

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

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**VYTÁPĚNÍ VÍCEÚČELOVÉHO  
OBJEKTU BIOMASOU**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. ELIŠKA GRÁFOVÁ**

**Vedoucí diplomové práce :**

**Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.**

**2017/2018**





## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: <u>Gráfová</u>	Jméno: <u>Eliška</u>	Osobní číslo: <u>412695</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra technických zařízení budov, K-125</u>		
Studijní program: <u>magisterské studium</u>		
Studijní obor: <u>Budovy a prostředí</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Vytápění víceúčelového objektu</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Heating multipurpose object</u>	
Pokyny pro vypracování: Teoretická část: Využití biomasy pro vytápění objektu. Energetické a ekonomické vyhodnocení biomasy na zadaný objekt.  Praktická část: Projektová dokumentace vytápění v zadaném rozsahu: kompletní výkresová část, dimenzování soustavy a zaregulování, technická zpráva.  Seznam doporučené literatury: impaktované vědecké časopisy např. THERMAL SCIENCE; ALTERNATIVNÍ ENERGIE; ZDROJE TEPLA A DOMOVNÍ KOTELNY - Otilia Lučkovičová a kolektiv 2004 ISBN 80-8076-002-0	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>19.2.2018</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>21.5.2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

<u>15.1.2018</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
---	--

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Eliška Gráfová

Název diplomové práce: Vytápění víceúčelového objektu

Základní část: Technické zařízení budov podíl: 100 %

Formulace úkolů: Využití různých druhů biomasy a její způsoby využití.

Ekonomické a ekologické vyhodnocení biomasy a její porovnání s dalšími zdroji energie na zadaný objekt. Dále projektová dokumentace vytápění objektu v zadaném rozsahu : kompletní výkresová část, dimenzování soustavy a zaregulování, technická zpráva.

Podpis vedoucího DP: ..... Datum: .....

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů: .....

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

3. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů: .....

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

4. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů: .....

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

---

## Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené odborné literatury a podkladů.

V ....., dne .....

.....

Bc. Eliška Gráfová

### **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce Ing. Stanislavu Frolíkovi, Ph.D. za věnovaný čas a cenné rady při konzultacích diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala rodině a přátelům za trpělivost a podporu.

Bc. Eliška Gráfová

## **ANOTACE**

Diplomová práce pojednává o vytápění biomasou na víceúčelovém objektu. Dále byla na tento objekt zpracována ekonomická vyhodnocení ohledně výběru druhu biomasy a její porovnání s dalšími zdroji energie. Projekt se zabývá návrhem teplovodní otopné soustavy pro zvolený objekt. Jedná se o projektovou dokumentaci vytápění v rozsahu kompletní výkresové dokumentace, dimenzování soustavy, zaregulování a technická zpráva.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vytápění, otopná soustava, zdroj tepla, projektová dokumentace, biomasa

## **ANNOTATION**

The diploma thesis deals with biomass heating on a multipurpose building. In addition, economic assessments were made on this object regarding the choice of biomass and its comparison with other sources of energy. The project deals with the design of a hot-water heating system for the object to be exploded. It is a document documentation of heating in the range of drawing documentation, system dimensioning, regulation and technical report.

## **KEYWORDS**

Heating, heating system, heat source, project documentation, biomass

## Obsah

CO JE TO BIOMASA.....	9
Druhy biomasy .....	10
DENDROMASA – lesní biomasa .....	10
FYTOMASA –biomasa z rostlin (zemědělská biomasa).....	16
Výhody a nevýhody energetického využívání biomasy .....	23
výhody využívání biomasy:.....	23
Nevýhody využívání biomasy: .....	23
Úprava biomasy a její způsoby využití .....	23
Mechanické procesy:.....	23
Termické procesy: .....	23
Biologické a chemické procesy:.....	23
Spalování a druhy kotlů .....	24
Požadavky na kotelnu.....	29
Spalování odpadu .....	29
Využití biologicky rozložitelného odpadu.....	32
Energetické využití tepla ukrytého v kompostu .....	34
Zajímavosti ze světa a u nás .....	37
Bakoko – projekt Comploo – Japonsko 2010.....	37
Světově první geotermálně biomasová hybridní elektrárna - srpen 2015 Itálie .....	38
UNICONFORT kotelná spalování až 150 % vlhké pevné biomasy .....	38
VYUŽITÍ VYPÁTĚNÍ BIOMASOU V REFERENČNÍM OBJEKTU .....	40
SEZNÁMENÍ SE S PROJEKTEM.....	40
VÝBĚR PALIVA.....	40
Výběr kotle a biomasy .....	42
Ekonomické vyhodnocení.....	42
Ekologické vyhodnocení .....	48
ZÁVĚR.....	49
POUŽITÁ LITERATURA.....	50
NORMY A VYHLÁŠKY .....	53
KNIHY .....	53
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....	53
SEZNAM TABULEK.....	55
SEZNAM GRAFŮ .....	55

