogenerace spočívá v kombinované výrobě elektrické energie a tepla (KVET). Oproti klasickým elektrárnám, ve kterých je teplo vzniklé při výrobě elektrické energie vypouštěno do okolí, využívá kogenerační jednotka teplo k vytápění. Dochází k vysokému využití energie v palivu. Díky smysluplnému využití tepla vznikajícího při výrobě elektřiny nemusí být toto teplo vyrobeno v jiném zdroji. Tím se šetří palivo i finanční prostředky potřebné na jeho nákup.



Obr. 1 Srovnání oddělené výroby a KVET [49]

Právě dodávka tepla, které je při samostatné výrobě elektřiny v konvenčních zdrojích nevyužito, představuje často velmi podstatné zvýšení celkové účinnosti energetického procesu, které u moderních technologií kogenerace často přesahuje 90 %. Pro srovnání, u klasických zdrojů energie se účinnost využití energie obsažené v palivu pohybuje v rozmezí 30 – 40 %.

Z termodynamického hlediska kogenerační jednotky snižují spotřebu primární energie ve formě fosilního paliva, tzn. výrobou elektřiny při výrobě tepla. Úsporu tepla v primární energii při výrobě kogenerací oproti oddělené výrobě elektrické a tepelné energie lze vyjádřit jako rovnicí (1.1). [1]

$$Q_U = Q_{výt} + Q_{ele} - Q_{kog} = Q_t \times \left[ \left( \frac{1}{\eta_{výt}} - \frac{1}{\eta_c^{KVET}} \right) + \sigma \times \left( \frac{1}{\eta_{ele}} - \frac{1}{\eta_c^{KVET}} \right) \right] \quad (1.1)$$

kde:

$Q_U$	úspora tepla v palivu	[kJ]
$Q_{výt}$	teplo přivedené v palivu pro výrobu tepla ve výtopně	[kJ]
$Q_{ele}$	teplo pro výrobu elektřiny v elektrárně	[kJ]
$Q_{kog}$	teplo pro provoz kogenerační jednotky	[kJ]
$Q_t$	dodávka tepla kogenerační jednotkou	[kJ]
$\eta_{výt}$	účinnost výtopny, případně lokálního topidla, jež je nahrazeno kogeneračním zařízením	[-]
$\eta_{ele}$	účinnost výroby elektrické energie v elektrárně	[-]
$\eta_c^{KVET}$	celková účinnost mezi jednotlivými systémy energetického zásobování	[-]

Mezi výhody kogenerace patří jednoznačně pozitivní vliv na životní prostředí, daný úsporou primární energie. Klesá množství oxidu uhličitého a dalších škodlivých

oxidů (oxidy dusíku a síry). Kogenerační jednotku lze snadno připojit na již stávající technologie v objektech a možnost umístit jí přímo do místa spotřeby snižuje celkové ztráty vzniklé přenosem a distribucí elektrické a tepelné energie.

Nevýhodou kogeneračních jednotek je především jejich pořizovací cena, jež musí investor uhradit jednorázově. Investované prostředky se časem vrací formou úspor během provozu zařízení. Aby byla doba návratnosti co nejkratší, musí být doba využitelnosti v průběhu roku co nejdelší. V opačném případě může být pořízení a provoz kogenerační jednotky ztrátový. Pro hodnocení návratnosti lze provést porovnání nákladů na oddělenou výrobu tepla a elektřiny a nákladů na pořízení a provoz kogenerační jednotky za dobu její životnosti.

## 1.2. Účinnost KVET

Pro výpočet účinnosti KVET lze použít [3], případně [16]. Na základě naměřených hodnot se vypočítá celková účinnost výroby energie (1.2). [3]

$$\eta_{celk} = \frac{E_{sv} + Q_{už}}{Q_{pal\ KJ}} \quad (1.2)$$

kde:

$\eta_{celk}$	celková účinnost systému	[-]
$E_{sv}$	celkové množství elektřiny vyrobené v kogenerační jednotce	[MWh]
$Q_{už}$	množství užitečného tepla	[MWh]
$Q_{pal\ KJ}$	celkové množství energie v palivu	[MWh]

Celkovou účinnost můžeme ještě rozdělit na elektrickou účinnost, tj. účinnost přeměny primární energie přivedené ve formě paliva na energii elektrickou, a tepelnou účinnost, což je účinnost přeměny primární energie přivedené ve formě paliva na užitečně využitelnou tepelnou energii.

Pro elektrickou účinnost platí (1.3). [16]

$$\eta_E = \frac{E}{Q_{pal}} = \frac{E}{m_{pal} \times Q_i} = \frac{P_E}{M_{pal} \times Q_i} \quad (1.3)$$

kde:

$\eta_E$	elektrická účinnost	[-]
$E$	elektrická práce, energie	[Ws]
$m_{pal}$	hmotnost (objem) paliva	[kg ; m <sup>3</sup> ]
$Q_i$	energie v objemové nebo hmotnostní jednotce paliva	[J/kg ; m <sup>3</sup> ]
$P_E$	elektrický výkon	[W]
$M_{pal}$	hmotností (objemový) průtok paliva	[kg/s ; m <sup>3</sup> /s]

Pro tepelnou účinnost platí (1.4). [16]

$$\eta_T = \frac{P_T}{M_{pal} \times Q_i} \quad (1.4)$$

kde:

$\eta_T$	tepelná účinnost	[-]
$Q_i$	energie v objemové nebo hmotnostní jednotce paliva	[J/kg ; m <sup>3</sup> ]
$P_T$	tepelný výkon	[W]
$M_{pal}$	hmotností (objemový) průtok paliva	[kg/s ; m <sup>3</sup> /s]

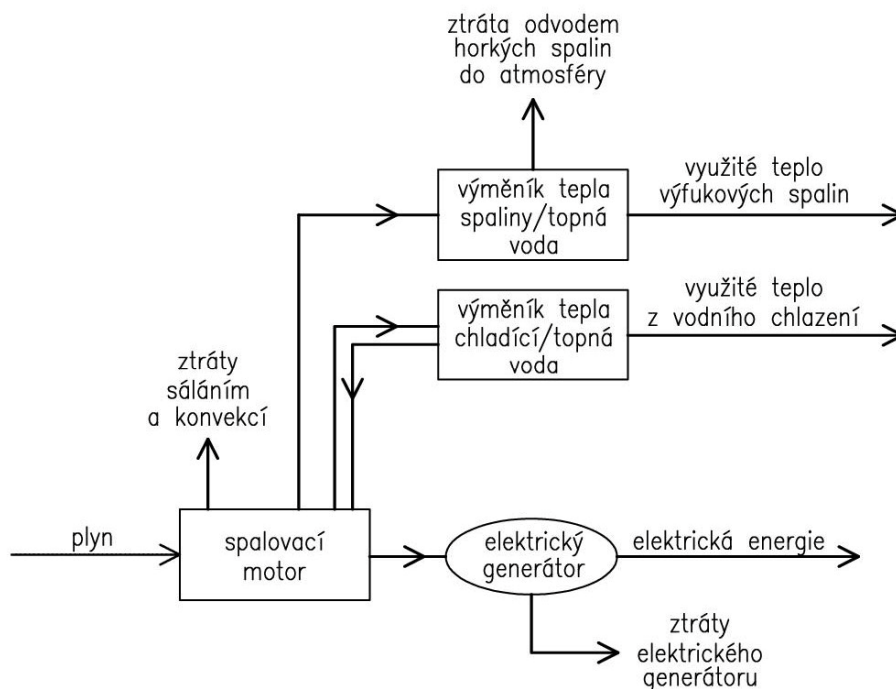
### 1.3. Kogenerace s plynovými motory

Tyto kogenerační jednotky patří do skupiny malých kogeneračních jednotek na zemní plyn či bioplyn s výkonem v rozmezí desítek kWe až jednotek MWe, které jsou využívány při decentralizované výrobě. Jedná se zároveň o jeden z nejefektivnějších způsobů výroby elektřiny, jelikož celková účinnost využití paliva se u těchto jednotek pohybuje nad hranicí 90 %. Jako palivo může být přitom použit zemní plyn, bioplyn nebo další topné plyny.

Spalovací motor při pohánění elektrického generátoru produkuje odpadní teplo, což je teplo z chlazení motoru, chlazení oleje motoru a teplo výfukových plynů. Chlazení oleje je prováděno vodním okruhem, z něhož je teplo odváděno topnou vodou. Teplota této vody se pohybuje kolem 80°C (s výměníkem chladícího tepla bloku motorů a hlav válců až 110°C při použití tlakového okruhu). Teplota ve výměníku tepla výfukových plynů se pohybuje kolem 500°C, takže je možné ohřát vodu na teploty vyšší než 110°C. [19]

Spalovací plynové motory lze využít jako tepelný zdroj pro: [19]

- ohřev sekundární plynové vody s teplotami 90/70°C (topná/vratná),
- ohřev primární vody na teploty až 130°C,
- výrobu páry o nižším tlaku,
- předehřev napájecí vody parních kotlů,
- kombinací přímého sušení výfukovými spalinami a ohřev topné vody teplem chlazení motoru.



Obr. 2 Toky energií ve spalovacím motoru [19]

Nejlepší využití odpadního tepla je ohřev topné vody na teplotu kolem 90°C. Kogenerační jednotky se spalovacími motory lze provozovat bez trvalé obsluhy. Postačí denní obchůzky, jež by odhalili poruchy. Základní údržba spočívá hlavně ve výměně mazacích olejů, nastavení ventilů a čištění výměníků. Intervaly jsou dány výrobcem a pohybují se v jednotkách tisíců provozních hodin.

## 2. Legislativa

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla nabývá za posledních pár let na čím dál tím větší důležitosti. Evropská unie vybízí k instalaci kogeneračních jednotek v místech, kde jsou příhodné podmínky. Tyto podmínky v českém prostředí upravují zákony, vyhlášky a příslušná nařízení vlády.

Hlavním podkladem v této kapitole byli příslušné zákony, vyhlášky, nařízení vlády, směrnice a články v odborných časopisech [45] a [46].

### 2.1. Česká legislativa

V České republice jsou tyto typy obecně závazných předpisů:

- zákon - obecně závazný právní předpis přijatý zákonodárným sborem (parlamentem), pokud jde o právní sílu, jsou zákony nadřazeny podzákonným

předpisům (vyhlášky a nařízení vlády), ale jsou podřízeny Ústavě a ústavním zákonům a jim naroveň postaveným mezinárodním smlouvám,

- vyhláška - tyto ve smyslu právní terminologie smí vydat jako prováděcí předpis k zákonu ústřední orgán státní správy (například ministerstvo či jiný úřad),
- nařízení vlády - tyto též patří mezi tzv. prováděcí právní předpisy, pravomoc vlády vydávat nařízení vychází z Ústavy, která stanoví: „*K provedení zákona a v jeho mezích je vláda oprávněna vydávat nařízení. Nařízení podepisuje předseda vlády a příslušný člen vlády*“, přičemž postupy a pravidla schvalování nařízení vlády se řídí zejména Legislativními pravidly vlády a Jednacím řádem vlády v jejich platném znění.

### **2.1.1. Energetický zákon (458/2000 Sb.) [14]**

Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje v návaznosti na přímo použitelné předpisy Evropské unie podmínky podnikání a výkon státní správy v energetických odvětvích. (§ 1)

Definuje také pojem elektřina z vysokoúčinné KVET:

- je vyrobena ve společném procesu spojeném s dodávkou užitečného tepla,
- je vyrobena v zařízení, na které bylo ministerstvem průmyslu a obchodu vydáno osvědčení o původu elektřiny z KVET,
- při její výrobě se dosahuje poměrné úspory vstupního paliva alespoň 10 % (vyhodnocováno měsíčně),
- splňuje další požadavky měsíčně vyhodnocované minimální účinnosti energie dle [15].

### **2.1.2. Zákon o podporovaných zdrojích energie (165/2012 Sb.) [2], [45]**

Zákon o podporovaných zdrojích č. 165/2012 Sb. nahradil zákon č.180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie.

Zákon obsahuje přesnou definici KVET: „*Kombinovanou výrobou elektřiny a tepla se rozumí přeměna primární energie na energii elektrickou a užitečné teplo ve společném současně probíhajícím procesu v jednom výrobním zařízení.*“

Obsahuje také podmínky podpory pro elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů (např.: fotovoltaické nebo větrné elektrárny), druhotných zdrojů, KVET, tepla z obnovitelných zdrojů, biometanu a decentrální výroby elektřiny.

Předmětem podporovaných zdrojů energie je elektřina z vysokoúčinné KVET, za kterou se považuje elektrická energie vyrobená ve společném procesu spojeném s dodávkou užitečného tepla. Zařízení, na které bylo vydáno osvědčení o původu vyrobené elektrické energie Ministerstvem průmyslu a obchodu, musí dosahovat

poměrné úspory vstupního primárního paliva potřebného na výrobu elektrické energie a tepla alespoň 10 % oproti oddělené výrobě elektrické energie a tepla. Uvedená podpora se vztahuje na výrobní elektrické energie umístěné v ČR, které jsou připojeny na elektrizační soustavu přímo, prostřednictvím odběrného místa nebo prostřednictvím jiné výrobní elektrické energie. Podpora se poskytuje na množství vyrobené elektrické energie vykázané výrobcem a to v rozsahu, v termínech a způsobem podle [3]. Rozsah a výši podpory každoročně stanovuje Energetický regulační úřad (ERÚ) v cenovém rozhodnutí. Aktuální rozhodnutí lze nalézt na [4].

Provozovatel přenosové soustavy, v ČR je to Česká energetická přenosová soustava (ČEPS a.s.), a distribuční soustavy (E.ON a.s., ČEZ a.s. a PRE a.s.) je povinen na svém území přednostně připojit zdroj KVET, pokud o to výrobce požádá a splňuje podmínky připojení. Můžeme se setkat i se zamítacím verdiktem, a to například z těchto důvodů:

- kapacita přenosové nebo distribuční soustavy není v dané lokalitě dostatečná,
- je-li ohrožena bezpečnost nebo spolehlivost provozu elektrizační soustavy.

U výroben elektrické energie využívajících obnovitelné zdroje trvá právo na podporu elektřiny po dobu životnosti výrobní elektrické energie stanovené dle [5], přičemž provozovatel elektrizační soustavy je povinen zaregistrovat předávací místo výrobní elektrické energie, které vzniká nárok na podporu elektrické energie, připojené k provozované soustavě jako výrobní předávací místo v systému operátora trhu a registrovat i případné změny v těchto údajích.

Výrobce elektrické energie ze zdroje KVET může čerpat podporu formou zeleného bonusu a je povinen zaregistrovat se prostřednictvím vykupujícího anebo přímo v systému operátora trhu zvolenou formu podpory elektřiny.

Zelený bonus na elektrickou energii z KVET je stanoven v sazbě Kč/MWh a poskytován v ročním režimu. Vyúčtování zeleného bonusu se uskutečňuje na základě naměřených nebo vypočtených hodnot vyrobené elektrické energie evidovaných operátorem trhu. Výši podpory stanovuje ERU vždy na následující rok. Výše ročního zeleného bonusu vychází z velikosti instalovaného výkonu, umístění zařízení, době provozu instalované kogenerační jednotky a na použitém primárním palivu. Samotný zelený bonus se také může v průběhu roku měnit v závislosti na cenových relacích elektřiny na trhu, na ceně tepelné energie, na ceně primárního energetického zdroje a na době využití výrobní elektrické energie.

### **2.1.3. Vyhláška č. 453/2012 Sb. o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů [3]**

Tato vyhláška především upravovala způsob určení množství elektřiny z vysokoúčinné KVET, dále pak vzor žádosti a podmínky vydání osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné KVET, a vzor žádosti a podmínky vydání osvědčení o původu elektřiny z druhotných zdrojů.

Množství elektřiny z KVET se stanovuje pro každou kogenerační jednotku samostatně nebo jejich sériovou sestavu, v nichž se vyrábí elektřina nebo mechanická energie, na základě skutečně dosažených provozních hodnot spotřeby energie v palivu, výroby elektřiny, případně mechanické energie a užitečného tepla. Za elektřinu z KVET se považuje celkové množství vyrobené elektřiny za vykazované období, naměřené na výstupu hlavních generátorů elektřiny kogenerační jednotky nebo jejich sériové sestavy.

Osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné KVET se má vydávat pro každou kogenerační jednotku jednotlivě nebo jejich sériovou sestavu.

K 21. lednu 2016 byla tato vyhláška zrušena vyhláškou č. 37/2016 Sb. o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů [18].

### **2.1.4. Vyhláška č.140/2009 Sb. o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen [6]**

ERU reguluje ceny elektrické energie ve spolupráci s OTE způsobem uvedeným v příloze č. 5 této vyhlášky. Postup tvorby ceny ve spolupráci s operátorem trhu je stanoven na regulační období prostřednictvím regulačního vzorce.

Vyhláška pojednává i o možných změnách parametrů regulačního vzorce v průběhu regulačního období (§ 9).

ERU stanoví ceny nejpozději do 30. listopadu kalendářního roku předcházejícího regulovaný rok, a to s účinností od 1. ledna regulovaného roku.

### **2.1.5. Registrační vyhláška č.9/2016 Sb. [7]**

Tato vyhláška se vztahuje k zákonu o podporovaných zdrojích energie [2]. Zrušila a nahradila starší vyhlášku č.346/2012 Sb., jež také stanovovala termíny a postupy při výběru formy podpory a postupy registrace podpory elektřiny u operátora trhu, termíny a postupy výběru a změn režimů zeleného bonusu na elektřinu a termínu nabídnutí elektřiny povinně vykupujícím. Neruší však platnost již zaregistrovaných výrobců a výrobků u operátora trhu.



### **2.1.6. Vyhláška č.478/2012 Sb. o vykazování a evidenci elektřiny a tepla z podporovaných zdrojů a biometanu, množství a kvality skutečně nabytých a využitých zdrojů a k provedení některých dalších ustanovení zákona o podporovaných zdrojích energie [8]**

Vyhláška například stanovuje způsob měření a výpočtu vyrobeného množství elektřiny z OZE při výrobě elektřiny z OZE, způsob vykazování množství elektřiny a tepla z OZE, a způsob předávání a evidence naměřených či vypočtených hodnot elektřiny z podporovaných zdrojů a ověření vypočtených hodnot u podpory formou zeleného bonusu na elektřinu.