SEZNAM PŘÍLOH .....	55
TABULKY .....	55
PROSPEKTY .....	56



## CO JE TO BIOMASA

Obecně je pod pojmem biomasa míněna veškerá hmota organického původu, která má širokou škálu vlastností. Zahrnuje rostlinnou biomasu pěstovanou v půdě a ve vodě, živočišnou biomasu, produkci organického původu a organické odpady. energii v biomase můžeme uvažovat tak, že má svůj původ ve fotosyntéze a slunečním záření, a proto se jedná o obnovitelný zdroj energie. Jedná se o nejstarší využívaný zdroj energie.

Do poloviny 18. století bylo dřevo prakticky jediným využívaným palivem pro získání tepelné energie. Teprve až v počátcích 19. století s nástupem průmyslové revoluce byla z velké části nahrazena fosilními palivy. Ke konci 20. století se snahou snížit vliv lidstva na změnu klimatu a dopadu na životní prostředí nabývá tento energetický zdroj znovu na významu a patří tak mezi významné zdroje i v technicky vyspělejších zemích. Do biomasy, jakožto i do jiných obnovitelných zdrojů energie, jsou vkládány velké naděje do budoucna.

Využívání biomasy představuje významný zdroj energie jak na národní, tak zejména na regionální úrovni. Přínos využívání biomasy můžeme spatřit především v rozvoji lokální ekonomiky, v pozitivním vlivu na zemědělství, význam pro lokální energetickou nezávislost a také především zejména z environmentálního hlediska. Díky novým technologiím se můžeme s využitím biomasy setkat stále častěji. Umožňují přeměnu odpadní, zbytkové či záměrně pěstované hmoty na energii v podobě tepla, elektřiny nebo pro pohon motoru. Biomasa se tak stává důležitým předmětem pro lesníky, zemědělce, ale také pro obce, regiony, majitele nemovitostí a všechny spotřebitele energie.

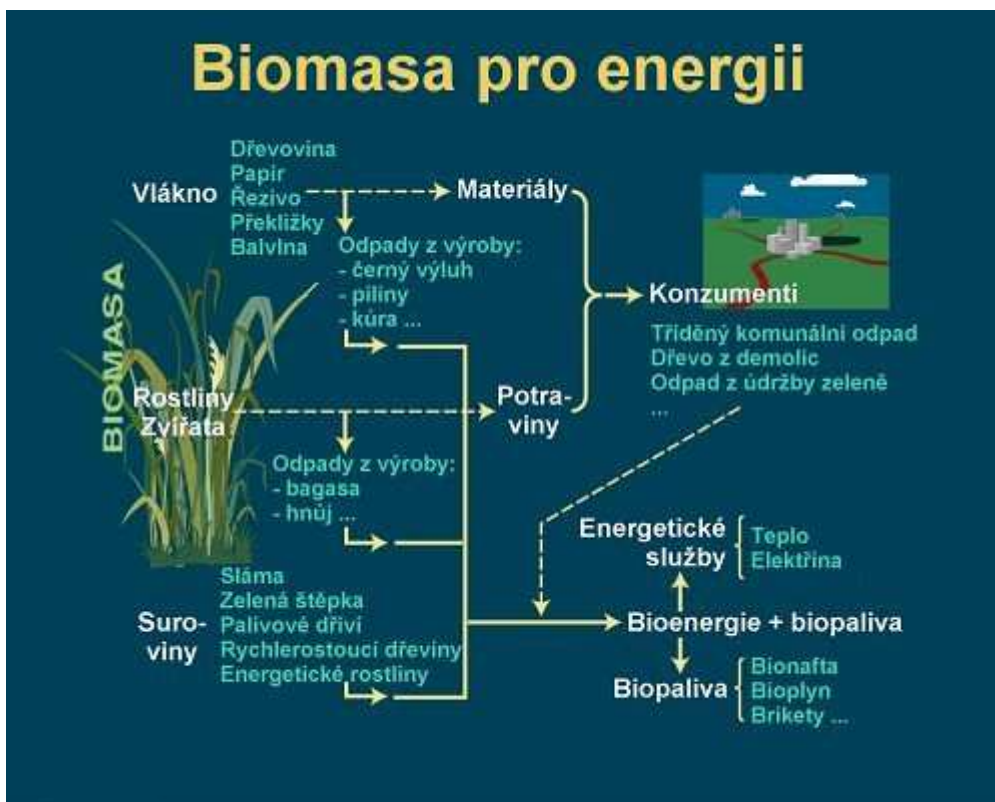
V současnosti energie vyrobená z biomasy představuje v České republice zhruba jen 2% z celkového množství vyrobené energie, avšak v jiných zemích, jako například Švédsko a Finsko, je tomu tak kolem 18%, v Rakousku a Irsku asi tak 13%. Dnes u nás člověk používá asi jen 5% nově vzniklé biomasy, z toho 2% k výrobě potravin a krmiv, 1% pro dřevařský průmysl a 2% pro výrobu energie.

Z hlediska energetického je pro nás důležitá pouze biomasa, která je energeticky využitelná. Teoreticky se dá energie získat ze všech možných forem biomasy, jelikož základem veškeré živé hmoty je uhlík a jeho chemické vazby obsahující energii. Za energeticky potenciální biomasu jsou však většinou považovány rostliny. Rostliny jsou schopny využívat slunečního záření k fotosyntéze, při které je využito jednoduchých anorganických látek, jako je oxid uhličitý a voda, ke tvorbě energeticky bohatých sloučenin cukrů. Tudíž jak bylo už řečeno v rostlinách je akumulovaná energie slunečního záření.

Biomasa se uvažuje za neutrální palivo z pohledu ochrany životního prostředí, CO<sub>2</sub> (skleníkový plyn) se sice při spalování uvolňuje, přibližně stejné množství CO<sub>2</sub> je fotosyntézou při růstu biomasy z atmosféry spotřebováno.

Využívání biomasy má své výhody, například dostupnost technologií pro spalování, využití odpadu, vyrovnaná bilance oxidu uhličitého, energie je stále dostupná, možnosti úpravy paliva a možnost využití v domácnosti. Také ale i své nevýhody jako jsou například náklady na některé typy úprav, účinnost při výrobě elektřiny, náklady na dopravu pokud není zdroj v blízkosti odběru, nutnost skladovacích prostor, výroba biomasy není bez emisí a v některých případech je nutná úprava paliva.

[1;2;3;4;10]



Obrázek 1 - Využití biomasy. Autor: Antonín Slejška [2]

## Druhy biomasy

Biomasu lze rozdělit do několika kategorií, které se však mohou částečně překrývat.

Shrnutím je můžeme rozdělit na fytomasu (rostliny), dendromasa (dřeviny), cíleně pěstovaná energetická biomasa (zejména byliny a rychle rostoucí dřeviny), biopaliva (pevná, kapalná a plynná), odpadní biomasa a biologicky rozložitelný odpad.

## DENDROMASA – lesní biomasa

Do této kategorie je zahrnuto palivové dřevo, zbytky z dřevozpracujícího průmyslu, probírek a prořezávek a lesní těžařské zbytky. Při využívání tohoto druhu biomasy je nutno přihlídnout k nákladům na těžbu a transport produktu, jelikož některé lesní ekosystémy mohou být značně nedostupné. Také je důležité dodržet princip šetrné těžby, aby nedošlo k rozsáhlejší destrukci nižších pater lesního ekosystému. Je důležité těžbu provádět postupně a promyšleně pro udržení potravních vztahů, dbát na to, aby část odumřelých stromů a větví v lese zůstala, pro její ochrannou i vyživující funkci. [3;4;5]

### Palivové dřevo

Jedná se o nejstarší obnovitelný zdroj používaný člověkem k získání energie. Palivové dřevo je poměrně snadno dostupné, dobře skladovatelné, lehce a rychle využitelné. Dřevo rozdělujeme podle tvrdosti na měkká a tvrdá, kde tvrdost uvádíme v MPa ( $0,1\text{MPa} = 1\text{kg/cm}^2$ ).