### **2.1.7. Vyhláška č. 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě [17]**

Na návrh ERU nabyla od 1. února 2016 účinnosti nová vyhláška o podmínkách připojení, která nahrazuje vyhlášku č. 51/2006 Sb. a stanovuje:

- podmínky připojení výroben elektřiny, distribučních soustav a odběrných míst zákazníků k elektrizační soustavě,
- způsob stanovení podílu nákladů spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu nebo výkonu elektřiny,
- pravidla pro posuzování souběžných požadavků na připojení.

Tato vyhláška definuje zcela novou kategorii výroben, a sice tzv. mikrozdroje. Tyto je možné připojit ve standardním nebo zjednodušeném režimu. Podmínky pro zjednodušené připojení jsou:

- splnění požadované hodnoty impedance v místě připojení dané vyhláškou o připojení (0,47  $\Omega$  pro zdroje do 16 A; 0,75  $\Omega$  pro zdroje do 10 A),
- technické řešení mikrozdroje, které zamezuje dodávce elektřiny do distribuční soustavy v místě připojení s výjimkou krátkodobých přetoků elektřiny do distribuční soustavy, které slouží pro reakci omezujícího zařízení, ale které nezvýší hodnotu napětí v místě připojení.

### **2.1.8. Vyhláška č. 37/2016 Sb. o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů [18]**

Vyhláška zapracovává příslušné předpisy Evropské unie (2012/27/EU) a upravuje:

- způsob výpočtu úspory primární energie,

- způsob určení množství elektřiny z vysokoúčinné KVET a elektřiny z druhotných zdrojů,
- vzor žádosti o vydání osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné KVET nebo z druhotných zdrojů a podmínky pro jeho vydávání.

Tato vyhláška také definuje základní pojmy:

- kogenerační jednotka - zařízení schopné pracovat v režimu KVET,
- kogenerační jednotka malého výkonu - kogenerační jednotka s instalovaným elektrickým výkonem nejvýše 1 MW,
- mikrokogenerační jednotka - kogenerační jednotka s instalovaným elektrickým výkonem nejvýše 50 kW.

Vyhláška také seznamuje s technologiemi KVET a udává způsob určení množství elektřiny z vysokoúčinné KVET:

- množství elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla se stanoví pro kogenerační jednotku vymezenou systémovou hranicí za období podle vyhlášky upravující vykazování a evidenci elektřiny a tepla z podporovaných zdrojů (dále jen "vykazované období"),
- za systémovou hranici jedné kogenerační jednotky se považuje vymezená oblast tvořená vstupem celkového paliva do kotle nebo kotlů nebo jinými zdroji tepla a výstupem energie vyrobené v KVET ve formě elektřiny naměřené na svorkách generátorů, mechanické energie a užitečného tepla z výstupu technologie KVET,
- za elektřinu z kombinované výroby elektřiny a tepla se považuje celkové množství vyrobené elektřiny za vykazované období naměřené na výstupu generátorů elektřiny kogenerační jednotky, pokud celková účinnost stanovená postupem uvedeným v příloze č. 1 k této vyhlášce za vykazované období dosáhla nejméně 75 % (v některých případech 80 %),
- pro kogenerační jednotku s celkovou účinností za vykazované období nižší, než je uvedena v odstavci výše, se množství elektřiny z KVET za vykazované období stanoví postupem podle přílohy č. 1 k této vyhlášce,
- úspora primární energie při kombinované výrobě elektřiny a tepla se stanoví postupem podle přílohy č. 2 k této vyhlášce.

Pro kogenerační jednotku je nutné vydat osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné KVET. Vzor žádosti o vydání osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné KVET je uveden v příloze č. 3 k této vyhlášce.

### **2.1.9. Zákon o hospodaření energií (406/2000 Sb.) [9], [45]**

Tento zákon zapracovává příslušné předpisy EU a obsahuje opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při

nakládání s energií, pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce (SEK), Územní energetické koncepce (ÚEK) a Státního programu na podporu úspor energie a využití OZE.

SEK je strategický dokument vyjadřující cíle na dalších 25 let v národním energetickém hospodářství. Důraz se klade na potřeby hospodářství a na společenský rozvoj včetně ochrany životního prostředí. Návrh zpracovává Ministerstvo průmyslu a obchodu a výsledný koncept se předkládá vládě ke schválení. Každých 5 let se provádí vyhodnocení dosavadních výsledků Ministerstvem průmyslu a obchodu. Vyhodnocení je podkladem pro případnou aktualizaci SEK.

ÚEK vychází ze Státního energetického konceptu a je důležitým podkladem pro územní rozvoj a pro územně plánovací dokumentaci. Obsahuje cíle a principy řešení energetického hospodářství na nižších úrovních státu (kraje, města nebo obce). Vytváří podmínky pro aplikaci Státní energetické koncepce.

ÚEK jsou povinni přijmout na vlastní náklady pro svůj územní obvod kraj a hlavní město Praha. Obec může pro svůj územní obvod nebo jeho část pořídit územní energetickou koncepci v souladu se státní energetickou koncepcí a krajskou ÚEK. Územní energetická koncepce se zpracovává na období 25 let a případně se doplňuje a upravuje. Územní energetická koncepce také obsahuje hodnocení využitelnosti obnovitelných a druhotných energetických zdrojů a KVET.

Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie vyjadřuje cíle v oblasti zvyšování účinnosti užití energie, snižování energetické náročnosti a využití obnovitelných a druhotných zdrojů v souladu se SEK a zásadami udržitelného rozvoje. Program zpracovává na období jednoho roku Ministerstvo průmyslu a obchodu v dohodě s Ministerstvem životního prostředí a předkládá jej ke schválení vládě. K uskutečnění programu mohou být poskytovány dotace ze státního rozpočtu na rozvoj využívání vysokoúčinné KVET (odstavec b), bod (4), § 5).

Hlava IV tohoto zákona pak obsahuje některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie.

#### **2.1.10. Nařízení vlády č.63/2002 Sb. o pravidlech pro poskytování dotací ze státního rozpočtu na podporu hospodárného nakládání s energií a využívání jejich obnovitelných a druhotných zdrojů [10]**

Nařízení vlády stanovuje pravidla pro poskytování dotací ze státního rozpočtu k uskutečňování Národního programu hospodárného nakládání s energií a využívání obnovitelných a druhotných zdrojů na podporu zvyšování účinnosti užití energie, snižování energetické náročnosti a využití obnovitelných a druhotných zdrojů v souladu se schválenou SEK a zásadami trvale udržitelného rozvoje.

Jsou zde také vymezeny některé pojmy týkající se poskytování dotací, a podmínky pro poskytnutí dotací pro uchazeče o ně.

## **2.2. Evropská legislativa**

Před vstupem do Evropské unie (1. května 2004) musela ČR jako nový členský stát přizpůsobit svůj právní řád *acquis communautaire* (veškeré primárněprávní, tj. smlouvy EU, i sekundárněprávní akty Společenství). Po vstupu do EU docházelo každoročně k přijetí desítek až stovek sekundárněprávních norem, které ČR implementovala do svého právního řádu.

Za sekundárněprávní akty považujeme:

- nařízení - akt s přímým účinkem, stává se součástí právních řádů členských států ihned po svém přijetí na úrovni EU a po vstupu v platnost publikací v Úředním věstníku,
- směrnice - tento akt je ve lhůtě stanovené obvykle samotnou směrnicí implementována do právního řádu členských států pomocí příslušného vnitrostátního právního aktu.

### **2.2.1. Směrnice EP a Rady 2004/8/ES o podpoře KVET založené na poptávce po užitečném teplu na vnitřním trhu s energií a o změně směrnice 92/42/EHS [15]**

Směrnice byla přijata za účelem zvýšení energetické účinnosti a zlepšení bezpečnosti energetického zásobování zemí EU, s přihlédnutím ke specifickým vnitrostátním okolnostem, zvláště jedná-li se o klimatické či hospodářské podmínky.

Tato směrnice byla v ČR zrušena vyhláškou 37/2016 Sb. [18]

### **2.2.2. Směrnice EP a Rady 2012/27/EU o energetické účinnosti (EED – Energy Efficiency Directive) [11], [46]**

Tato směrnice tvoří základ v oblasti podpory KVET v evropské energetice. Preambule směrnice v bodě 35 stanoví: *„Vysoce účinná kombinovaná výroba tepla a elektřiny a dálkové vytápění a chlazení mají značný potenciál z hlediska úspory primární energie, který je v Unii z velké části nevyužitý. Členské státy by měly provést komplexní posouzení potenciálu vysoce účinné kombinované výroby tepla a elektřiny a dálkového vytápění a chlazení. Tato posouzení by měla být na žádost Komise aktualizována, aby investorům poskytovala informace týkající se vnitrostátních plánů rozvoje a přispěla ke stabilnímu prostředí podporujícímu investice. Nová zařízení na výrobu elektřiny a stávající zařízení, která procházejí podstatnou rekonstrukcí nebo jim jsou obnovována povolení či licence, by měla být – za předpokladu provedení analýzy nákladů a přínosů, z níž vyplývá čistý přínos – vybavena vysoce účinnými kogeneračními jednotkami*

*umožňujícími zpětné získávání odpadního tepla pocházejícího z výroby elektřiny. Toto odpadní teplo by pak mohlo být dopravováno do místa potřeby sítěmi dálkového vytápění.“*

Evropská unie si dala za hlavní cíl ušetřit 20 % energie do roku 2020. Konkrétně jsou to pak tyto 3 stanovené cíle:

- zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie (OZE) o 20 %,
- snížit emise skleníkových plynů o 20 %,
- snížit spotřebu energie o 20 %.

Směrnice přichází s řadou doporučení pro členské státy. Článek 2 směrnice pak obsahuje důležité definice:

- kombinovaná výroba tepla a elektřiny – současná výroba tepelné energie a elektrické nebo mechanické energie v jednom procesu,
- ekonomicky odůvodněná poptávka – poptávka, která nepřekračuje potřeby tepla nebo chlazení a která by byla za tržních podmínek jinak uspokojována jinými procesy výroby energie než kombinovanou výrobou tepla a elektřiny,
- elektřina z kombinované výroby tepla a elektřiny – elektřina vyrobená v procesu spojeném s výrobou užitečného tepla a vypočtená podle metodiky stanovené v příloze 1,
- vysoce účinná kombinovaná výroba tepla a elektřiny – kombinovaná výroba tepla a elektřiny splňující kritéria stanovená v příloze 2,
- celková účinnost – roční objem výroby elektrické a mechanické energie a užitečného tepla dělený spotřebou paliva použitého k výrobě tepla v procesu kombinované výroby tepla a elektřiny a hrubé výroby elektrické a mechanické energie,
- poměr elektřiny a tepla – poměr mezi elektřinou z KVET a užitečným teplem při plném kombinovaném režimu na základě provozních dat konkrétní jednotky.

Členské státy mají provádět komplexní posouzení potenciálu vysoce účinné KVET a účinného dálkového vytápění a chlazení. Posudek se oznámí Komisi a každých 5 let se, na žádost Komise, aktualizuje.

Členské státy mají přijmout politická rozhodnutí, jež podporují náležitá zohledňování, na místní a regionální úrovni, potenciál využívání účinných systémů vytápění a chlazení, zejména pak systémů využívajících vysoce účinnou KVET. Analýza nákladů a přínosů je založena na klimatických podmínkách, ekonomické proveditelnosti a technické vhodnosti jednotlivých systémů. Dále umožňuje usnadnění určení a provedení nejefektivnějších řešení z hlediska zdrojů a nákladů za účelem naplnění potřeb v oblasti dodávek tepla a chlazení.

Zjistí-li se na základě posouzení potenciálu a analýzy přínosu a nákladů potenciál pro použití vysoce účinné KVET nebo účinného dálkového vytápění a chlazení, jehož přínosy jsou vyšší než náklady, přijmou členské státy vhodná opatření pro rozvoj infrastruktury pro účinné dálkové vytápění a chlazení či pro přispění k rozvoji vysoce účinné KVET a využívání vytápění a chlazení z odpadního tepla a obnovitelných zdrojů energie. Nejsou-li přínosy vyšší než náklady, mohou státy osvobodit zařízení od plnění stanovených podmínek a požadavků.

Členské státy zajistí, aby veškerá dostupná podpora pro KVET byla podmíněna tím, že vyrobená elektřina pochází z vysoce účinné KVET a že odpadní teplo je účelně využíváno k dosažení úspor primární energie. Veřejná podpora KVET a výroby tepla pro dálkové vytápění a sítí dálkového vytápění podléhá pravidlům pro poskytování státní podpory, pokud se na ni vztahují.

### **2.2.3. Směrnice EP a Rady 2010/31/ES o energetické náročnosti budov [12]**

Při výstavbě nových budov musí být posouzena a vzata v úvahu technická, environmentální a ekonomická proveditelnost alternativních systému o vysoké účinnosti. Do této kategorie patří i aplikace KVET.

Směrnice uvádí řadu nových požadavků. Jedněmi z nejdůležitějších jsou termíny na realizaci budov s téměř nulovou potřebou energie. V příloze I Společný obecný rámec pro výpočet energetické náročnosti budov se bere do úvahy environmentálně příznivý vliv výroby elektřiny v zařízení kombinované výroby.

### **2.2.4. Směrnice EP a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů [13], [46]**

Emise skleníkových plynů z výroby a použití paliv, biopaliv a biokapalin v dopravě se vypočítají ze vzorce, kde se úspora emisí v důsledku přebytečné elektřiny z KVET odečte od celkových emisí skleníkových plynů E z výroby a použití paliv, biopaliv a biokapalin v dopravě. Důležitými součástmi balíčku opatření, která jsou zapotřebí ke snížení emisí skleníkových plynů a ke splnění dřívějších dohod o změně klimatu a dalších závazků Společenství a mezinárodních závazků týkajících se snížení emisí skleníkových plynů po roce 2012, jsou kontrola spotřeby energie v Evropě a větší využívání energie z obnovitelných zdrojů spolu s úsporami energie a zvýšením energetické účinnosti. Tyto faktory hrají také důležitou roli při podpoře zabezpečení dodávek energií, technologického vývoje a inovací. Za účelem snížení emisí skleníkových plynů a závislosti na dovozu energie by měl být rozvoj OZE úzce spjat se zvyšováním energetické účinnosti.

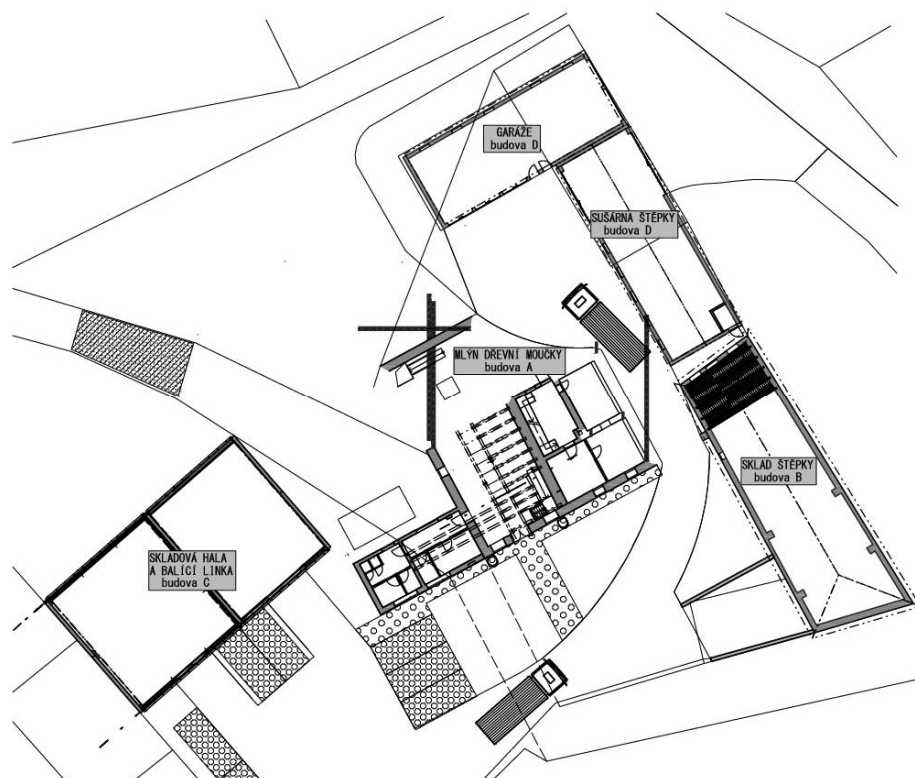
Za předpokladu, že kapacita kogenerační jednotky je rovna minimální kapacitě potřebné k tomu, aby jednotka dodávala tepelnou energii nezbytnou pro výrobu

paliva, úspory emisí skleníkových plynů související s touto přebytkovou elektřinou se pokládají za rovné množství skleníkových plynů, které by byly emitovány při výrobě stejného množství elektřiny v elektrárně s využitím stejného paliva, jaké se používá v kogenerační jednotce.

### 3. Výchozí stav a technologie

Abychom mohli mluvit o kogeneraci, musíme mít využití pro elektřinu i teplo, ale o využití tepla jde především, protože přebytky elektřiny můžeme dodávat do sítě, nebo případně akumulovat (například ve formě akumulární nádoby s vodou). Pokud nebude využito veškeré vyrobené teplo, nebude přiznán zelený bonus pro celkové množství vyrobené elektřiny. Případně se může i stát, že nebude splněna podmínka úspory primární energie a bonus nebude přiznán vůbec. Návrh velikosti kogenerační jednotky se tedy řídí především podle možností využití tepla.

#### 3.1. Popis průmyslového objektu



Obr. 3 Situace průmyslového areálu

Předmětem této práce je fiktivní objekt nacházející se ve Středočeském kraji. Je to kopie reálného objektu stojícího v obci Bělkovice u Olomouce. Jedná se o šest podobně velkých cihlových novostaveb, se sedlovou, či rovnou střechou. Celý areál je na osamoceném místě na louce u lesa s opodál stojícími rodinnými domky.

V diplomové práci se budeme zabývat hlavně návrhem budovy D, tj. sušárnou štěpky. Kogenerační jednotka bude umístěna právě zde. Součástí návrhu bude i vnitřní elektroinstalace a návrh ochrany před atmosférickými vlivy, tj. hromosvodná soustava a soustava uzemnění.

### **3.2. Současná technologie objektu**

Nynější technologie určená k sušení dřevní štěpky v objektu je tvořena bubnovou sušičkou a kotlem na tuhé palivo. Zařízení je určeno k sušení materiálu rostlinného původu. Horký vzduch z kotle, jež je určen ke spalování bioplynu, je od kotle přes potrubí odsáván axiálním ventilátorem. Ventilátor nasává horký vzduch přes odlučovač a odvádí ho do sušící zóny tvořenou bubnem a dvěma difuzory.