Mezi měkká dřeva řadíme především jehličnaté stromy, rychleji hoří a při hoření z nich odlétávají jiskry (praskají). Patří sem smrk, borovice, modřín, jedle, topol a lípa.

Naopak mezi tvrdé dřevo většinou řadíme listnaté stromy, hoří pomaleji se stabilní intenzitou a vytvářejí žhavé uhlíky o vysokém žáru. Patří sem buk, dub, habr, tis, akát, jasan, ořech a jiné.

Pro dobré spalování dřeva je důležité jeho řádné vyschnutí, mělo by se spalovat při 25% vlhkosti a méně. To znamená, že je důležité jeho skladování na suchém a větraném místě, kde vysychá minimálně 2 roky po jeho pokácení (jedná se o syrovou formu). Při spalování nedostatečně vysušeného dřeva se snižuje výhřevnost a zvyšuje se produkce emisí, které také zanášejí kouřovody a komíny.

Důležitou vlastností palivového dřeva je jeho výhřevnost (množství uvolněné tepelné energie při hoření), která se udává v MJ/kg popřípadě MJ/pm, kde také obecně platí, že je energeticky vydatnější dřevo tvrdé.

Dřevo se prodává v několika různých měrných jednotkách jako například

- Plnometr dřeva (1pm = 1m<sup>3</sup>) - krychle o straně 1m plně vyskládaná dřevem
- Prostorový metr dřeva rovnaný (1PRMr) - krychle o straně 1m srovnaných polen dřeva s minimálními skulinami mezi poleny cca 0,7m<sup>3</sup>
- Prostorový metr dřeva sypaný (1PRMs) – krychle o straně 1m poházených kusů dřeva s poměrně velkými škvírami cca 0,4m<sup>3</sup>

Podle měrných jednotek, úprav polen a míry výhřevnosti dřeva se určuje i jeho cena. I když každým rokem cela dřeva narůstá, tak stále je při volbě optimálního topeniště topení dřevem v porovnání s jiným palivem například plynem či elektřinou stále nejlevnější.



Obrázek 2 - polenové dřevo [5]

### **Zbytková lesní biomasa**

Lesní zbytky z probírek: Probírky se provádějí na velmi hustých, mladých lesních porostech a cílem je zvýšení kvality dřeva ponechaných stromů. Provádět se může ručně, nebo za pomoci různých technických zařízení například štípací hlavice.

Lesní zbytky z mýtní těžby, tzv. lesní klest: Jedná se především o zbytky ponechané po těžbě, jako jsou například větve, stromové vršky, manipulační odřezky, kůra atd. Efektivní využití je pomocí techniky svazkování.

Pařezy a kořeny: Tyto produkty nejsou příliš využívány z důvodu vysokých nákladů při těžbě, manipulaci a přepravě, avšak tvoří více než pětinu suché biomasy stromu a jsou energeticky velmi vydatné.

Kromě skandinávských zemí a Kanady jsou lesní těžební zbytky málo využívány, díky ovlivňujícím faktorům jako je například ochrana přírody, ochrana ovzduší, nedostupnost terénu, ekonomické a sociální faktory regionu. Těžba u nás se vztahuje hlavně na lesy hospodářské, avšak při dodržení všech bezpečnostních předpisů a zachování hlavní funkce lesa lze k těžbě využít i lesy zvláštního významu i lesy ochranné.



Obrázek 3 - po těžbě [37]

#### **Cíleně pěstované rychle rostoucí dřeviny**

Jedná se například o topol, vrbu, akát, lísku, platan, břizu, osiku a olši. Jejich předností je snadný výsev a krátké vegetační období. Rychle rostoucí dřeviny lze využít na místech, která jsou pro zemědělské půdy přebytečná (například zaplavovací půda, chráněné oblasti atd.), díky jejím rychlejším hmotovým přírůstkům oproti ostatním dřevinám.