Sušící buben je vybaven bezpečnostním termostatem, který v případě překročení teploty 120°C odstaví kotel a ventilátor. Proces sušení probíhá automaticky, po roztopení kotle manuálním způsobem na 250°C dojde k přepnutí na automatický provoz a započne modulace výkonu. Při zvýšení požadavku na odebírané teplo (podle dopravního ventilátoru) se zvýší výkon kotle. Pokud dojde ke snížení výstupního tepla ze sušičky na 70°C, dojde automaticky k navýšení výkonu ventilátoru.

Elektrická energie je do objektu dodávána z externího zdroje. Použitím technologie KVET bude objekt schopen osamostatnit se a přestat být závislý na dodávkách energií.

### **3.3. Sušení dřevní štěpky**

Existuje mnoho důvodů proč přistupovat k vysušování dřeva. Čerstvé dřevo má různou vlhkost podle druhu stromu, a liší se také podle vrstev, od kůry směrem dovnitř. Vlhkost čerstvého dřeva se pohybuje v rozmezí 55-75% z celkové hmotnosti a voda ve dřevě má různé podoby. Část vody je volná, část vázaná uvnitř buněčných stěn a část se vyskytuje jako chemicky vázaná do struktury dřeva. Volnou vodu je možné vysušit nejsnadněji a zpravidla se tak děje sušením venku, které může trvat několik měsíců. Vázanou vodu je možné odstranit sušením při vyšších teplotách, kde dochází k narušení struktury dřeva, následkem čehož se voda může dostat ven z kapilár. Molekulární vodu lze odstranit pouze za použití chemických procesů, což se při běžném sušení, ať už normální či zvýšenou teplotou, neděje.

Voda je látka s velmi vysokou tepelnou kapacitou i skupenským teplem. Z toho vyplývá, že čím více vody se nachází v palivu, tím víc energie s sebou vezme v podobě páry. Přítomnost vody v palivu, ať už dřevo nebo uhlí, výrazně snižuje jeho výhřevnost. Voda zároveň podporuje vznik různých nepotřebných látek, které mají nejen enviromentální vliv, ale také způsobují zanášení komínů a zhoršují hoření. Výsledkem jsou vyšší náklady na samotný provoz spalování. Nejdůležitější motivací pro sušení palivového dřeva nebo štěpky je tedy zvýšení výhřevnosti a zlepšení samotného



procesu hoření. Štěpka s nižší vlhkostí poskytuje i další praktické a ekonomické výhody, především pak nižší emise a vyšší účinnost. [27]

### **3.4. Dřevní pelety**

Dřevní pelety, tzn. pelety vyrobené z dřevní hmoty, jsou doposud nejrozšířenější typ pelet využívaných jako palivo, a to především v malých zdrojích tepla do výkonů 200 kW. V posledních několika letech se rozmohly i pelety z biomasy, čili pelety nedřevního rostlinného původu. Tyto však nejsou předmětem diplomové práce.

Pro výrobu dřevních pelet se využívá jako suroviny především odpad ze zpracování dřeva. Je to především surová pilina, v menší míře štěpka. Jedná se o odpad, který lze již ve své základní podobě využít jako palivo.

#### **3.4.1. Energetická bilance výroby dřevních pelet**

Sušení je energeticky jednoznačně nejnáročnější proces. Piliny jsou z původní vlhkosti dosušovány na vlhkost kolem 15 % v rotační sušárně s využitím tepelné energie ze zdroje tepla. Na výrobu 1 kg pelet je tak spotřebováno 0,52 kWh energie vázané ve štěpce. Další energii spotřebují na výrobní technologické procesy a distribuci, celkové zhruba dalších 0,35 kWh (podle druhu technologie a vzdálenosti distribuce). Výchřevnost před sušením se pohybuje okolo 2 kWh/kg, po sušení 4,8 kWh/kg, nutno však podotknout, že na výrobu 1 kg pelet je zapotřebí 1,8 kg vstupní štěpky. [28]

Z údajů vyplývá, že energetický zisk se pohybuje kolem 0,33 kWh, v závislosti na použité technologii a způsobu distribuce.

## **4. Návrh kogenerace**

Vzhledem k tomu, že sušení dřevní štěpky vyžaduje velké množství tepelné energie, jež je prozatím dodávána z kotle, a další energie jsou do objektu dodávány samostatně, je na místě zvážit instalaci kogenerační jednotky, jež by pokryla výrobu jak tepelné energie k vytápění a ohřevu TUV, a pochopitelně i energii elektrickou.

### **4.1. Energetické hospodaření v areálu**

Pro vypracování návrhu technologie kogenerační jednotky je nutné zdokumentovat veškeré dodávky elektrické a tepelné energie vstupující do objektu.

#### **4.1.1. Elektrická energie**

Elektrická energie je do objektu dodávána z distribuční sítě 22 kV od ČEZ Distribuce a.s. přes odbočku z transformátorové stanice.

#### 4.1.1.1. Spotřeba elektrická energie

Druh zařízení	Předpokládaný soudobý příkon [kW]	Potřebná energie za pracovní den - dvousměnný provoz [kWh]
Sušička	11	176
Pytlovačka	8	128
Vzduchotechnika	2,5	40
Kancelářská technika	5	80
Osvětlení	4,2	67,2
Zásuvky	3	48
Kuchyňka denní místnosti	8,5	136
Ostatní	6	96

Tab. 1 Spotřeba elektrické energie

#### 4.1.2. Spotřeba tepla na vytápění

Objekt je nyní napojen na centrální zásobování teplem od Pražské teplárenské a.s.. Dodávka v zimním období (horkovod) je stanovena s parametry 130/70 °C. Dodávka na letní období (teplovod) je stanovena s parametry 80/50 °C.

Pro určení spotřeby tepla je nutné znát tepelnou ztrátu objektu. Tepelná ztráta je množství energie, kterou musíme do vytápěného prostoru dodat, abychom udrželi teplotu v interiéru na požadované úrovni. Hodnota tepelné ztráty je závislá především na konstrukci a materiálovém složení domu, čili na tepelně-izolačních vlastnostech obvodových konstrukcí, střechy, stropů, podlah a kvality oken.

Určující je také tzv. vnější výpočtová teplota, tj. teplota se závislostí na regionu a nadmořské výšce (rozmezí -12 až -18°C), a požadovaná vnitřní teplota místností, která se liší podle druhem užívání místnosti (ložnice, koupelna apod.). V otázce vytápění jsou důležité dva pojmy, a to potřeba a spotřeba tepla.

Potřeba tepla charakterizuje tepelně - izolační vlastnosti objektu, přímo souvisí s celkovou tepelnou ztrátou (tedy i ztrátou větráním). Jedná se o veličinu, která nám říká kolik tepla potřebujeme pro vytopení domu. Měrná potřeba tepla, udávaná v kWh za rok je vztažena na jednotku plochy m<sup>2</sup> za rok a umožňuje zatřídění stavby do škály energetické náročnosti domů. Tímto lze definovat nízkoenergetický, pasivní, případně energeticky náročný dům. [29]

Třída	Potřebná energie na vytápění [kWh/m <sup>2</sup> ] za rok
nulové domy	< 5
pasivní domy	5 - 15
nízkoenergetické domy	15 - 50
novostavby	50-140
starší stavby	> 140

Tab. 2 Energetická náročnost domů [29]

Spotřeba tepla je naopak to, co skutečně spotřebujeme. Spotřeba je závislá na zvoleném topném systému, jeho účinnosti, možnosti regulace, ale také na slunečních ziscích, od přístrojů, osob apod. Spotřeba tepla je uvedena formou procentuálního podílu z celkové spotřeby energií na průkazu energetické náročnosti budov (PENB). [29]

#### 4.1.2.1. Spotřeba energie na vytápění

Odhad tepelných ztrát v celém průmyslovém areálu provedeme pomocí [30]. Počítáme-li, že:

- venkovní výpočtová teplota je  $-15^{\circ}\text{C}$ , [32]
- střední venkovní teplota topného období je  $4^{\circ}\text{C}$ , [32]
- počet dnů topného období je 240, [32]
- průměrná vnitřní výpočtová teplota je  $24^{\circ}\text{C}$ ,
- celková vytápěná plocha průmyslového objektu je  $366\text{ m}^2$ ,
- průměrná konstrukční výška je 7m,

potom celkové tepelné ztráty v areálu činí 451 GJ za rok. Je potřeba vyrovnat tepelnou ztrátu objektu 52 kW.

#### 4.1.3. Spotřeba tepla na sušení dřevní štěpky

Sušička dřevní štěpky má potřebný tepelný výkon zdroje 152 kW při hmotnosti vlhkého materiálu na vstupu sušárny 380 kg/h. Lze tedy výkon modulovat v závislosti na potřebách.

#### 4.1.4. Teplo na ohřev TÚV

Objekt je napojen na centrální zásobování teplem od Pražské teplárenské a.s. . Teplá (užitková) voda je zdravotně nezávadná ohřátá pitná voda splňující kritéria podle platných právních předpisů a českých technických norem.

Skutečné údaje o spotřebě teplé vody nejsou známy, je proto nutné je vypočítat z [31]. Orientační hodnoty specifické potřeby teplé vody jsou uvedeny v následující tabulce.

Druh budovy	Specifická potřeba teplé vody $V_{W,f,day}$ [l/(měrná jednotka) . den]	Měrná jednotka
rodinný dům	40 - 50	obyvatel
bytový dům	40	obyvatel
administrativní budova	10 - 15	osoba
průmyslový závod	30	Sprchová koupel

Tab. 3 Specifické potřeby teplé vody o teplotě  $60^{\circ}\text{C}$  v různých budovách [31]

Denní potřeba teplé vody se stanoví podle vztahu (4.1). [31]

$$V_{W,day} = \frac{V_{W,f,day} \times f}{1000} \quad (4.1)$$

kde:

$V_{W,day}$	denní potřeba teplé vody	[m <sup>3</sup> /den]
$V_{W,f,day}$	specifická potřeba teplé vody na měrnou jednotku	[m <sup>3</sup> /den]
f	počet měrných jednotek	[-]

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody se stanoví podle vztahu (4.2). [31]

$$Q_W = 4,182 \times V_{W,day} \times (\theta_{W,del} - \theta_{W,0}) \quad (4.2)$$

kde:

$Q_W$	potřeba tepla pro přípravu teplé vody	[MJ/den]
$V_{W,day}$	denní potřeba teplé vody	[m <sup>3</sup> /den]
$\theta_{W,del}$	teplota teplé vody	[°C]
$\theta_{W,0}$	teplota studené vody přiváděné do ohříváče	[°C]

Energetický požadavek na zdroj tepla pro přípravu teplé vody se nyní stanoví podle vztahu (4.3). [31]

$$Q_{W,gen,out} = Q_W + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls} + Q_{W,p,ls} \quad (4.3)$$

kde:

$Q_{W,gen,out}$	zdroj tepla pro přípravu teplé vody	[MJ/den]
$Q_W$	potřeba tepla pro přípravu teplé vody	[MJ/den]
$Q_{W,dis,ls}$	tepelná ztráta rozvodu teplé vody	[MJ/den]
$Q_{W,st,ls}$	tepelná ztráta zásobníku teplé vody	[MJ/den]
$Q_{W,p,ls}$	tepelná ztráta přívodního a zpětného potrubí topné vody k ohříváči vody	[MJ/den]

Tepelné ztráty jsou dle [31] a jsou zde uvedeny jen pro úplnost k pochopení dané problematiky. Tepelné ztráty například závisí na:

- délkách, tvaru a průměru jednotlivých potrubí,
- průměrných počtech odběrů teplé vody v průběhu dne,
- použité technologii,
- průměrných teplotách v okolí potrubí,
- době provozu tepelného zdroje,
- délce a izolaci armatur a přírubových spojů.

Ve výpočtech energetického požadavku na zdroj tepla pro přípravu teplé vody v rámci této diplomové práce budeme používat zjednodušený výpočet s předem danými (standartními) hodnotami ztrát.

#### 4.1.4.1. Spotřeba energie na ohřev TUV

Budeme-li počítat s kombinovanou potřebou teplé vody jako v administrativní budově a průmyslovém závodu, vyjde nám denní potřeba teplé vody podle (4.1) na  $0,45 \text{ m}^3$ . Potřeba tepla pro přípravu teplé vody bude podle (4.2)  $84,68 \text{ MJ}$  za den. Vypočtená spotřeba energie na ohřev teplé užitkové vody  $25,7 \text{ kWh}$ .

#### 4.1.5. Spotřeba plynu

V současné době je v areálu instalován třítahový stacionární kotel s přetlakovou komorou o výkonu  $250 \text{ kW}$ . Příkon plynu při plném zatížení činí zhruba  $24,4 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Plyn spotřebovaný v domácnostech se na plynoměrech měří v  $\text{m}^3$ , v kubících. Plynárny si však podle regulačních vyhlášek odebraný plyn účtují v MWh, případně v kWh, což jsou jednotky energie. Až do roku 2001 dostávaly odběratelé vyúčtování za plyn s údaji o spotřebě v  $\text{m}^3$ . Pak však přišla změna a plynárenské společnosti si od daného roku neúčtují plyn za  $\text{m}^3$ , ale za MWh. Přičemž platí že:

- $1 \text{ m}^3 = 10,55 \text{ kWh}$ ,
- $1 \text{ MWh} = 94,79 \text{ m}^3$ .

Cena za plyn závisí na zvoleném dodavateli a pohybuje se v těchto relacích:

- $677,74 \text{ Kč/MWh}$ ,
- $7,15 \text{ Kč/m}^3$ .

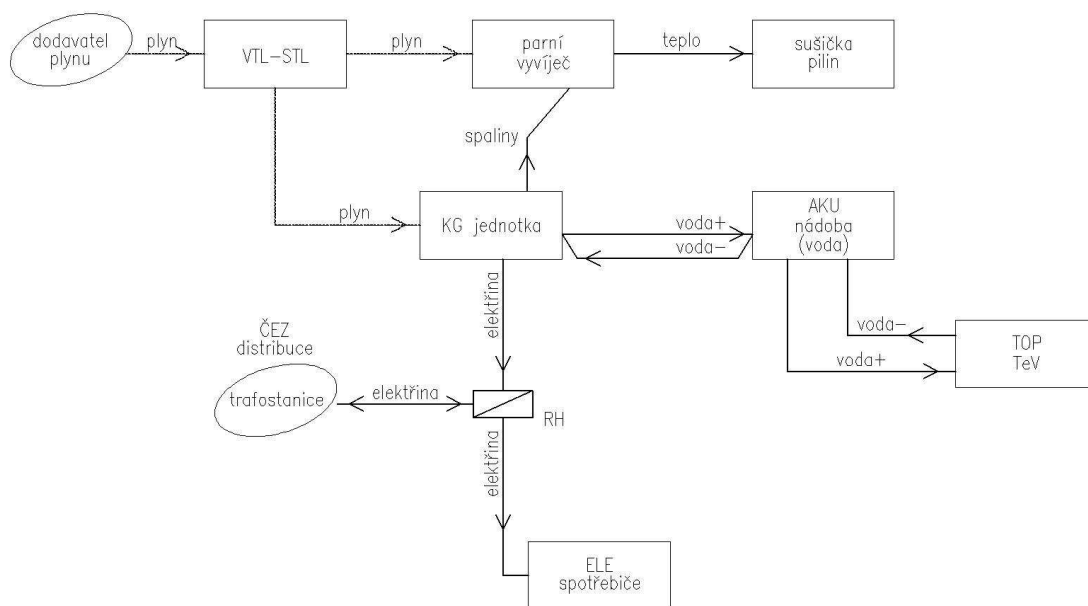
## 4.2. Souhrn veškerých spotřeb

Druh energie (spotřeba)	Potřebný výkon [kW]
Elektrická energie	48,2
Tepelná energie (sušení)	152
Tepelná energie (ohřev TUV)	25,7
Tepelná energie (vytápění)	52

Tab. 4 Souhrn spotřeb

## 4.3. Navržená kogenerační jednotka

Blokové schéma technologického návrhu bude dle Obr.4.



Obr.4 Blokové schéma technologie objektu na sušení dřevní štěpky

Dle souhrnu spotřeb bude v areálu navržena kogenerační jednotka Vitobloc 200 Typ EM-50/81 od formy Viessmann s následujícími parametry:

Provozní parametr	50 % zatížení	100 % zatížení
Elektrický výkon	25 kW	50 kW
Tepelný výkon	46 kW	81 kW
Využití paliva	86 kW	145 kW
Elektrická účinnost	29,1 %	34,5 %
Tepelná účinnost	53,5 %	55,9 %
Celková účinnost	82,6 %	90,3 %
Spotřeba plynu	9,7 m <sup>3</sup> /h	15,3 m <sup>3</sup> /h

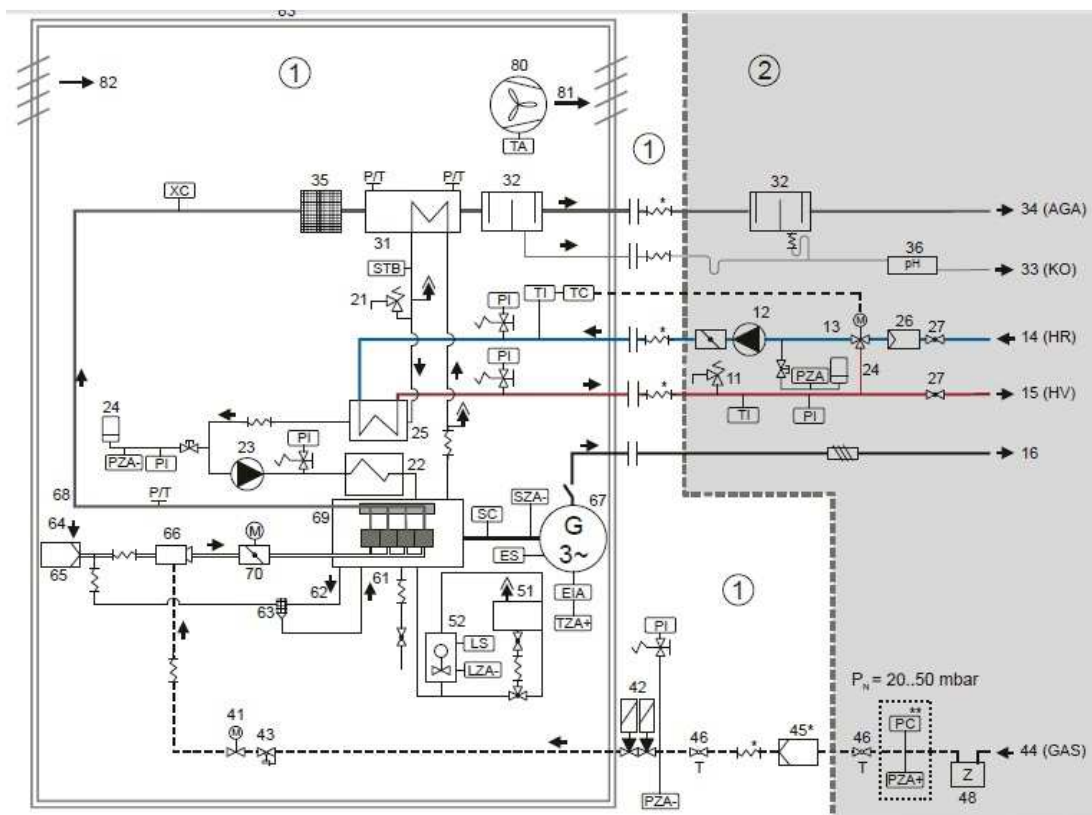
Tab. 5 Parametry kogenerační jednotky

Kogenerační jednotka bude provozována při 16 hodinovém dvou-směnném provozu po celý rok mimo státní svátky (345 dní). Namísto spalinového výměníku, jež je součástí dodávky kogenerační jednotky, bude instalován parní vyvíječ Vitomax 200 Waste heat boiler, který bude využívat spaliny z kogenerační jednotky a bude dodávat teplo potřebné k sušicímu procesu. Vstupním médiem parního vyvíječe (dle technologického pohledu) je pouze odpadní teplo (spaliny) z kogenerační jednotky, pokud by byl ze strany investora požadavek na větší tepelný výkon, je nutné instalovat kombinovaný parní vyvíječ, jež bude jako palivo používat plyn.

Provozní parametr	Vitomax 200 Waste heat boiler
Celková účinnost	90,3 %

Tab. 6 Parametry parního vyvíječe

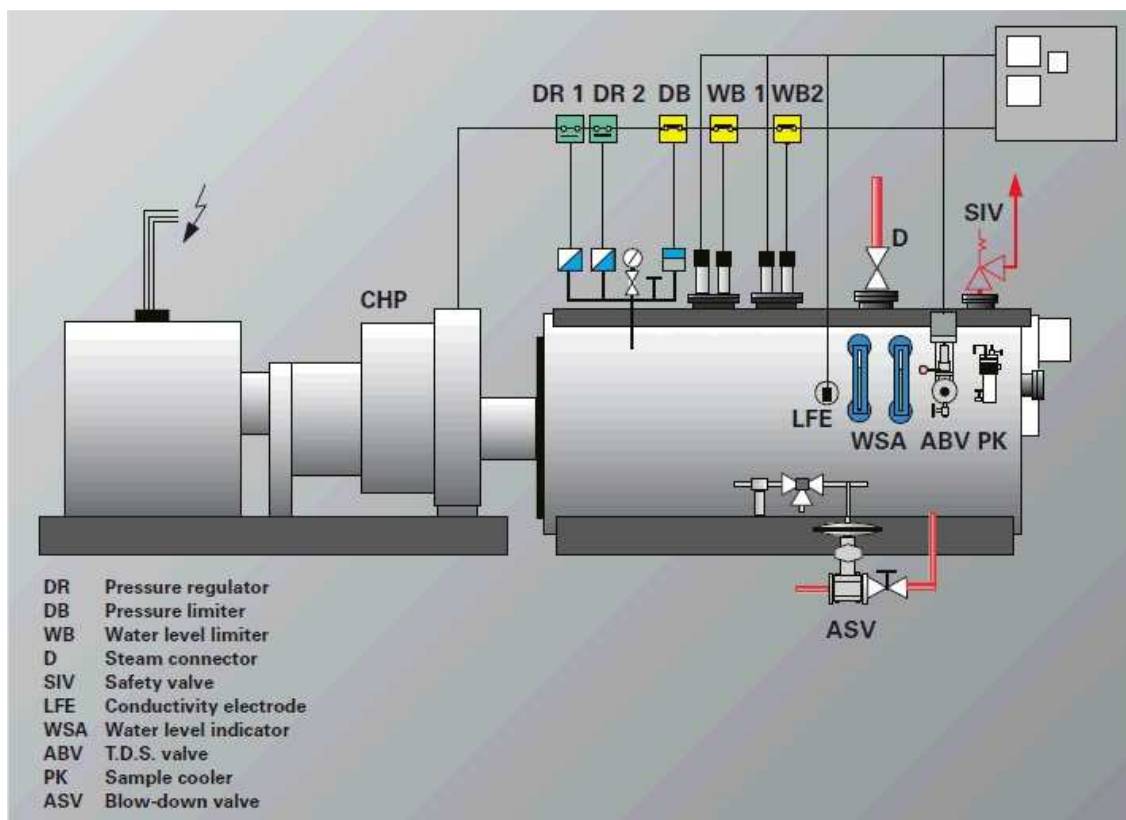
Technologické schéma zapojení kogenerační jednotky je znázorněno na Obr. 5.



Obr. 5 Technologické schéma zapojení Vitobloc 200 Typ EM-50/81 od firmy Viessmann [48]

Detailní zapojení s popisem jednotlivých částí je popsáno v příloze č.12. Na pozici 31 bude namísto spalinového výměníku zapojen vyvíječ páry. Principiální schéma zapojení parního vyvíječe je na Obr. 6. Podrobnosti k parnímu vyvíječi jsou v příloze č.13. Takto zapojená soustava bude mít větší účinnost, než je dána výrobcem.

Teplo vytvářené kogenerační jednotkou bude dodáváno do topné soustavy přes vodní akumulární nádobu o celkové velikosti 400l. Proces sušení bude zajišťován parním vyvíječem s odsáváním spalin z kogenerační jednotky.



Obr. 6 Principiální schéma zapojení Vitomax 200 Waste heat boiler od firmy Viessmann [48]

Kogenerační jednotka bude v topném období (240 dnů) pracovat na 100 %, mimo topné období (105 dnů) bude její výkon snížen na 50 % a teplo bude dodávat jen pro TUV a na topení v budově B, kde je nutné udržovat vyšší teploty po celý rok, kvůli dosušování dřevní štěpky. Tepelný výkon 46 kW tedy bude dostačující. Parní vyvíječ poběží celý rok na plný výkon tak, aby byla výroba dřevních pelet zisková.

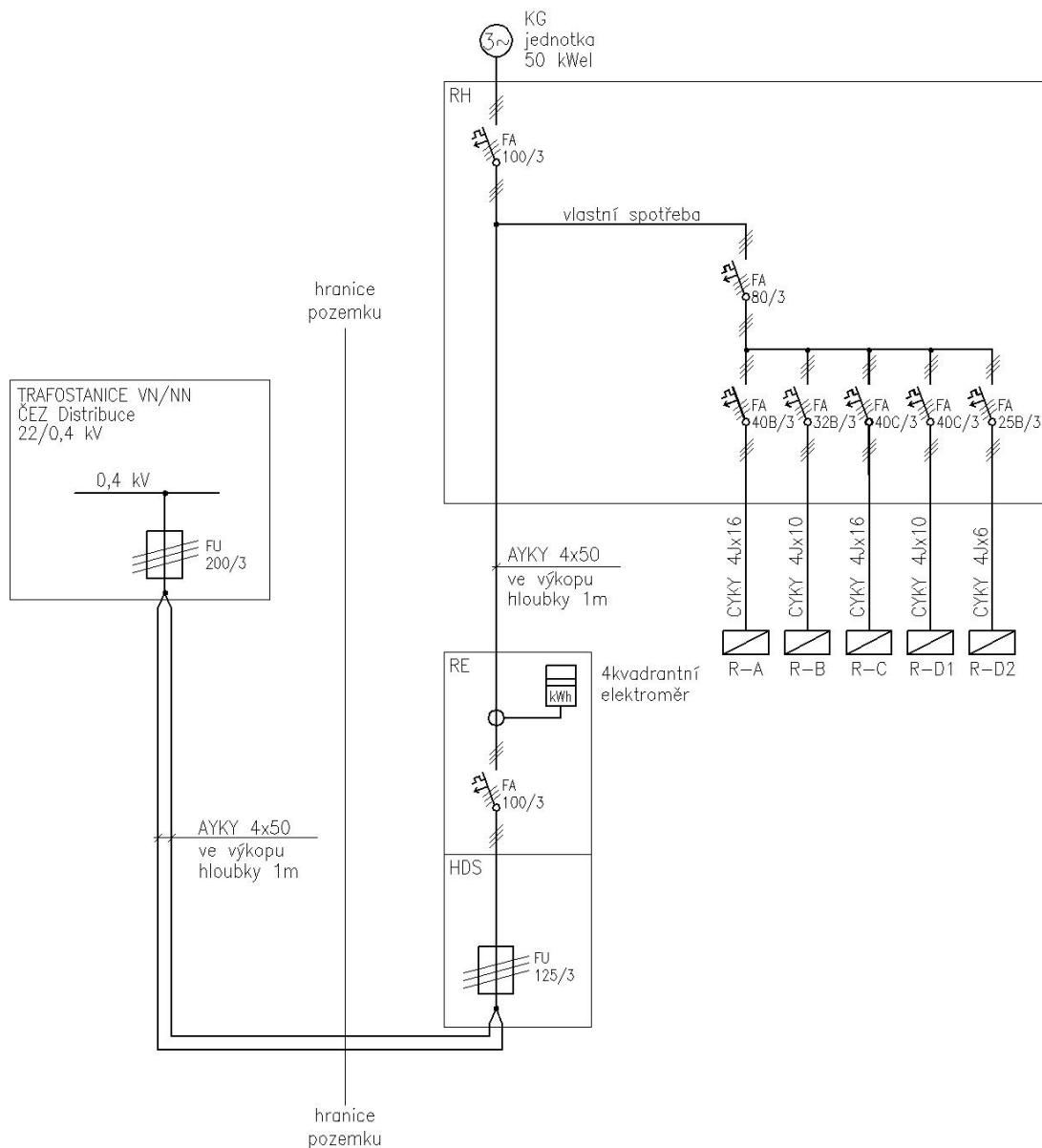
#### 4.4. Způsob připojení k distribuční síti

Při připojování kogenerační jednotky do distribuční soustavy ČEZ Distribuce je nutné dodržovat vnitropodnikové předpisy, zejména pak přílohu č.4 z pravidel provozování distribuční soustavy, dostupné na [43].

Nejprve je nutné podat žádost o připojení k distribuční soustavě, spolu se studií připojovaného kogeneračního zdroje, tj. jeho předpokládanou bilancí elektrické energie. Distributor provede výpočty a předloží podmínky připojení zdroje k distribuční soustavě. Pokud žadatel splní předložené podmínky, lze následně uzavřít smlouvu o připojení k distribuční síti.

V našem případě jsou podmínky připojení kogenerační jednotky stanoveny na připojení se k nejbližší trafostanici ČEZ Distribuce na koncové pojistky na hladině NN. Situační výkres je přiložen v příloze č.1. Schéma napojení, včetně napájení vlastní spotřeby, je znázorněno na Obr.7.





Obr. 7 Schéma napojení KG jednotky na distribuční soustavu, vč. vlastní spotřeby

Princip zapojení 4kvadrantního elektroměru je v příloze č.2. Náskres vychází z vnitropodnikových vyhlášek ČEZ Distribuce dostupných na [43].

## 4.5. Zelený bonus

Formy podpory elektřiny definuje [2], jedná se o podporu formou výkupní ceny nebo zeleného bonusu v ročním nebo hodinovém režimu. Formy podpory nelze kombinovat. Podpora elektřiny je v případě podpory pro elektřinu vyrobenou

v procesu vysokoúčinné KVET nebo využitím druhotných zdrojů poskytována pouze formou zeleného bonusu v ročním režimu.

Zelený bonus na elektřinu vyrobenou z OZE vyplácí OTE, a. s. za veškerou vyrobenou (a účelně spotřebovanou elektřinu včetně spotřebované v místě výroby) a naměřenou stanoveným měřidlem s výjimkou technologické vlastní spotřeby elektřiny. Zelený bonus je zpravidla spojen s vyšším výnosem korespondujícím zvýšené riziko prodeje vyrobené elektřiny oproti výkupní ceně.

Technologická vlastní spotřeba je definována podle [2] jako spotřeba elektrické energie na výrobu elektřiny v hlavním výrobním zařízení i pomocných provozech, které s výrobou přímo souvisejí, včetně výroby, přeměny nebo úpravy paliva, ztrát v rozvodu vlastní spotřeby i ztrát na zvyšovacích transformátorech pro dodávku do distribuční soustavy nebo přenosové soustavy.

Roční sazba zeleného bonusu za výrobu elektrické energie z kogenerační jednotky se vypočte ze vzorce: [34]

$$C_{zb} = E_{KVET} \times (ZB_{základní\ sazba} + ZB_{doplňková\ sazba}) \quad (4.4)$$

kde:

$C_{zb}$	celková výše podpory za elektrickou energii z kogenerace	[Kč]
$E_{KVET}$	množství vyrobené energie z kogenerace	[MWh]
$ZB_{základní\ sazba}$	základní sazba zeleného bonusu	[Kč]
$ZB_{doplňková\ sazba}$	doplňková sazba zeleného bonusu	[Kč]

Doplňková sazba zeleného bonusu se netýká kogeneračních jednotek na zemní plyn, je tudíž považována za nulovou.

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Provozní hodiny kogenerační jednotky [h/rok]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		
	a	b	c	d	e	j	m
710	Elektřina z KVET	1.1.2016	31.12.2017	0	200	3 000	1 970
711		1.1.2016	31.12.2017	0	200	4 400	1 505
712		1.1.2016	31.12.2017	200	1 000	3 000	1 560
713		1.1.2016	31.12.2017	200	1 000	4 400	1 160
714		1.1.2016	31.12.2017	1 000	5 000	3 000	1 225
715		1.1.2016	31.12.2017	1 000	5 000	4 400	895

Obr. 8 Základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu z KVET do 5MW<sub>e</sub> [34]

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že sazba ročního zeleného bonusu bude 1505 Kč/MWh.

## 5. Návrh vnitřní elektroinstalace

Návrh elektroinstalace ve formě projektové dokumentace, ale i samotné elektroinstalační práce, musí být v souladu s obecně platnými předpisy a musí splňovat technické předpisy, vyhlášky a normativní dokumenty.

Samotné realizaci zpravidla předchází projektová dokumentace v prováděcím stupni (DPS), neboť při kolaudaci je zkoumáno, zda byla stavba provedena podle doložené dokumentace.

Pro potřeby elektroinstalačních projektových dokumentací existuje celá řada norem, z nichž je nejvýznamnější řada ČSN 33 2000.

V této kapitole jsou použity některé pasáže z mé vlastní práce [47] kap.2.

### 5.1. Elektrická síť

V našem projektu počítáme s vedením TN - C od trafostanice až do hlavního rozvaděče RH s napětím 3 x 400 V / 230 V, 50 Hz, 3 + PEN. Místa rozdělení na N + PE jsou místní rozvaděče jednotlivých objektů.

### 5.2. Vnější vlivy

Na každé elektrické zařízení působí jeho okolí jinak. Toto působení je v elektrotechnice definováno jako vnější vlivy. Aby byly zajištěny podmínky bezpečnosti při provozu elektrických zařízení, je třeba tato zařízení navrhovat a instalovat v souladu s požadavky definovanými ve [22]. Vnější vlivy předurčují jednotlivě posuzované prostory z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem [26].

Vnější vlivy se třídí do stupňů [26], první a druhý stupeň jsou označovány písmeny, třetí stupeň pak číslicí.

První písmeno označuje všeobecnou kategorii vnějších vlivů:

- A – prostředí, tj. vlastnosti posuzovaného prostoru vytvořené jím samým nebo předměty v prostoru umístěnými, jedná se především o teplotu, vlhkost, nadmořskou výšku, přítomnost vody a dalších látek,
- B – využití, tj. uplatnění objektů nebo jejich částí dané vlastnostmi osob, stupně jejich elektrotechnické kvalifikace, četnost výskytu osob a možnosti jejich úniku, a vlastnostmi zpracovávaných látek,
- C – konstrukce budovy, tj. souhrn vlastností budovy daný konstrukčním a dekorativním materiálem, či provedení a umístění budovy.

Druhé písmeno označuje povahu vnějšího vlivu. Například písmeno C značí nadmořskou výšku, písmeno D pravděpodobnost a množství výskytu vody a písmeno G míru mechanického namáhání. Číslice pak označuje třídu každého vnějšího vlivu.

Vnější vlivy musí být určeny jednoznačně. Veškeré klasifikační údaje potřebné pro jednoznačné stanovení vnějších vlivů má uvést majitel (uživatel) posuzovaných prostor. Určují se ve všech prostorech, ve kterých je umístěno a používáno elektrické zařízení. O určení vnějších vlivů se musí vydat písemný doklad (protokol o určení vnějších vlivů), jež je součástí projektové dokumentace.

Posuzované prostory se dle určení vnějších vlivů dělí na prostory normální, prostory nebezpečné a prostory zvláště nebezpečné. Volba krytí IP elektrického zařízení musí odpovídat typu daného prostoru.

V souladu se souborem norem [22] a dle předpokládaných technologických procesů má být vytvořen protokol o určení vnějších vlivů podle přílohy [22]. Tento protokol je součástí dokumentace, která musí být po dobu životnosti zařízení, provozu či objektu archivována. Jeho obsahem je vždy složení komise s rozdělením na předsedu a jednotlivé členy (například zástupci profesí stavby, požárně bezpečnostního řešení stavby a zdravotně-technické instalace). Komisi pro určení vnějších vlivů svolává na podnět projektanta oboru elektro hlavní inženýr projektu. Dále pak v protokolu následuje popis daného objektu, či prostoru (účel jeho využití) a následný výčet jednotlivých vnějších vlivů mající význam.

Pro potřeby této diplomové práce bude následovat zkrácená verze určení vnějších vlivů (z důvodů úspory místa).

### **5.2.1. Administrativní budova - budova A**

Budova sloužící jako kanceláře pro celý průmyslový areál.