Obrázek 4 - cíleně pěstované rychle rostoucí dřeviny [36]

## Štěpka

Jedná se malé kousky rozdrčeného dřeva o velikosti cca 1-10cm. K výrobě tohoto produktu je používají štěpkovače, kde obsluha je poměrně jednoduchá. Výhodou je snadná a rychlá příprava, avšak nevýhodou je nutnost řádného skladování. Jedná se především o lesní štěpku.



Obrázek 5 - štěpka [5]

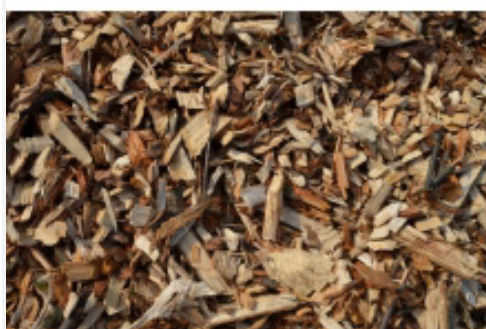
### Druhy štěpky:

- **Zelená štěpka :** Jedná se například o čerstvý klest u lesní těžby s jehličím a listím. Obsahuje velké množství vody a spaluje se ve větších topeništích (například elektrárnách). Pro domácí topeniště je po řádném vyschnutí vhodná na podpal. [3;4;5]



Obrázek 6 - zelená štěpka [35]

- **Hnědá štěpka:** Zbytky z lesních těžeb například starý klest s větším podílem kůry bez jehličí a listí díky tomu má menší obsah vlhkosti a také díky tomu i větší výhřevnost. Je proto vhodná například do automatických kotlů. Frakce se nejčastěji pohybuje mezi 2,5 – 5 cm.



Obrázek 7 - Obr 7. Hnědá štěpka [35]

- **Bílá štěpka** neboli pilařská štěpka: Odpad na pilách a v dřevozpracujícím průmyslu, je vhodná pro výrobu deskových materiálů, papíru a méně často se drtí a lisuje do pelet či briket. Obsahuje větší podíl vody, až 60%, tudíž vyžaduje sušení a proto má oproti ostatním vyšší pořizovací cenu. Frakce se nejčastěji pohybuje mezi 2,5 až 5 cm.



Obrázek 8 - Obr. 8 bílá štěpka [35]

### **Piliny a hobliny**

Jedná se o podobný odpad, jako je bílá štěpka, pochází většinou z pil a truhlářských dílen, kde na rozdíl od štěpky mají nižší obsah vlhkosti. Používají se na spalování ve speciálních kotlích, nebo k výrobě briket či pelet.



Obrázek 9 - hobliny [4]



Obrázek 10 - piliny [4]

### **Brikety**

Dřevěný odpad (dřevěné částice) slisované do válečků, nebo do různých tvarů, třeba kvádrů či kostky nebo mnohostěnnů o průměru přibližně 40-100 mm a délce do 300 mm. Tvar je pro samotný proces spalování nepodstatný. Díky minimálnímu podílu vody mají velmi dobrou výhřevnost a díky tomu mohou v domácnostech nahradit palivové dřevo. Nevýhodou je však poměrně vysoká cena. Dále je také možné se setkat s tzv. agrobriketami, které jsou bylinného původu, tedy vznikají slisováním bylin například slámy z řepky, výlisky z olejnin nebo stébelniny. [3;4;5]



Obrázek 11 - dřevěné brikety [5]

#### Výroba briket (dva nejběžnější způsoby)

- Pomocí hydraulického briketovacího lisu, tlakem razníku směrem proti komoře plněné lisovaným materiálem. Jedná se tedy o zhutnění tlakem, pouze mechanicky a využívá se zejména při lisování dřevěné hmoty o vlhkosti do 12%.
- Za pomoci šnekového briketovacího lisu, tlakem šneku skrze předehřívanou komoru, ve které dochází ke spojování částic, díky uvolňování přirozených pojiv z lisovaného materiálu. K finální tvrdosti dochází až po tlaku šnekem a následném ochlazení. Tento postup je využívám především u bylinných briket například ze slámy, sena a jiných stébelnatin.

Druhy briket lze tedy rozdělit hned na několik druhů a to podle materiálu, ze kterého je. Například dřevěné, uhelnaté, slaměné, z energetických rostlin, papírové jako je například drcený karton, textilní neboli z odpadu atd.