#### **Vlivy mající význam:**

- AA 5 teplota okolí +10 až +25 °C,
- AB 5 prostory chráněné před atmosferickými vlivy s regulací teploty,
- AC 1 nadmořská výška do 2000 m,
- AD 1 pravděpodobnost výskytu vody je zanedbatelná,
- AE 1 množství a povaha prachu a cizích těles není významná,
- AF 1 množství a povaha korozivních nebo znečišťujících látek nejsou významné,
- AG 1 mírné mechanické namáhání,
- BA 1 schopnost lidí běžná, nepoučené osoby, laici,
- BC 1 osoby v nevodivém prostředí, jedná se o prostor s nevodivým okolím,
- BD 1 malá hustota, snadné podmínky pro únik,

- BE 1 bez významného nebezpečí, v prostoru nejsou skladovány ani zpracovávány žádné látky s nebezpečím požáru nebo výbuchu.

Neuvedené vlivy jsou pro uvedený prostor bez významu. V prostoru nejsou skladovány nebezpečné látky.

Posouzení z hlediska úrazu elektrickým proudem - podle přílohy NA 4 jsou uvedené prostory zařazeny jako: **prostory normální**.

Instalace budou provedeny ve smyslu určených prostorů a podle [22], v odpovídajícím krytí min. IP20 a podmínek o technických požadavcích ze [35]. V místnostech s vanou či sprchou a v okolí umyvadel budou řešeny instalace podle pásem umývacích prostorů viz [36].

### 5.2.2. Sklad štěpky - budova B

Budova sloužící jako skladiště a místo kde dochází k celkovému dosušení dřevní štěpky.

#### Vlivy mající význam:

- AA 6 teplota okolí +10 až +35 °C,
- AB 6 prostory s vysokou teplotou chráněné před atmosferickými vlivy s regulací teploty,
- AC 1 nadmořská výška do 2000 m,
- AD 1 pravděpodobnost výskytu vody je zanedbatelná,
- AE 6 silná prašnost,
- AF 1 množství a povaha korozivních nebo znečišťujících látek nejsou významné,
- AG 1 mírné mechanické namáhání,
- AH 1 mírné vibrace, účinky zanedbatelné,
- BA 1 schopnost lidí běžná, nepoučené osoby, laici,
- BE2N1 nebezpečí požáru hořlavých hmot,
- BD 1 malá hustota, snadné podmínky pro únik, přímí východ do venkovního prostředí.

Neuvedené vlivy jsou pro uvedený prostor bez významu.

Posouzení z hlediska úrazu elektrickým proudem - podle přílohy NA 6 jsou uvedené prostory zařazeny jako: **prostory zvlášť nebezpečné**.

Instalace budou provedeny ve smyslu určených prostorů a podle [22], v odpovídajícím krytí min. IP65 a podmínek o technických požadavcích ze [35].

### 5.2.3. Skladovací a balící linka - budova C

Budova sloužící jako hala na tvorbu dřevních pelet z vysušené dřevní štěpky a skladiště dřevních pelet před distribucí.

#### Vlivy mající význam:

- AA 7 teplota okolí 0 až + 20 °C,
- AB 7 vnitřní prostory chráněné před atmosferickými vlivy, bez regulace teploty a vlhkosti, které mohou mít otvory do venkovního prostředí,
- AC 1 nadmořská výška do 2000 m,
- AD 1 pravděpodobnost výskytu vody je zanedbatelná,
- AE 6 silná prašnost,
- AF 1 množství a povaha korozivních nebo znečišťujících látek nejsou významné,
- AG 1 mírné mechanické namáhání,
- AH 1 mírné vibrace, účinky zanedbatelné,
- BA 1 schopnost lidí běžná, nepoučené osoby, laici,
- BD 1 malá hustota, snadné podmínky pro únik, přímí východ do venkovního prostředí.

Neuvedené vlivy jsou pro uvedený prostor bez významu.

Posouzení z hlediska úrazu elektrickým proudem - podle přílohy NA 6 jsou uvedené prostory zařazeny jako: **prostory zvlášť nebezpečné.**

Instalace budou provedeny ve smyslu určených prostorů a podle [22], v odpovídajícím krytí min. IP65 a podmínek o technických požadavcích ze [35].

### 5.2.4. Sušárna štěpky - budova D

V této budově dochází k technologickému vysoušení dřevní štěpky. Je zde umístěna navržená kogenerační jednotka a technologická sušička.

#### Vlivy mající význam:

- AA 5 teplota okolí +10 až +25 °C,
- AB 5 prostory chráněné před atmosferickými vlivy s regulací teploty,
- AC 1 nadmořská výška do 2000 m,
- AD 2 možnost příležitostné kondenzace kapek, či výskyt páry vlivem kogenerační jednotky,
- AE 6 silná prašnost,
- AF 1 množství a povaha korozivních nebo znečišťujících látek nejsou významné,
- AG 1 mírné mechanické namáhání,
- AH 1 mírné vibrace, účinky zanedbatelné,

- BA 1 schopnost lidí běžná, nepoučené osoby, laici,
- BE2N1 nebezpečí požáru hořlavých hmot,
- BD 1 malá hustota, snadné podmínky pro únik, přímí východ do venkovního prostředí.

Neuvedené vlivy jsou pro uvedený prostor bez významu.

Posouzení z hlediska úrazu elektrickým proudem - podle přílohy NA 5 jsou uvedené prostory zařazeny jako: **prostory nebezpečné.**

Instalace budou provedeny ve smyslu určených prostorů a podle [22], v odpovídajícím krytí min. IP65 a podmínek o technických požadavcích ze [35].

### 5.2.5. Garáže - budova D

V této budově dochází k technologickému vysoušení dřevní štěpky. Je zde umístěna navržená kogenerační jednotka a technologická sušička.

#### Vlivy mající význam:

- AA 7 teplota okolí 0 až + 20 °C,
- AB 7 vnitřní prostory chráněné před atmosferickými vlivy, bez regulace teploty a vlhkosti, s přímým vjezdem z venkovního prostředí,
- AC 1 nadmořská výška do 2000 m,
- AD 2 možnost příležitostné kondenzace kapek, možnost dočasných lokálních zaplavení podlahy vodou z povrchu automobilů,
- AE 4 lehká prašnost, spad prachu větší než 10 a nejvýše 35 mg/m<sup>2</sup> za den,
- AF 3 občasný, nebo příležitostný výskyt korozivních atmosferických látek,
- AG 1 mírné mechanické namáhání,
- AH 1 mírné vibrace, účinky zanedbatelné,
- BA 1 schopnost lidí běžná, nepoučené osoby, laici,
- BD 1 malá hustota, snadné podmínky pro únik, přímí východ do venkovního prostředí.

Neuvedené vlivy jsou pro uvedený prostor bez významu.

Posouzení z hlediska úrazu elektrickým proudem - podle přílohy NA 5 jsou uvedené prostory zařazeny jako: **prostory nebezpečné.**

Instalace budou provedeny ve smyslu určených prostorů a podle [22], v odpovídajícím krytí min. IP44 a podmínek o technických požadavcích ze [35].

### 5.2.6. Venkovní prostory

Prostory kolem budov průmyslového areálu.

### Vlivy mající význam:

- AA 8 venkovní teplota -20 až +30 °C,
- AB 8 venkovní nechráněné prostory před atmosferickými vlivy,
- AC 1 nadmořská výška do 2000 m,
- AD 3 možnost spadu vody pod úhlem,
- AE 5 mírná prašnost,
- AF 2 atmosferická koroze,
- AG 1 mírné mechanické namáhání,
- AH 1 mírné vibrace, účinky zanedbatelné,
- AN 2 sluneční záření střední,
- AS 2 vítr střední 20-30 m/s,
- BA 1 schopnost lidí běžná, nepoučené osoby, laici,
- BC 2 dotyk osob s potenciálem země,
- BD 1 snadné podmínky pro únik.

Neuvedené vlivy jsou pro uvedený prostor bez významu.

Posouzení z hlediska úrazu elektrickým proudem - podle přílohy NA 6 jsou uvedené prostory zařazeny jako: **prostory zvlášť nebezpečné.**

Instalace budou provedeny ve smyslu určených prostorů a podle [22], v odpovídajícím krytí min. IP44 a podmínek o technických požadavcích ze [35].

### 5.3. Stupně krytí

Stupeň krytí IP udává odolnost elektrického zařízení proti vniknutí cizího tělesa či vniknutí kapalin. Je definován mezinárodním standardem IEC 60529, kód samotný tvoří 2 číslice, z nichž první udává ochranu před nebezpečným dotykem a před vniknutím cizích těles, a druhá číslice udává stupeň krytí před vniknutím vody. Platí, že čím vyšší je číslice, tím lépe je zařízení chráněno.

Podle [37] jsou stupně ochrany před dotykem nebezpečných částí a před vniknutím cizích těles definovány takto:

Stupeň ochrany	Popis ochrany
IP 2x	zařízení je chráněno před vniknutím pevných cizích těles o průměru 12,5mm a větších a před dotykem prstem
IP 4x	zařízení je chráněno před vniknutím pevných cizích těles o průměru 1mm a větších a před dotykem drátem
IP 6x	zařízení je prachotěsné a je chráněno před jakoukoli pomůckou

Tab. 7 Stupně ochrany před dotykem nebezpečných částí a před vniknutím cizích těles [37]

A stupně ochrany proti vniknutí vody jsou podle [37] definovány takto:



Stupeň ochrany	Popis ochrany
IP x0	Zařízení je nechráněno
IP x4	Zařízení je chráněno proti stříkající vodě ve všech úhlech
IP x5	Zařízení je chráněno proti vodním proudům, voda míří 6,3 mm tryskou ve všech úhlech při průtoku 12,5 litrů za minutu při tlaku 30 kN/m <sup>2</sup> po dobu 3 minut ze vzdálenosti 3 metrů

Tab. 8 Stupně ochrany proti vniknutí vody [37]

Existuje i stupeň krytí IK, což je stupeň ochrany před vnějšími mechanickými rázy podle ČSN EN 50102, ale tím se nebudeme v této diplomové práci zabývat.

## 5.4. Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Veškerá elektroinstalace musí být provedena tak, aby byl zajištěn bezpečný a spolehlivý provoz, kdy provedení elektroinstalace nemůže zapříčinit ohrožení osob a majetku. Současně musí provedení elektroinstalace zajistit ochranu samotné instalace před vlivy okolí a provozu. Před uvedením do provozu musí být provedena výchozí revize a následně ve stanovených periodách musí být prováděny periodické revize a pravidelná údržba vyplývající z provozního řádu.

Ochrana před úrazem el. proudem rozlišujeme podle [23] na základní ochranná a doplňující ochranná opatření. V navrhované elektroinstalaci je základní ochranou automatické odpojení od zdroje, doplňkovou ochranou proudový chránič a ochranné pospojování. Místní doplňující pospojování musí spojit všechny ochranné vodiče a další vodivé předměty.

### 5.4.1. Neživých částí při poruše

Bude provedena dle [23] a [24] pro síť TN-C-S:

- NORMÁLNÍ - automatickým odpojením od zdroje části 411.3.2 v [23] a hlavním ochranným pospojováním dle čl. 411.3.1.2 [23],
- DOPLNĚNÁ - automatickým odpojením od zdroje a doplňujícím pospojováním dle čl. 415.2 [23] a proudovými chrániči reziduálního proudu 30 mA dle čl. 411.3.3 [23],
- Pracovní uzemnění: zemnicí odpor menší nebo roven max. 2 Ohmy, HOP - ekvipotenciální svorkovnice - situované v těsné blízkosti rozvaděčů jednotlivých objektů.

Vodiče pospojování v souladu s [25].

### 5.4.2. Živých částí

- IZOLACÍ - podle čl. A1 [23],
- KRYTÍM - podle čl. A2 [23],
- PŘEPÁŽKAMI - podle čl. A2 [23].

### 5.4.3. Ochranné pospojování

#### 5.4.3.1. Hlavní ochranné pospojování

Hlavní ochranné pospojení propojuje hlavní ochrannou svorku umístěnou v HDS s uzemňovací soustavou, rozvody veškerých médií, kovové konstrukce a místa rozdělení vodiče PEN na N + PE.

#### 5.4.3.2. Místní ochranné pospojování

Místní ochranné pospojení propojí místnosti s vanou či sprchou se všemi kovovými zařízeními v dané místnosti.

## 5.5. Energetická bilance

Dimenzování vodičů a kabelů je provedeno v souladu s [38]. Nulovací vodič je přizemněn.

### 5.5.1. Administrativní budova - budova A

V tab. 9 jsou uvedeny předpokládané zařízení v dané budově a v tab. 10 hodnoty pro dimenzování kabelového vedení.

Zařízení	Jmenovité napětí [V]	Jmenovitý příkon [kW]	Jištění
Osvětlení	230	0,8	2x 10B/1
Zásuvky - PC	230	8	2x 16B/1
Zásuvky	230	4	16B/1
Zásuvky kuchyně	230	3	16B/1
Lednice	230	0,8	10B/1
Varná deska	400	5	16B/3
Vzduchotechnika	230	1	16B/1
Vzduchotechnika	400	2	16C/3
Rack -slaboproud	230	2	10B/1

Tab. 9 Souhrn zařízení pro dimenzování v budově A

Celkový instalovaný příkon $P_i$	26,6 kW
Předpokládaná soudobost $B_N$	0,7
Celkový soudobý příkon $P_p$	18,62 kW
Hlavní jistič	40B/3
Kabelové vedení	CYKY 4Jx16

Tab. 10 Dimenzování pro budovu A

Vzhledem k větší vzdálenosti mezi hlavním rozvaděčem RH rozvaděčem administrativní budovy je navržen větší průřez kabelového vedení. Schéma rozvaděče Administrativní budovy je přiloženo v příloze č.3.

### 5.5.2. Sklad štěpky - budova B

V tab. 11 jsou uvedeny předpokládané zařízení v dané budově a v tab. 12 hodnoty pro dimenzování kabelového vedení.

Zařízení	Jmenovité napětí [V]	Jmenovitý příkon [kW]	Jištění
Osvětlení	230	1,4	2x 10B/1
Zásuvky	230	4	16B/1
Zásuvky	400	3,5	20B/3
Vrata	230	2	10B/1
Technologická zař.	230	8	2x 16B/1

Tab. 11 Souhrn zařízení pro dimenzování v budově B

Celkový instalovaný příkon $P_i$	18,9 kW
Předpokládaná soudobost $B_N$	0,6
Celkový soudobý příkon $P_p$	11,34 kW
Hlavní jistič	32B/3
Kabelové vedení	CYKY 4Jx10

Tab. 12 Dimenzování pro budovu B

Schéma rozvaděče skladu štěpky je přiloženo v příloze č.4.

### 5.5.3. Skladová a balící hala - budova C

V tab. 13 jsou uvedeny předpokládané zařízení v dané budově a v tab. 14 hodnoty pro dimenzování kabelového vedení.

Zařízení	Jmenovité napětí [V]	Jmenovitý příkon [kW]	Jištění
Osvětlení	230	1,2	2x 10B/1
Zásuvky	230	4	16B/1
Zásuvky	400	3,5	20B/3
Vrata	230	2	10B/1
Pytlovačka	400	5	25C/3
Technologická zař.	230	8	2x 16B/1

Tab. 13 Souhrn zařízení pro dimenzování v budově C

Celkový instalovaný příkon $P_i$	23,7 kW
Předpokládaná soudobost $B_N$	0,6
Celkový soudobý příkon $P_p$	14,22 kW
Hlavní jistič	40C/3
Kabelové vedení	CYKY 4Jx16

Tab. 14 Dimenzování pro budovu C

Vzhledem k větší vzdálenosti mezi hlavním rozvaděčem RH rozvaděčem skladovací a balící haly je navržen větší průřez kabelového vedení. Schéma rozvaděče skladovací a balící haly je přiloženo v příloze č.5.

#### 5.5.4. Sušárna štěpky - budova D

V tab. 15 jsou uvedeny předpokládané zařízení v dané budově a v tab. 16 hodnoty pro dimenzování kabelového vedení.

Zařízení	Jmenovité napětí [V]	Jmenovitý příkon [kW]	Jištění
Osvětlení	230	1,2	2x 10B/1
Zásuvky	230	4	16B/1
Zásuvky	400	3,5	20B/3
Vrata	230	2	10B/1
Sušička	400	11	32C/3
Parní vyvíječ	230	1	10B/1
Technologická zař.	230	6	2x 16B/1

Tab. 15 Souhrn zařízení pro dimenzování v budově D

Celkový instalovaný příkon $P_i$	29,7 kW
Předpokládaná soudobost $B_N$	0,6
Celkový soudobý příkon $P_p$	17,22 kW
Hlavní jistič	40C/3
Kabelové vedení	CYKY 4Jx10

Tab. 16 Dimenzování pro budovu D

Schéma rozvaděče sušárna štěpky je přiloženo v příloze č.6. Kvůli bezpečnosti bude vedle rozvaděči R-D1 instalováno tlačítko CENTRAL STOP, které v případě nebezpečí odpojí sušičku a parní vyvíječ od sítě.

#### 5.5.5. Garáže - budova D

V tab. 17 jsou uvedeny předpokládané zařízení v dané budově a v tab. 18 hodnoty pro dimenzování kabelového vedení.

Zařízení	Jmenovité napětí [V]	Jmenovitý příkon [kW]	Jištění
Osvětlení	230	0,8	2x 10B/1
Zásuvky	230	3	16B/1
Zásuvky	400	3,5	20B/3
Vrata	230	2	10B/1

Tab. 17 Souhrn zařízení pro dimenzování v budově D - garáže

Celkový instalovaný příkon $P_i$	9,3 kW
Předpokládaná soudobost $B_N$	0,4
Celkový soudobý příkon $P_p$	3,72 kW
Hlavní jistič	25B/3
Kabelové vedení	CYKY 4Jx6

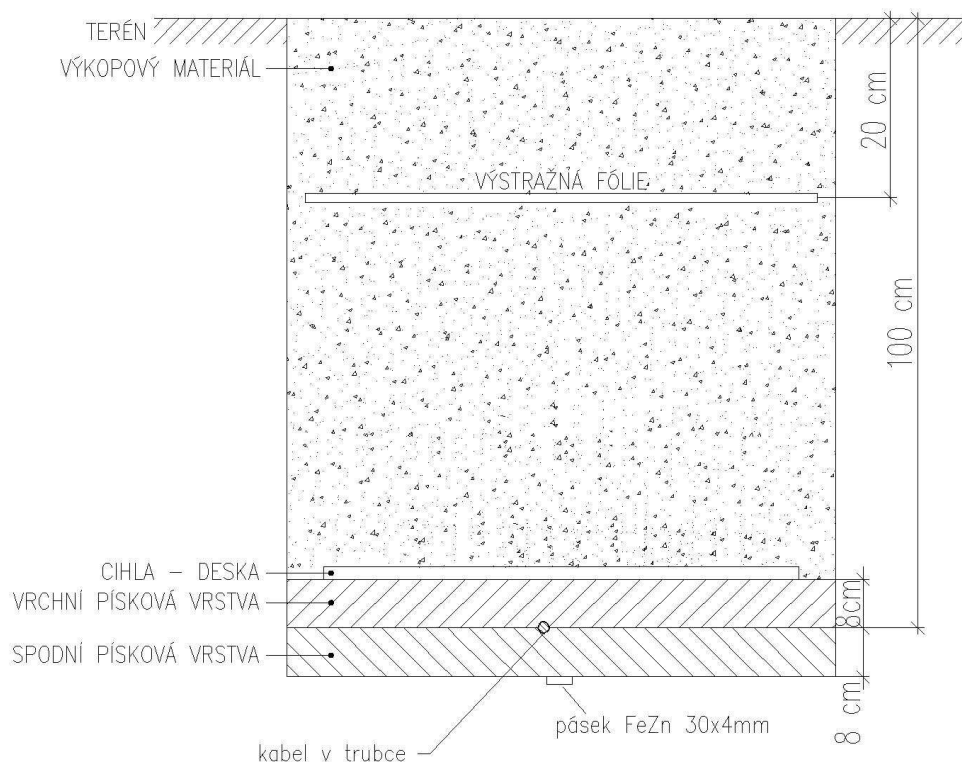
Tab. 18 Dimenzování pro budovu D - garáže

Schéma rozvaděče garáží je přiloženo v příloze č.7.

## 5.6. Koncepce elektrických rozvodů

### 5.6.1. Elektrické rozvody k místním rozvaděčům

Odbočka od kogenerační jednotky do rozvodů vlastní spotřeby je řešena v rozvaděči RH situovaném v budově D dle schématu zapojení ve výkresové příloze. Do místních rozvaděčů v jednotlivých objektech vedou kabely ve výkopu.



Obr. 9 Kabelový výkop [39]

Tento způsob uložení kabelů je nejpraktičtější. Nemusíme uvažovat údržbu trasy kabelu, ani atmosférické dopady po celou dobu životnosti. Kabel je uložen ve výkopu do plastové trubky v pískovém loži. Uložení do trubky není nutností, ale lze ho považovat za doplňkovou ochranu před mechanickým poškozením. Na pískové lože je umístěná deska z tvrdého materiálu, aby bylo zamezeno případnému neúmyslnému přeseknutí kabelu, a dále směrem k povrchu terénu se pokládá výstražná fólie, která má varovat před uložením kabelu vespod. Na dně pískového lože je veden zemní pásek FeZn 30x4mm plnící zároveň ochranou i zemnicí funkci.

Hloubky uložení kabelů ve výkopu se liší podle způsobu užití terénu nad ním.

Hloubka uložení v cm		
terén	chodník	vozovka, krajnice
70	35	100

Tab. 19 Hloubka uložení kabelového vedení [39]

Dochází-li podél kabelového výkopu ke křížování, či souběžnému vedení s dalšími sítěmi, platí pro tato vedení následující odstupy:

Druh sítě	Odstup silových kabelů do 1 kV v cm
silové kabely do 1 kV (10 kV)	5 (15)
Sdělovací kabely	nechráněné 30, chráněné 10
Plynovodní potrubí do 0,005 MPa	40
vodovodní sítě a vedení	40
tepelné sítě	30

Tab. 20 Odstupy podzemních sítí [40]

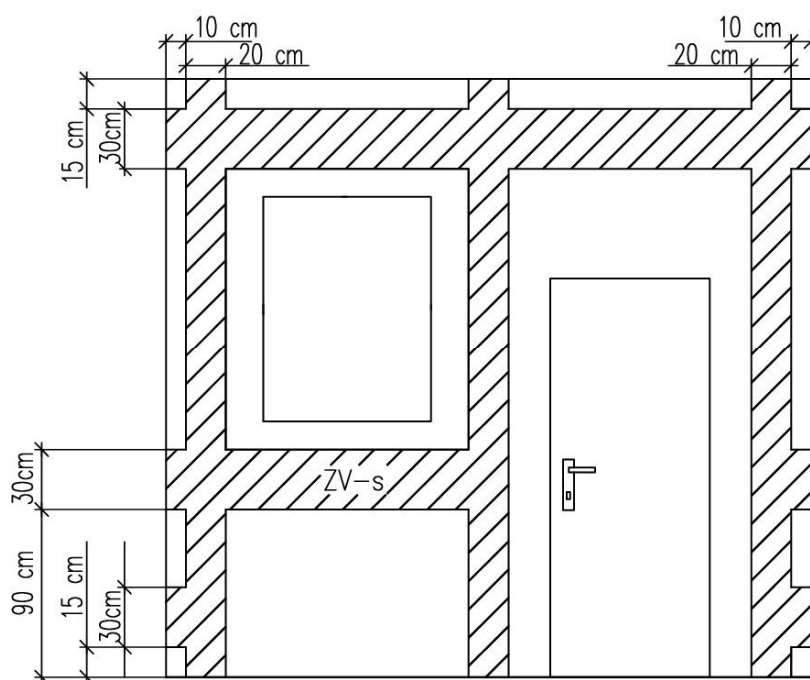
Rozvaděče RSP jednotlivých budov jsou navrženy v celoplastovém provedení třídy II v krytí stanoveném vnějšími vlivy podle kap.5.2.

### 5.6.2. Místní elektrické rozvody jednotlivých objektů

Vnitřní elektrickou instalaci lze vést několika způsoby, přičemž každý kabel musí být chráněn před mechanickým poškozením, chemickým nebo elektrochemickým rozrušováním a před elektrodynamickými a termodynamickými silami. Způsoby vedení kabelů jsou:

- zapuštěně pod omítkou,
- v betonové mazanině podlahy,
- po povrchu v trubkách, lištách či kabelových žlabech.

Vhodná umístění elektrických rozvodů pro zapuštěná vedení jsou daná normou [38] a v oblasti administrativního prostoru jsou patrná z Obr. 10. Střední vodorovná zóna (ZV-s) se užívá v místnostech s pracovní plochou u zdi.



Obr. 10 Instalační zóny [38]

Vedení mimo instalační zóny jsou možná pouze za předpokladu, že je vedení uloženo ve zdi v chráničkách, jejichž krycí vrstva je alespoň 6cm, nebo je-li vedení uloženo v prefabrikovaných stěnových dílcích chránících proti poškození. Pro podlahy a stropy se instalační zóny neurčují, je však pravidlem, že se instalace vede vždy u rohu a odbočuje v pravých úhlech. Ukládání v těchto prostorech vychází z ČSN 37 5245.

Pro vedení v průmyslových halách jsou nejčastěji používány vedení v kabelových žlebech upevněných na stěnách.

Elektrická zařízení musí mít minimální stupeň krytí dle určení vnějších vlivů jednotlivých prostor podle kap.5.2.

#### 5.6.2.1. Dimenzování jističů a kabelů

Principy při dimenzování elektrických rozvodů se řídí podle pravidel v [38] a dle nároků jednotlivých technologií. V jednotlivých prostorech se rozvody obvykle dělí na světelné a zásuvkové. Pro všechna elektrická zařízení s příkonem větším než 2 kW se navrhují samostatně jištěné obvody. Zásuvkové obvody s jmenovitým proudem do 20A, jež mohou být přístupné osobám bez elektrotechnické kvalifikace, musí být vybaveny doplňkovou ochranou tvořenou proudovým chráničem s vybavovacím reziduálním proudem nepřekračujícím 30 mA.

Obvod	Jmenovitý proud jističe s charakteristikou B	Průřez jádra vodiče Cu v mm <sup>2</sup>
Světelný	10	1,5
Zásuvkový	16	2,5
Pro chladničku	10	1,5

Tab. 21 Dimenzování některých rozvodů [38]

Úbytek napětí dle [38] od rozvodnice za jisticím zařízením ke spotřebičům nemá přesáhnout u světelných vývodů 2%, u vývodů pro topidla 3%, a u ostatních vývodů 5%.

#### 5.6.2.2. Značení silových kabelů

Pro značení žil měděných silových kabelů užívaných pro elektroinstalace v běžné zástavbě se vychází ze [41] jež odpovídá harmonizačnímu dokumentu HD 308 S2:2001.

Vodič	L1 - hnědá	L2 - černá	L3 - šedá	N	PE
2O	ano	-		ano	-
3J	ano	-		ano	ano
3O	ano	ano	ano		-
4J	ano	ano	ano	-	ano
4O	ano	ano	ano	ano	-
5J	ano	ano	ano	ano	ano
5O	ano	ano	ano	ano	-

Tab. 22 Značení žil silových kabelů [41]

## 6. Ochrana před atmosférickými vlivy

Úder blesku si lze představit jako proud z ideálního zdroje proudu o vnitřní impedanci 3-5 kΩ. Poteče-li bleskový proud vodivými částmi, vznikne úbytek napětí v závislosti na vrcholové hodnotě bleskového proudu a na impedanci vodivých částí. Tuto souvislost lze zjednodušeně popsat Ohmovým zákonem.

Vstoupí-li blesk v jednom místě do homogenní plochy, vznikne známý gradient potenciálů (potenciálový trychtýř). Tento efekt vznikne také při úderu blesku do homogenní půdy. Pokud se živé organismy nacházejí uvnitř tohoto gradientu potenciálů, mohou být ohroženy krokovým napětím. Čím vyšší je vodivost půdy, tím plošší tento gradient je.

Udeří-li blesk do budovy, která je vybavena hromosvodem, vznikne na rázovém zemním odporu  $R_{St}$  úbytek napětí způsobený průchodem bleskového proudu. Pokud je vyrovnán potenciál všech vodivých částí uvnitř objektu na stejnou hodnotu, nedojde k ohrožení osob nacházejících se uvnitř budovy [20].



Ochranu před atmosferickými vlivy dělíme na vnější, tj. jímací soustava, a vnitřní, což je systém přepětových ochran napojených na živé části elektrických instalací.

V této kapitole jsou použity některé pasáže z mé vlastní práce [47] kap.2.6, 3.5 a 3.9.

## 6.1. Jímací soustava (vnější)

### 6.1.1. Třídy LPS

Při projektování a návrhu hromosvodu je nutné nejdříve zatřídit budovu do jedné třídy LPS – lightning protection level (LPL). Tyto třídy jsou:

- LPL I – nemocnice, banky, elektrárny,
- LPL II – školy, supermarkety, kostely,
- **LPL III – rodinné domy, obytné domy, zemědělské objekty,**
- LPL IV – objekty a haly bez výskytu osob a vnitřního vybavení.

Toto třídění se provádí jednak kvůli rozsahu ztrát, jež mohou vzniknout v jednotlivých třídách LPS, ale hlavně kvůli základním kritériím ochrany před bleskem. Pro každou třídu LPS je potřeba znát maximální a minimální hodnoty parametrů bleskového svodu. Náš objekt je zařazen do třídy LPL III.

Pro návrhy vnějšího LPS (LPL III), jsou to:

- 100 kA pro maximální vrcholovou hodnotu bleskového proudu,
- 97 % pravděpodobnost, že skutečný bleskový proud je menší než max. vrcholová hodnota bleskového proudu,
- 10 kA pro minimální vrcholovou hodnotu bleskového proudu,
- 91 % pravděpodobnost, že skutečný bleskový proud je větší než minimální hodnota bleskového proudu,
- 45 m poloměr „valící se koule“.

### 6.1.2. Metody LPS

Metoda valící se koule je nejuniverzálnější metodou návrhu vnějšího LPS, která je vhodná téměř pro všechny případy (i geometricky komplikované objekty). Poloměr valící se koule simuluje vstřícný výboj ze země, nebo z jímací soustavy vůči vůdčímu výboji (leader), který sestupuje z mraku.

Metoda mřížové soustavy může být použita univerzálně nezávisle na výšce a tvaru objektu. Hodí se zejména pro ochranu plochých střeš.

Metoda ochranného úhlu je odvozena od metody valící se koule, je však limitována výškou. Ochranný úhel je závislý na třídě LPS a na výškové úrovni chráněného objektu.

### **6.1.3. Hromosvodná soustava**

Již při projektování stavby by se mělo posoudit, zda je možno využít kovových konstrukcí objektu jako součástí LPS. Návrh způsobu a rozmístění LPS na stávajících objektech musí zohlednit omezení vyplývající ze stávající situace.

Hromosvod je určen k jímání přímých úderů blesku včetně úderů do boku budovy a svedení bleskového proudu do země. Dále pak k rozvedení bleskového proudu v zemi bez toho, aby vznikly tepelné a mechanické škody nebo nebezpečná jiskření, která mohou vyvolat požár nebo explozi. Hromosvod je ve většině případů uchycen k chráněnému objektu. Oddálený se používá pouze tehdy, když tepelné a výbušné účinky v místě úderu nebo ve vedeních, která vedou bleskový proud, mohou způsobit škody na objektu nebo na jeho vybavení. Náhodné součásti z kovových materiálů, které vždy zůstanou součástí objektu a nezmění se, se smí použít jako část LPS (typicky se jedná o spojené armování, ocelový skelet, apod.). Při výběru vhodné jímací soustavy se podstatně sníží pravděpodobnost, že blesk udeří do chráněného objektu. Jímací soustava může být vytvořena vzájemnou kombinací následujících částí:

- jímací tyče,
- napnutá ocelová lana,
- mřížové soustavy.

Jímací soustava by měla být umístěna na nejvyšších místech střechy (hřebenové vedení), v případě rovných střech po obvodu střechy doplněno mřížovým vedením, případně jímacími tyčemi. Při návrhu jímacích tyčí použijeme univerzální metodu „valící se koule“.

Vzdálenost mezi svody se liší podle ochranné úrovně LPL. U LPL III je vzdálenost mezi svody maximálně 15m. Svody by měly být rozmístěny po obvodu budovy co nejrovnoměrněji a tak, aby bylo vytvořeno přímé pokračování jímací soustavy.

Svody mohou být vedeny po povrchu nebo zapuštěné (trubkami ve fasádě).

### **6.1.4. Uzemnění**

Další součástí LPS jsou zkušební svorky. Jejich umístění by mělo být na každém připojení svodu k uzemňovací soustavě, mimo náhodné svody, které jsou spojeny se základovým zemničem. V případě zapuštěných svodů jsou zkušební svorky skryty v krabici ve fasádě objektu. Zkušební krabice musí být otevřena s pomocí náradí, jinak musí být uzavřena.

Důležitými kritérii uzemnění jsou jeho tvary a rozměry tak, aby došlo k rozdělení bleskového proudu do země a byla zmenšena nebezpečná přepětí. Je doporučeno zemní odpor nižší než  $10 \Omega$ . Rozlišují se dva základní typy zemničů:

- horizontální nebo vertikální zemnič, který je spojen s každým svodem zvlášť
- okružní zemnič vně objektu, který je uložen min. 80 % své délky v zemině

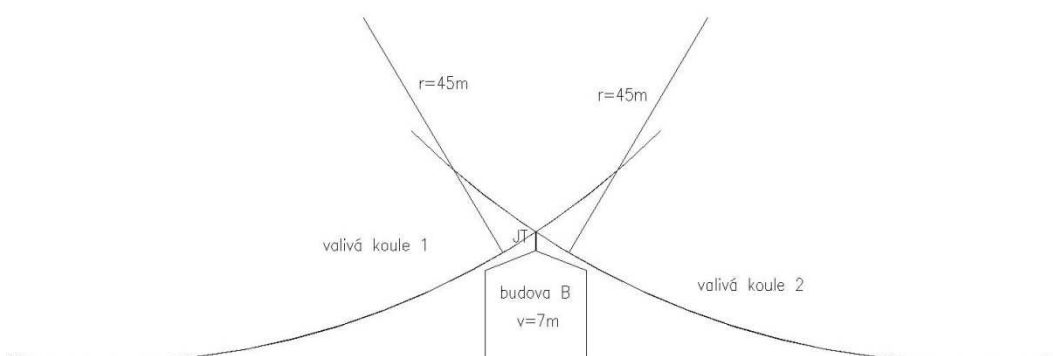
Jímací soustava a svody musí být uchyceny tak pevně, aby nedošlo elektrodynamickými nebo náhodnými silami (teplotní roztažnost, kývání) ke zlomení nebo uvolnění vodičů. Též počet spojů v jednom svodu je nutno omezit na minimum. Spoje jsou spolehlivě provedeny pájením na tvrdo, svařováním, svorkami, šroubováním nebo nýtováním.

Materiál a rozměry pro LPS je nutno vybírat s ohledem na odolnost proti korozi. Používá se buď měď, nebo ocel.

### 6.1.5. Návrh jímací soustavy

V souladu se souborem norem [20] bude objekt opatřen hromosvodnou soustavou. Návrhu předcházela typizovaný výpočet rizik pro budovu B přiložený v příloze č.11. Objekty mají sedlovou či valbovou střechu, střešní krytina z keramických tašek. V případě skladovací a balící haly (budova C), administrativní budovy (budova A) a garáží (budova D) střechu pultovou s malým sklonem. Mlýn (část budovy A) má střechu mansardou. Pro administrativní budovu A nebude jímací vedení projektováno, neboť bude v zákrytu jímacích soustav okolních budov.

Při návrhu se vycházelo z tvaru objektů, jejich výšky a situování a dle dalších kritérií daných v [20]. Je použita metoda valivé koule o poloměru 45 m, viz Obr.11.



Obr.11 Naznačení návrhu jímací tyče na budově B

Pro průmyslové objekty platí následující kritéria:

- účinky blesku - průraz technických instalací, požár a materiální škoda,
- škoda je obvykle omezena na objekty exponované v místě úderu nebo na cestě bleskového proudu,
- porucha elektrického a elektronického zařízení a instalovaných systémů (např. televizorů, počítačů, modemů, telefonů, MaR zařízení atd.).

Typy poškození staveb:

- S1 údery do stavby,
- S2 údery v blízkosti stavby,
- S3 údery v blízkosti inženýrských sítí připojených ke stavbě,
- S4 údery v blízkosti inženýrských sítí připojených ke stavbě.