#### **Pelety**

Jedná se o slisované kostky rostlinné biomasy do vysoce hořlavých granul. Tento druh biomasy lze také podle charakteru materiálu rozlišit na dřevěné (piliny, hobliny) a agropelety (otruby, obilná sláma, řepková sláma, rašelina, slupky slunečnicových semen a jiné rostlinné zbytky). Velikostně se pohybují okolo průměru cca 6-12 mm a délkou do 50 mm. Používají se do automatických kotlů a díky tomu je s nimi snadná manipulace a jsou vydatným zdrojem tepla. Jejich obsah vlhkosti je do 10%.

Vyrábí se v pletárnách lisováním vstupního materiálu na tvarovacích lisech. Materiál je pod vysokým tlakem vtlačován skrz malé kulaté otvory ocelové matrice, přičemž se zahřívá na teplotu okolo 100°C. Také jako u výroby briket je pod tímto tlakem uvolňována celulóza, která se pak stává lepkavá a tudíž pojivem. [3;4;5]



Obrázek 12 - dřevěné pelety [4]

## **FYTOMASA –biomasa z rostlin (zemědělská biomasa)**

Do této kategorie je zahrnuta biomasa tvořena z rostlinné hmoty například zbytky ze zemědělského průmyslu, obiloviny, olejiny, trvalé travní porosty a údržba krajiny. Množství neboli hmotnost fytomasy se stanovuje v suchém stavu tudíž bez vody. Může se v tomto případě jednat i o cíleně pěstované plodiny, kde se tyto rostliny pěstují pro jejich energetické využití. Dále se pak podle vegetačního cyklu dělí na jednoleté, víceleté a vytrvalé.

Také sem spadají vedlejší zemědělské produkty, jako je například sláma olejnin a obilovin, seno z luk a pastvin atd. Jedná se o cíleně pěstované energetické byliny, které se po sklizni a jejich následné úpravě (drcení, sušení, termické reakce...), používají například k výrobě briket a pelet. [5]

### **Slámové balíky**

Tento druh biomasy se spaluje ve speciálních kotlích (například v elektrárnách), pro domácí kotelny nejsou vhodné. Nevýhodou je jejich velký objem a vysoký obsah popelovin po hoření.



Obrázek 13 - slámové balíky [5]

### **Slámové brikety**

Jedná se o stejné brikety jako u dendromasy, ale vstupním materiálem je sláma. Výhodou těchto briket je velká výhřevnost, která se pohybuje okolo 16 MJ/kg, kde dřevěné brikety mají cca 17 – 18 MJ/kg. Další výhodou je relativně nízká cena, neboť se jedná o likvidaci odpadu. [5]



Obrázek 14 - slámové brikety [5]

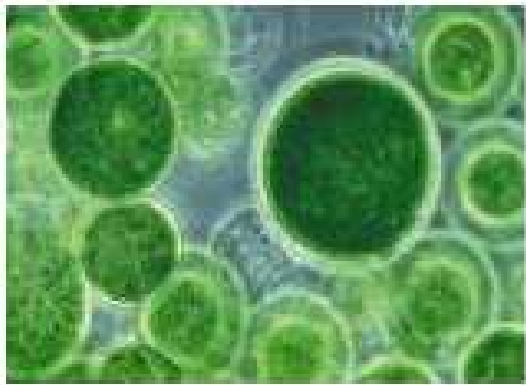
### **Řasa**

Další biomasou k energetickému využití je řasa, kterou bych ráda zahrnula pod fytomasu.

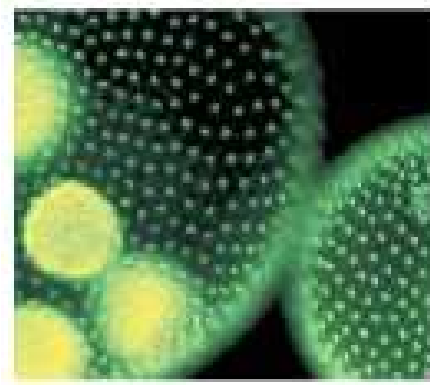
Řasy jsou velkou a nesourodou skupinou jednoduchých vodních organismů, které využívají slunečního záření. Žijí jak v mořích, tak i ve sladkých vodách i na vlhkých místech souše a tak