Typy škod:

- D1 úraz živých bytostí způsobený dotykovým a krokovým napětím,
- D2 hmotnou škodu (požár, výbuch, mechanickou destrukci) způsobenou účinky bleskového proudu včetně jiskření,
- D3 poruchu vnitřních systémů způsobenou LEMP.

Typy ztrát (viz příloha):

- L1 ztráty na lidských životech,
- L3 ztráta nenahraditelného kulturního dědictví,
- L4 ztráty ekonomické hodnoty.

Z výše stanovených kritérií vyplývá zařazení objektu do ochranné hladiny LPL III, s použitím ochrany před bleskem LPS. Pro tuto LPS je navržena jímací soustava (hřebenové vedení) doplněná jímacími tyčemi. Na rovné části střechy je navržena mřížová jímací soustava. Navržený materiál jímací soustavy AlMgSi, drát o průměru 8 mm. Jímací tyč v materiálu AlMgSi průměru 16 mm s uchycením pomocí svorek na hřebenové vedení uchyceného na podpěrách, ve vzájemném odstupu 2 m. Na konci hřebenového vedení - mimo ochranný úhel jímací tyče bude osazen pomocný jímač.

V případě osazení anténního stožáru pro příjem signálů TV/R/SAT/WIFI bude jímací soustava doplněna o oddálený jímač v jehož ochranném poli bude konstrukce anténního stožáru včetně antén - jímací tyč s izolačními výložníky.

K soustavě budou vodivě připojené veškeré kovové prvky umístěné na střeše, okapové trubky apod., po obvodu objektu dle přílohy. Žádný z bodů na střeše není vzdálený od jímacího vedení více než 10 m.

Vzájemným vzdálenostem mezi svody 15 m +/- 15% vyhovuje navrhovaný počet svodů. Materiál svodu AlMgSi 8 mm. Od zkušebních svorek jsou vodiči FeZn 10 mm svody připojeny k zemní soustavě. Napojení k zemniči je opatřeno mechanickou

ochranou - úhelníky FeZn. Zemnicí soustava je tvořena zemnicím drátem FeZn 10 mm připojeným k individuálně osazeným zemnicím deskám uloženým nastojato do výkopu minimální hloubky 0,8m. Každá budova bude navíc spojena páskem FeZn 30x4mm s HOP místního rozvaděče.

Zemnicí dráty budou opatřeny v přechodu zemina - nad úroveň terénu antikorozi ochrannou vrstvou. Obdobně bude proti korozi ochráněno napojení zemnicích desek na svody.

Po dokončení montáží musí být před uvedením hromosvodné soustavy do provozu provedena výchozí revize jímacího vedení hromosvodu a mimořádná periodická revize svodů a uzemnění hromosvodu. Následně je potřebné provádět vizuální kontrolu jímacího vedení, svodů a zkušebních svorek v intervalu dvou let a periodickou revizi hromosvodu (jímací vedení a zemnicí soustava) každé čtyři roky. V případě zásahu bleskem je nezbytně nutná následná vizuální kontrola a revize soustavy po zásahu bleskem.

## 6.2. Přepětová soustava (vnitřní)

Není moc pravděpodobné, že blesk do domu udeří přímo, spíše se stává, že se přes vstupující vedení do domu dostane zavlčený bleskový proud od blesku, který uhodil nedaleko. Proto jsou důležitou součástí ochrany svodiče bleskových proudů, instalované na síť NN.

Úder blesku do jímací soustavy a okolí, či elektrostatické výboje, způsobují přepětové špičky trvající pár milisekund, mohou však způsobit rozsáhlé škody. Ochrana proti přepětí spočívá jednak v pospojování předepsaných neživých částí na hlavní ochranné pospojování budovy, a pospojování živých částí přes svodiče přepětí na ekvipotenciální svorkovnici. Svodiče přepětí mají při normálním pracovním napětí velký vnitřní odpor. Při překročení pracovního napětí však jejich odpor klesne a tím se vytvoří dočasný zkrat mezi částí s přepětím a ekvipotenciální svorkovnicí. Rozeznáváme 3 typy přepětových ochran – svodičů přepětí SPD (surge protection device) [21]:

- Typ 1 – tyto svodiče jsou instalovány k zvládnutí přímého úderu blesku, jsou zkoušeny simulovaným zkušebním bleskovým proudem o tvaru vlny 10/350 $\mu$ s,
- Typ 2 – slouží pro ochranu před přepětím v pevných instalacích (elektrické rozvody), jsou zkoušeny jmenovitým impulsním proudem o tvaru vlny 8/20 $\mu$ s,
- Typ 3 – jsou svodiče pro instalaci v pevné mobilní části rozvodu, tj. v oblasti zásuvkových vývodů a terminálů, zkouší se hybridním generátorem generujícím impulsní napětí naprázdno ve tvaru 1,2/50 $\mu$ s, a proudovým impulsem nakrátko 8/20 $\mu$ s.

### **6.2.1. Přepětová ochrana**

V rozvaděčích jednotlivých objektů budou navrženy kombinované přepětové ochrany stupně B + C (SPD typ 1 + 2) ve trojpólovém provedení. Zásuvkové vývody určené k napájení počítačové techniky budou vybaveny integrovanou přepětovou ochranou SPD 3, nebo přenosným adapterem s integrovanou přepětovou ochranou SPD 3.

## **7. Ekonomické zhodnocení**

Základem ekonomického zhodnocení každého projektu na kogenerační jednotky jsou hodnoty ročních výrobních nákladů a výnosů. Roční výrobní náklady se posléze rozdělují na investiční a roční provozní náklady. [19]

### **7.1. Roční výrobní náklady**

#### **7.1.1. Investiční náklady**

Účelem této položky je plnit amortizační funkci v ekonomickém hodnocení a jejím cílem je reprodukce zastaralého zařízení. Investiční náklady jsou finanční prostředky na výstavbu a provoz kogeneračního zdroje. Především pak zahrnují:

- projekty, technické a stavební dozory,
- cenu instalovaných kogeneračních jednotek a náklady pro uvedení do provozu,
- cenu paliva a jeho zásobovacího a řídicího zařízení,
- připojení na distribuční síť,
- mechanické propojení, vyzkoušení a okamžitý servis,
- úpravy budov,
- vyškolení obsluhy.

Velikost investičních nákladů se odvíjí především od velikosti instalovaného výkonu a místních podmínek, tj. jestli je nutná výstavba nových budov, jestli je nutné řešit novou přípojku k distribuční soustavě, nebo jestli se budovat nová síť zásobování teplem.

#### **7.1.2. Roční provozní náklady**

Náklady na provoz zařízení sestávají především z následujících položek:

- náklady na palivo pro pohonné a technologické zařízení,
- mzdové náklady,
- náklady na údržbu, montáž a údržbový materiál,
- náklady na plánované prohlídky a opravy,
- náklady na technické a provozní kapaliny a plyny,
- režijní náklady.

Nicméně náklady na palivo tvoří největší část ročních provozních nákladů a je proto nutné vypočítat ji co nejpřesněji. Její velikost je závislá na celkové tepelné účinnosti zdroje, kvalitě používaného paliva a jeho ceně.

## **7.2. Výnosy**

Za smyslem používání kogeneračních jednotek se nachází především úspora při nakupování elektrické a tepelné energie od externích dodavatelů. Dnes už v menší míře používaná je i možná úspora za prodej elektrické energie. Ta se však už příliš nevyplácí, zvláště pak, nebude-li elektrická energie dodávaná do sítě konstantní. Výnosy lze rozdělit na výnosy za elektrickou a tepelnou energii.

### **7.2.1. Výnosy za elektrickou energii**

Vyrobenu elektrickou energii lze použít na:

- částečné pokrytí vlastní spotřeby, zbylá potřebná energie se nakupuje z veřejné rozvodné sítě,
- úplné pokrytí vlastní spotřeby a prodej přebytků do veřejné sítě,
- pouhý prodej do veřejné rozvodné sítě,
- ostrovní provoz bez připojení k veřejné rozvodné síti.

Poslední dva body jsou však extrémem, který se příliš nepoužívá. Pokud bychom veškerou elektrickou energii dodávali (nebyla by žádná vlastní spotřeba), bylo by zařízení ekonomicky neefektivní. Podobně i ostrovní provoz není ve větší míře příliš používán, neboť vlastní zařízení kogenerační jednotky potřebuje určitou, ne malou, hodnotu elektrické energie pro technologickou vlastní spotřebu, tudíž by bylo nutné při startu tuto energii dodat z externího zdroje.

U elektřiny využívané pro vlastní spotřebu je výnosem úspora finančních prostředků vyplývající z rozdílu měrných cen elektřiny nakupované a elektřiny vyrobené kogenerační jednotkou. Připojení zdroje k veřejné síti má pak podstatný vliv na velikost úspory. Platba za odebranou energii se liší podle hladiny napětí, na kterou je zařízení připojeno. Při platbě za energii z nízkonapěťové sítě se platí jen za energii skutečně odebranou, zatímco při odběru z vysokého napětí je platba složená z části za odebranou elektřinu rozdělenou do tarifních pásem (špičkový, vysoký a nízký) a části za rezervovaný výkon.

Při dodávce elektrické energie do veřejné rozvodné sítě je výnosem tržba za vyrobenou elektřinu, přičemž platí že měrná cena elektřiny smluvně dodávané je vždy vyšší než měrná cena nepravidelných přebytků. Nejvyšší měrnou cenu má elektřina dodávaná při energetických špičkách. V současné době je minimální výkupní cena elektrické energie stanovena vyhláškou ERU. Dále pak jsou definovány dvě formy podpory pro OZE podle [2] v ročním nebo hodinovém režimu:

- podporu formou výkupní ceny,
- podpora formou zeleného bonusu.

Podpory není možné kombinovat, více viz kap. 4.5.

### 7.2.2. Výnosy za tepelnou energii

Podobně jako u elektrické energie jsou i u té tepelné výnosy dány úsporou za nákup od externího dodavatele a další technologické možnosti využití kogenerační jednotky (například využití spalín).

## 7.3. Kritéria hodnocení ekonomické efektivity

Tato kritéria jsou veličiny, pomocí kterých se posuzuje ekonomická efektivnost daného investičního záměru v průběhu jeho životnosti. Základem je stanovení veškerých relevantních toků hotovosti po celou dobu životnosti. Je zde nutné zahrnout veškeré investiční a provozní náklady. Při výpočtech všech veličin je nutno uvažovat cenu peněz. Toho je možné docílit tím, že se pomocí diskontování se zvolenou diskontní sazbou všechny finanční částky přepočítají k jednomu datu, což bývá nejčastěji datum zahájení provozu.

Diskontní sazba představuje průměrnou míru výnosu kapitálu v daném odvětví podnikání. U různých firem a projektů může být různá. Občas se proto používá diskontní sazba centrální banky.

V ekonomické praxi se nejčastěji používají následující kritéria.

### 7.3.1. Kritérium čisté současné hodnoty (NPV)

Toto kritérium je součet diskontovaného toku hotovosti (cash flow) jež bude vytvořen provozovaným zařízením za dobu sledování. Hledá se varianta s nejvyšší hodnotou souhrnného diskontovaného cash flow. Rovnice pro výpočet NPV (7.1) pochází z [42]

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \times (1 + r)^{-t} - IN \quad (7.1)$$

kde:

$CF_t$	je hotovostní tok v t-tém roce	[Kč]
$IN$	investiční výdaje	[Kč]
$r$	diskont	[-]
$T_z$	ekonomická doba životnosti	[poč. let]

Toto kritérium respektuje veškeré ekonomické aspekty a časovou hodnotu peněz a nejlépe vyjadřuje ekonomickou efektivnost investice. Platí že:



- NPV > 0 - investice přináší za dobu hodnocení větší výnos než je hodnota diskontu,
- NPV = 0 - investice dosáhne míry výnosu vloženého vlastního kapitálu právě v očekávané výši diskontu,
- NPV < 0 - investice může být zisková, ale její míra výnosu bude menší než zadaný diskont.

### 7.3.2. Kritérium vnitřního výnosového procenta (IRR)

Kritérium, při němž se hledá vnitřní úroková míra při níž je souhrnný diskontovaný cash flow roven nule právě po skončení životnosti zařízení. Tato míra je pak porovnávána s diskontní sazbou centrální banky. Výhodná je taková varianta řešení, při níž je úroková míra vyšší než diskontní sazba. Vzorec pro výpočet IRR (7.2) je převzat z [42].

$$\sum_{t=1}^{T_z} CF_t \times (1 + IRR)^{-t} - IN = 0 \quad (7.2)$$

kde:

$CF_t$	je hotovostní tok v t-tém roce	[Kč]
IN	investiční výdaje	[Kč]
$T_z$	ekonomická doba životnosti	[poč. let]

### 7.3.3. Kritérium doby návratnosti investic (PBP)

Zde se rozlišuje prostá doba návratnosti, kde není uvažováno s cenou peněz, a doba návratnosti uvažující cenu peněz. Prostá doba návratnosti má význam jen pro prvotní orientaci. Výpočet pro dobu návratnosti uvažující cenu peněz je níže (7.3) [42].

$$\sum_{t=1}^{T_{SD}} CF_t \times (1 + r)^{-t} - IN = 0 \quad (7.2)$$

kde:

$CF_t$	je hotovostní tok v t-tém roce	[Kč]
IN	investiční výdaje	[Kč]
r	diskont	[-]
$T_{SD}$	diskontovaná doba návratnosti	[poč. let]

## 7.4. Zhodnocení výsledků

### 7.4.1. Topné období

Vyrobená elektrická energie kogenerační jednotkou v topném období podle (1.2):

$$E_{SV} = 16 \times 240 \times 0,05 = 192 \text{ MWh [MWh;hodin;dnů;MWh]} \quad (7.41)$$

Množství užitečného tepla z kogenerační jednotky v topném období podle (1.2):

$$Q_{u\dot{z}} = 16 \times 240 \times 0,081 = 311,04 \text{ MWh} [\text{MWh};\text{hodin};\text{dn}\ddot{u};\text{MWh}] \quad (7.42)$$

Po převodu na GJ:

$$Q_{u\dot{z}} = 311,04 \times 3,6 = 1\,119,74 \text{ GJ} [\text{GJ};\text{MWh};\text{GJ}.\text{MWh}^{-1}] \quad (7.43)$$

Spotřeba plynu kogenerační jednotkou v topném období:

$$V = 16 \times 240 \times 15,3 = 58\,752 \text{ m}^3 [\text{m}^3;\text{hodin};\text{dn}\ddot{u};\text{m}^3.\text{hod}^{-1}] \quad (7.44)$$

Využití paliva kogenerační jednotkou v topném období (podle výrobce):

$$Q_{\text{pal } u\dot{z}} = 16 \times 240 \times 0,145 = 556,8 \text{ MWh} [\text{MWh};\text{hodin};\text{dn}\ddot{u};\text{MWh}] \quad (7.45)$$

Z rovnic 7.41, 7.42 s 7.45 dostáváme účinnost kogenerační jednotky v topném období podle (1.2):

$$\eta = (192 + 311,04) / 556,8 = 0,903 [-;\text{MWh};\text{MWh};\text{MWh}^{-1}] \quad (7.46)$$

Za výše uvedených předpokladů výroby kogenerační jednotky bude celková dosažená účinnost v topném období 90,3 %, což je více než stanovené minimum podle [18]. Při použití parního vyvíječe, jež bude využívat spaliny z kogenerační jednotky, bude předpokládaná účinnost ještě vyšší (bude ale závislá na průměrné teplotě a době běhu).

#### 7.4.2. Mimo topné období

Vyrobená elektrická energie kogenerační jednotkou mimo topné období podle (1.2):

$$E_{\text{SV}} = 16 \times 105 \times 0,025 = 42 \text{ MWh} [\text{MWh};\text{hodin};\text{dn}\ddot{u};\text{MWh}] \quad (7.47)$$

Množství užitečného tepla z kogenerační jednotky mimo topné období podle (1.2):

$$Q_{u\dot{z}} = 16 \times 105 \times 0,046 = 77,28 \text{ MWh} [\text{MWh};\text{hodin};\text{dn}\ddot{u};\text{MWh}] \quad (7.48)$$

Po převodu na GJ:

$$Q_{u\dot{z}} = 77,28 \times 3,6 = 278,2 \text{ GJ} [\text{GJ};\text{MWh};\text{GJ}.\text{MWh}^{-1}] \quad (7.49)$$

Spotřeba plynu kogenerační jednotkou mimo topné období:

$$V = 16 \times 105 \times 9,7 = 16\,296 \text{ m}^3 [\text{m}^3;\text{hodin};\text{dn}\ddot{u};\text{m}^3.\text{hod}^{-1}] \quad (7.50)$$

Využití paliva kogenerační jednotkou mimo topné období (podle výrobce):

$$Q_{\text{pal } u\dot{z}} = 16 \times 105 \times 0,086 = 144,48 \text{ MWh} [\text{MWh};\text{hodin};\text{dn}\ddot{u};\text{MWh}] \quad (7.51)$$

Z rovnic 7.47, 7.48 s 7.51 dostáváme účinnost kogenerační jednotky mimo topné období podle (1.2):

$$\eta = (42 + 77,28) / 144,48 = 0,825 [-; \text{MWh}; \text{MWh}; \text{MWh}^{-1}] \quad (7.52)$$

Za výše uvedených předpokladů výroby kogenerační jednotky bude celková dosažená účinnost mimo topné období 82,5 %, což je více než stanovené minimum podle [18]. Při použití parního vyvíječe, jež bude využívat spaliny z kogenerační jednotky, bude předpokládaná účinnost ještě vyšší (bude ale závislá na průměrné teplotě a době běhu).