v symbióze s houbami tvoří lišejníky. Pro výrobu biopaliv jsou však nevhodnější zelené řasy, které obsahují chlorofyl, dá se z nich vyrobit například i bionafta díky velkému množství tuku (hmotnost 60%) které obsahují. Výhody jsou například vysoká produktivita, velká úspora vody, možnosti řízení procesu, znovuvyužití odpadního CO<sub>2</sub> a konstantní výnosy. Další výhodou těchto řas je, že rostou rychleji než polní rostliny a nesklízí se sezónně, ale průběžně, tím je zabezpečeno jejich plynulé využití. Pěstování nevyžaduje náročné metody, efektivní je jejich pěstování v bioreaktorech, které mohou být umístěny na jinak nevyužitelné půdě. Jediný problém je skutečnost, že druhy, které se množí rychle, jsou méně energeticky vydatné a naopak. Řasy se zatím v dnešní době využívají k produkci bionafty, bioetanolu a metanu. Dále se snažíme o využití i k průmyslové výrobě vodíku a v potravinářství. [5]



Obrázek 15 - mořská řasa [5]



Obrázek 16 - sladkovodní řasa [5]

### **Odpadní biomasa**

Do této kategorie biomasy se řadí několik druhů odpadu. Jedná se o odpady z rostlinné a živočišné výroby, těžba, zpracování dřeva a lesní odpad, biologicky rozložitelný komunální odpad, biologicky rozložitelný průmyslový odpad a splašky z kanalizace. [4;5]

### **Odpad z rostlinné výroby**

Jedná se o zbytky ze zemědělské prvovýroby, údržby krajiny, odpady se sadů a vinic, řepková sláma, kukuřičná sláma a veškeré další odpady a zbytky z likvidace křovin. Více rozebráno v kategorii fytomasy. [4]



Obrázek 17 - kukuřičné pelety [4]



Obrázek 18 - mláto [4]



Obrázek 19 - obilí [4]



Obrázek 20 - pecky z višně [4]



Obrázek 21 -rašelinové pelety [4]



Obrázek 22 - vyloupané klasy kukuřice [4]



Obrázek 23 - rašelinové pelety 2 [4]



Obrázek 24 - sláma [4]



Obrázek 25 - slámové pelety [4]



Obrázek 26 - sloní tráva (miscantus) [4]



Obrázek 27 - slunečnicové pelety [4]



Obrázek 28 - kakaové šlupky [4]



Obrázek 29 - graf vývoje ceny paliv na rakouském trhu na posledních 12 let [4]

### **Odpad z živočišné výroby**

Jedná se o zbytky krmiv a také o exkrementy z chovu hospodářských zvířat, hnůj, močůvka, kejda atd. Nevýhoda těchto produktů je větší obsah vlhkosti a díky tomu i menší výhřevnost. [2;3]

### **Odpad z těžby, zpracování dřeva a lesní odpad**

Do této kategorie spadá odpad dřevního materiálu, kůra, pařezy, větve, kořeny, odřezky, piliny, hobliny atd. Dále rozebráno v kategorii denromasy. [2;3]

### **Biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO)**

Jedná se především o zbytky potravin, papírové obaly, textilní materiál, odpad z parků a zahrad, tuhé odpady z domácností, odpady ze škol, úřadů, institucí, obchodů atd. Je to jakýkoliv odpad, který je schopen anaerobního nebo aerobního rozkladu, kde po proběhnutí biologického rozkladu se tento odpad mění ve stabilizovaný odpad (není již biologicky rozložitelný a tudíž je ekologicky nezávadný). Tyto odpady lze dobře využít například ke kompostování nebo k výrobě bioplynu. Výhodou biologického rozkladu je snížení množství skladovacího či spalovaného odpadu, produkce kvalitních hnojiv, zabránění nestability odpadu na skládce a snížení produkce skleníkových plynů (jedná se především o metan). [2;3]

### **Biologicky rozložitelný průmyslový odpad (BRPO)**

V této kategorii je odpad například z jatek, z výroby cukru, mouky papíru, mlékáren, lihovarů, konzerváren, z vinařských provozů, odpady ze stravovacích provozů, celkové odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce. [2;3]