## 7.5. Souhrn

Předpokládané množství užitečného tepla z parního vyvíječe:

$$Q_{už} = 16 \times 345 \times 0,013 = 71,76 \text{ MWh} [\text{MWh}; \text{hodin}; \text{dnů}; \text{MWh}] \quad (7.55)$$

Po převodu na GJ:

$$Q_{už} = 71,76 \times 3,6 = 258,3 \text{ GJ} [\text{GJ}; \text{MWh}; \text{GJ.MWh}^{-1}] \quad (7.56)$$

Výroba elektrické energie	234 MWh	
Výroba tepelné energie	460,08 MWh	1656,24 GJ
Celková spotřeba plynu	75 048 m <sup>3</sup>	
Doba běhu	5 520 h	

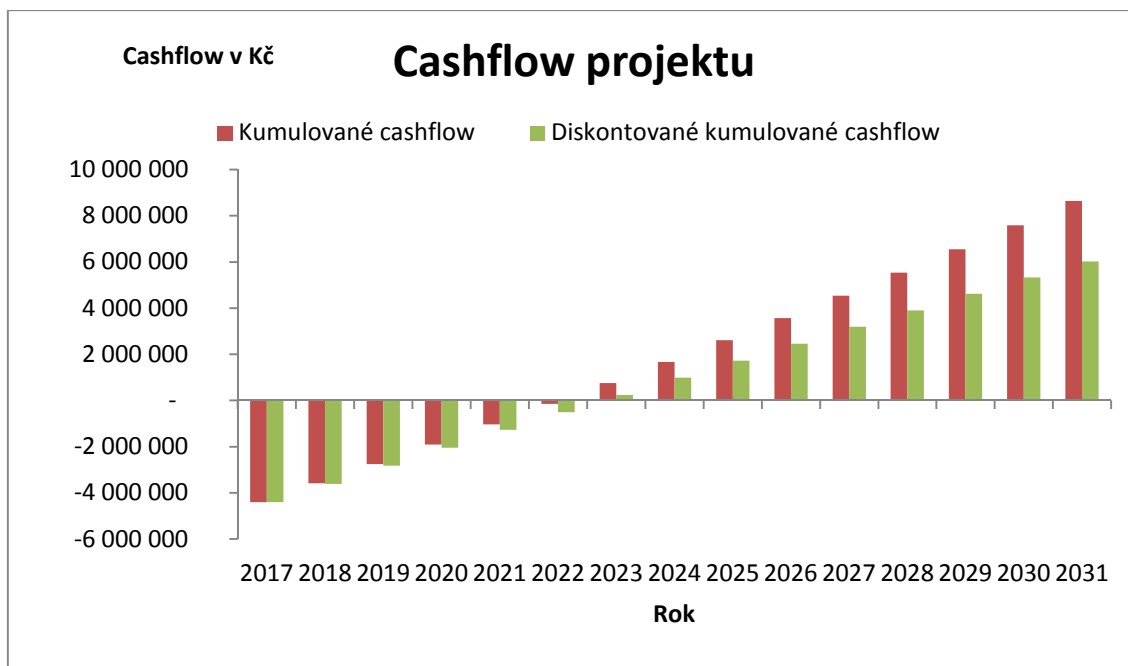
Tab. 23 Roční hodnoty celé technologie

Investice	Množství	Cena za jednotku	Cena celkem
Vitobloc 200 Typ EM-50/81	1 ks	2 100 000 Kč	2 100 000 Kč
Vitomax 200 Waste heat boiler	1 ks	1 200 000 Kč	1 200 000 Kč
Stavební úpravy	1 ks	700 000 Kč	700 000 Kč
Elektrická instalace	1 ks	400 000 Kč	400 000 Kč
<b>Náklady</b>			
Servisní náklady	5520 h	180 Kč	993 600 Kč
Celková spotřeba plynu	75 048 m <sup>3</sup>	7,15 Kč	536 593 Kč
<b>Úspory</b>			
CZT - rezervovaný výkon	77 kW	1172 Kč	90 244 Kč
CZT - odebrané množství	1656 GJ	301 Kč	498 456 Kč
Elektrická energie	234 MWh	4263 Kč	997 542 Kč
Zelený bonus	234 MWh	1505 Kč	352 170 Kč
Přebytky elektrické energie	60 MWh	6800 Kč	408 000 Kč

Tab. 24 Ekonomický rozpis

Souhrn	Cena bez DPH
Investice	4 400 000 Kč
Roční náklady	1 530 193 Kč
Roční úspory	2 346 412 Kč

Tab. 25 Celkový ekonomický souhrn



Graf 1 Kumulovaný a diskontovaný kumulovaný cash flow technologického návrhu

Výše uvedený graf znázorňuje toky hotovosti bez uvažování diskontu a s uvažováním diskontu a inflací 2 %. Hodnota diskontu je stanovena na 3 %, což je horší než diskont uvedený Centrální bankou (0,05 %). Vzhledem k tomu, že se diskont neustále mění, je namíste počítat s horší variantou.

Investice na stavební úpravy a elektrické práce byli provedeny odhadem. Náklady na mzdy zaměstnanců nejsou v celkových nákladech uvažovány, neboť je počítáno, že pokud bylo sušení dřevní štěpky ziskové i se starou technologií, bude ziskové i nyní.

## 8. Technické zhodnocení návrhu

Navržená kogenerační jednotka je připojena na hladině NN. Výkup elektrické energie pro ČEZ Distribuci se realizujeme za fixní, případně hodinové ceny, dle preference výrobce, přičemž zdroje s flexibilitou ve výrobě elektřiny, jako např. kogenerační jednotky, obdrží cenový bonus (alespoň podle oficiálních stránek distributora).

Při návrhu zdroje o větším výkonu, který by byl připojen na hladinu VN, by byla cena za výkup elektřiny vyšší, ale je nutno při tomto řešení také počítat s vyššími připojovacími náklady a věcnými břemeny, jež by plynuly ze způsobu připojení. Z toho plyne, že pokud je možné zdroj napojit na hladinu NN a spotřebuju-li většinu energie ve vlastní spotřebě, je toto řešení celkově výhodnější.

Dimenzování kabelů a volba jističů je navrženo s rezervou, která nám zaručí při případném navýšení počtu odběrných zařízení zachování původního kabelu a hlavního

jističe. Rovněž zdvojený kabel mezi HDS a trafostanicí má plnit především záložní funkci při případném přerušení vedení (například při výkopových pracích), odstup kabelů je min. 5 cm, což dává jistou pravděpodobnost, že alespoň jeden kabel zůstane nepoškozen. Vycházím hlavně z toho, že cena za 1 m výkopu je mnohonásobně větší než cena za 1 m navrhovaného kabelu. Kabelová trasa od RE k RH už zdvojená není, neboť se nepředpokládají výkopové práce uvnitř areálu.

Při navrhování umělého osvětlení v jednotlivých prostorech je nutné dodržovat postupy a hodnoty uvedené v [44]. Hodnocení umělého osvětlení pro účely hygieny se tak provádí veličinou zvanou udržovaná osvětlenost  $\bar{E}_m$  [lx], což je průměrná hodnota osvětlenosti, pod kterou nesmí osvětlenost poklesnout v okamžiku provedení naplánované údržby (obvykle očištění zdroje, obnova vnitřních povrchů místnosti, výměna zdroje). Udržovaná osvětlenost se hodnotí v úrovni srovnávací roviny, tzn. roviny, na které obvykle probíhá pracovní úkol. V tab. 16 jsou uvedeny některé běžné hodnoty osvětlenosti.

<b>Prostor</b>	<b>Udržovaná osvětlenost <math>\bar{E}_m</math> [lx]</b>
Kancelář	300
Schodiště	100
Prodejna	300
Kuchyně	500
Expedice a balírna	300
Hala	100
Garáže	100

Tab. 26 Hodnoty udržované osvětlenosti pro vybrané prostory [44]

## Závěr

Hlavním záměrem této diplomové práce bylo navrhnout kogenerační jednotku v objektu na sušení dřevní štěpky a zjistit její ekonomickou rentabilitu za dobu životnosti. Byly provedeny výpočty pro zjištění potřebného výkonu kogeneračního zdroje a byla navržena kogenerační jednotka Vitobloc 200 Typ EM-50/81 od firmy Viessmann. Většina tepla z této kogenerační jednotky bude vyvedena do akumulární nádoby a posléze do topné soustavy a na teplou užitkovou vodu.

Proces sušení dřevní štěpky ovšem není možné provádět pouze kogenerační jednotkou, protože vyžaduje vysoké teploty, což s přihlédnutím k malé spotřebě vlastní elektrické energie v objektu nabádá k použití dalšího, čistě tepelného zdroje. Při použití parního vyvíječe Vitomax 200 Waste heat boiler, který bude přímo napojen na kogenerační jednotku namísto spalinového výměníku, budeme využívat odpadní spaliny z kogenerační jednotky a tím ještě více zefektivňovat výrobu.

Po ekonomické stránce vypadá návrh následovně:

Počáteční investice	4 400 000 Kč
Cash flow po 15-ti letech	5 845 237 Kč

Tab. 27 Ekonomická bilance

V ekonomické bilanci je počítáno s diskontní sazbou 3 % a roční inflací 2 %, což činí z předpokládané hotovosti reálné číslo. Dokonce i pro hodnotu diskontu 18,19 % by investice dosáhla míry výnosu vloženého vlastního kapitálu.

Kogenerační zdroje jsou v současné době jediným nástrojem pro výrobu vysokoúčinné KVET a instalacemi v průmyslových objektech se stávají účinným prostředkem ke snižování závislosti na dodávkách z centrálních zdrojů energie. Rovněž mají také dobrý vliv na životní prostředí.

Jako další bod v diplomové práci byl proveden návrh vnitřní elektroinstalace. Zde je hlavní nadimenzování jednotlivých kabelových tras pro rozvaděče místních objektů na základě předpokládané technologické vybavenosti daných prostor. O potřebě elektrického příkonu informuje investor, ale je vždy nutné počítat s rezervou pro případné doplňování.

Také v souladu se souborem norem [20] má být objekt opatřen hromosvodnou soustavou, tzn. ochranou před atmosférickými vlivy. Vzhledem k tomu, že došlo k propojení vnější ochrany s živou částí elektrické instalace, je nutné doplnit i vnitřní ochrany ve formě přepětových ochran jak v rozvaděčích, tak i v koncových prvcích (počítačové zásuvky). Pokud by nebyla provedena vnitřní ochrana a elektrická instalace by byla spojena na vnější ochranu, mohlo by dojít k přepětovým špičkám, které by mohly vážně poškodit elektrickou instalaci, aniž by do objektu uhořel blesk.

## Literatura

- [1] Dlouhý Tomáš, Kotelny a kogenerační jednotky. ČVUT Praha FSI
- [2] Zákon o podporovaných zdrojích energie (165/2012 Sb.)
- [3] Vyhláška č.453/2012 Sb. o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů.
- [4] <http://oenergetice.cz/urady-institute/energeticky-regulacni-urad/>
- [5] Vyhláška č.347/2012 Sb. která stanoví technicko-ekonomické parametry obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a dobu životnosti výroben elektřiny z podporovaných zdrojů
- [6] Vyhláška č.140/2009 Sb. o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen
- [7] Registrační vyhláška č.9/2016 Sb.
- [8] Vyhláška č.478/2012 Sb. o vykazování a evidenci elektřiny a tepla z podporovaných zdrojů a biometanu, množství a kvality skutečně nabytých a využitých zdrojů a k provedení některých dalších ustanovení zákona o podporovaných zdrojích energie
- [9] Zákon o hospodaření energií (406/2000 Sb.)
- [10] Nařízení vlády č.63/2002 Sb. o pravidlech pro poskytování dotací ze státního rozpočtu na podporu hospodárného nakládání s energií a využívání jejich obnovitelných a druhotných zdrojů
- [11] Směrnice EP a Rady 2012/27/EU o energetické účinnosti (EED – Energy Efficiency Directive)
- [12] Směrnice EP a Rady 2010/31/ES o energetické náročnosti budov
- [13] Směrnice EP a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů
- [14] Energetický zákon (458/2000 Sb.)
- [15] Směrnice EP a Rady 2004/8/ES o podpoře KVET založené na poptávce po užitečném teple na vnitřním trhu s energií a o změně směrnice 92/42/EHS
- [16] Dvorský, Hejtmánková, Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie, Praha
- [17] Vyhláška č. 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě
- [18] Vyhláška č. 37/2016 Sb. o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů
- [19] Jaroslav Krbek, Bohumil Polesný, Kogenerační jednotky zřizování a provoz
- [20] ČSN EN 62 305. *Ochrana před bleskem*. 2013. Ed.2. Praha: ÚNMZ
- [21] KUTÁČ, Jiří. 2006. *Nový připravovaný soubor evropských norem v teorii i praxi: EN/IEC 62305 Ochrana před bleskem*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 117 s. ISBN 80-866-3480-9
- [22] ČSN 33 2000-5-51. *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy*. 2010. Ed.3. Praha: ÚNMZ.

- [23] ČSN 33 2000-4-41. *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. 2007. Ed.2. Praha: ČNI.
- [24] ČSN 61 140. *Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení*. 2003. Ed.2. Praha: ČNI.
- [25] ČSN 33 2000-5-54. *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění a ochranné vodiče*. 2012. Ed.3. Praha: ÚNMZ.
- [26] DVOŘÁČEK, Karel. 1995. *Elektrické rozvody a vnější vlivy*. Díl 1. Praha: STRO.M, 80 s.
- [27] <http://www.cyberma.cz/susicky-drevni-stepky/>
- [28] <http://www.ceska-peleta.cz/zpravy-z-tisku/energeticka-narocnost-vyroby-pelet-z-biomasy/>
- [29] <http://www.elektricke-topeni.cz/5,0,Navrh-topneho-vykonu,-potreba-a-spotreba-tepla,-PENB.html>
- [30] <http://www.vytapeni.cz/kalkulacky/>
- [31] ČSN EN 15316-3-1. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy - Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody)*. 2010. Praha: ÚNMZ.
- [32] ČSN 38 3350. *Zásobování teplem, všeobecné zásady*. 1989. Praha: ÚNMZ.
- [33] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 2005. Praha: ÚNMZ.
- [34] Návrh cenového rozhodnutí pro podporované zdroje energie. Energetický regulační věstník ERÚ [online]. 2017. Praha: ERÚ.
- [35] Úplné znění zákona č. 22/1997 Sb., *O technických požadavcích na výrobky*. 2014. In: *Sbírka zákonů k 1.4.2014*. Praha. Dostupné také z: <http://www.unmz.cz/urad/pracovni-uplne-zneni-zakona-c-22-1997-sb-o-technicky-pozadavcich-na-vyroby>
- [36] ČSN 33 2000-7-701. *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7-701: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Prostory s vanou nebo sprchou*. 2007. Ed.2. Praha: ČNI.
- [37] ČSN EN 60529. *Stupně ochrany krytem (krytí - IP kód)*. 1993. Praha: ČNI.
- [38] ČSN 33 2130. *Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody*. 2014. Ed.3. Praha: ÚNMZ.
- [39] ČSN 33 2000-5-52. *Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení - Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení - Kapitola 52: Výběr soustav a stavba vedení*. 1998. Praha: ČNI.
- [40] ČSN 73 6005. *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*. 1994. Praha: ČNI.
- [41] ČSN 33 0166. *Označování žil kabelů a ohebných šňůr*. 2002. Ed.2. Praha: ČNI.



- [42] *Ekonomika v elektrotechnice. ČVUT Praha FEL Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd.* 2016. Praha: ČVUT FEL.
- [43] <http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds/ppds-2017.html>
- [44] *ČSN EN 12464-1. Světlo a osvětlení – Osvětlenost pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory.* 2012. Praha: ÚNMZ.
- [45] <http://oenergetice.cz/energeticka-legislativa-cr/ceska-energeticka-legislativa-kombinovana-vyroba-elektřiny-a-tepla/>
- [46] <http://oenergetice.cz/energeticka-legislativa-eu/evropska-energeticka-legislativa-kombinovana-vyroba-elektřiny-tepla/>
- [47] Znamenáček, Jakub. 2015. *Návrh elektroinstalace v bytové zástavbě.* Praha
- [48] <http://www.viessmann.cz/>
- [49] <http://www.termsenergy.cz/produkty/kogenerace>

# Seznamy

## Seznam příloh

1. Situace - přípojka na ČEZ Distribuci
2. Schéma zapojení nepřímého 4-kv. elektroměru podle ČEZ Distribuce
3. Schéma rozvaděče administrativní, budova A - R-A
4. Schéma rozvaděče skladu štěpky, budova B - R-B
5. Schéma rozvaděče skladovací a balící haly, budova C - R-C
6. Schéma rozvaděče sušárny štěpky, budova D - R-D1
7. Schéma rozvaděče garáží, budova D - R-D2
8. Jímací vedení a uzemňovací soustava budovy C
9. Jímací vedení a uzemňovací soustava budovy D
10. Jímací vedení a uzemňovací soustava budovy A a B
11. Výpočet rizika podle ČSN EN 62305-2
12. Vitobloc 200 EM-50/81
13. Vitomax 200 Waste heat boiler

## Seznam tabulek

1. Spotřeba elektrické energie
2. Energetická náročnost domů
3. Specifické potřeby teplé vody o teplotě 60°C v různých budovách
4. Souhrn spotřeb
5. Parametry kogenerační jednotky
6. Parametry parního vyvíječe
7. Stupně ochrany před dotykem nebezpečných částí a před vniknutím cizích těles
8. Stupně ochrany proti vniknutí vody
9. Souhrn zařízení pro dimenzování v budově A
10. Dimenzování pro budovu A
11. Souhrn zařízení pro dimenzování v budově B
12. Dimenzování pro budovu B
13. Souhrn zařízení pro dimenzování v budově C
14. Dimenzování pro budovu C
15. Souhrn zařízení pro dimenzování v budově D
16. Dimenzování pro budovu D
17. Souhrn zařízení pro dimenzování v budově D - garáže
18. Dimenzování pro budovu D - garáže
19. Hloubka uložení kabelového vedení
20. Odstupy podzemních sítí
21. Dimenzování některých rozvodů
22. Značení žil silových kabelů

23. Roční hodnoty celé technologie
24. Ekonomický rozpis
25. Celkový ekonomický souhrn
26. Hodnoty udržované osvětlenosti pro vybrané prostory
27. Ekonomická bilance

## **Seznam obrázků**

1. Srovnání oddělené výroby a KVET
2. Toky energií ve spalovacím motoru
3. Situace průmyslového areálu
4. Blokové schéma technologie objektu na sušení dřevní štěpky
5. Technologické schéma zapojení Vitobloc 200 Typ EM-50/81 od firmy Viessmann
6. Principiální schéma zapojení Vitomax 200 Waste heat boiler od firmy Viessmann
7. Schéma napojení KG jednotky na distribuční soustavu, vč. vlastní spotřeby
8. Základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu z KVET do  $5MW_e$
9. Kabelový výkop
10. Instalační zóny
11. Naznačení návrhu jímací tyče na budově B

## **Seznam grafů**

1. Kumulovaný a diskontovaný kumulovaný cash flow technologického návrhu