### **Splašky z kanalizace**

Odpad vznikající v sídelních útvarech, jedná se o energeticky vysoce využitelnou složkou, čistírenské kaly. Jestli je kal bezpečný, závisí na typu použití, kde je zřejmé, že není potřeba kompletně sterilizovat kal. Cílem je zabít patogeny, které by mohly způsobit zdravotní problémy v dané aplikaci, definice připouští, že kal je považován za hygienizovaný, jestliže je kompletně zničena salmonela. Možnosti úpravy kalu jsou například pasterizace, aerobní termofilní stabilizace nebo kompostování. Využití kalu je pak také spalování ve speciálních spalovnách. [20;3]



Obrázek 30 - čistička odpadních vod [20]

Velké čistírny: zpracovávají odpadní vody od 50 000 a více obyvatel, využívají proto anaerobní stabilizaci kalu (přeměňuje organické látky na bioplyn). Bioplyn pak lze použít hned několika způsoby, například v rozvodech pro zemní plyn, k pohonu vozidel, ke kogenerační výrobě elektrické energie a tepla nebo v palivových člancích k přímé výrobě elektrické energie. Anaerobně stabilizovaný kal pak lze využít v zemědělství buď přímo jako hnojivo nebo po přepracování kompostováním. Může být ale také úspěšně spalován jako přídatné palivo v teplárně, resp. elektrárně nebo po vysušení v cementárně.

Čistírny střední velikosti: zpracovávají odpadní vody od 5 000 – 50 000 obyvatel, díky tomu je možné použít technologii založenou na aerobní termofilní stabilizaci kalu (podle teplot při průběhu stabilizace rozdělujeme na klasické mezofilní a termofilní). Jedná se o provzdušňování a míchání kalové nádrže, kde vlivem exotermní reakce dosahuje kal více než 55°C, poté po dobu minimálně 23 hodin je pak zabezpečena nejen stabilizace, ale i dostatečná hygienizace kalu. Z pohledu investičního je tato metoda považována za nejefektivnější, neboť dochází nejen ke stabilizaci, ale také i k hygienizaci a potřebné zdržení je jen 7-9 dní, kde u jiných metod je tomu 20-35 dní. Díky tomu není také zapotřebí velkých objemů nádrží (snížení přibližně o 70%).

Malé čistírny odpadních vod: zpracovávají odpadní vody pro 1 000- 5 000 obyvatel, což už je na zvážení, zda se tato investice vyplatí, tudíž velmi záleží na lokalitě, zda je k dispozici trvalý přísun odpadu.[6;20]



Obrázek 31 - Kontinuální systém na zpracování kejdy. Foto: EkoWATT [6]

## Výhody a nevýhody energetického využívání biomasy

V úvahu musíme brát aspekty jak ekonomické, tak i ekologické a bezpečnostní

### **výhody využívání biomasy:**

- Jedná se o obnovitelný zdroj energie bez škodlivých emisí a těžkých kovů
- Při jeho spalování dochází k neurální bilanci CO<sub>2</sub>, jelikož množství uvolněné při spalování je stejné množství jako to množství CO<sub>2</sub> navázala rostlina po dobu svého růstu. Vrací se tedy do ovzduší přibližně stejné množství plynu.
- Výsadbou dřevin chráníme půdu proti erozi, neboli kořenový systém zpevňuje půdu.
- Zachování biodiverzity, neboli v daném ekosystému plní rostliny funkci jak potravní, tak i ochrannou
- Například pro rychle rostoucí rostliny či bioplynové stanice mají poměrně malé nároky na lokalitu
- Díky výsadbě se zadržuje voda v dané lokalitě (v dané krajině)
- Dále také zefektivněn odpadního hospodářství dané lokality
- Ekonomický rozvoj regionu, z toho také nové pracovní příležitosti pro jeho obyvatele

### **Nevýhody využívání biomasy:**

- U polních plodin je problém se sezónním využitím
- Pokud nedochází se zpracovávání v místě zdroje, jsou pak vyšší náklady díky transportu
- Například při špatném technickém stavu bioplynové stanice může vznikat v okolí zápach
- Při některých technologiích může být nebezpečí úniku škodlivin a kontaminace[2;3;4]

## Úprava biomasy a její způsoby využití

Způsobů využití biomasy je hned několik. Nejmodernější jsou kombinované procesy, které jsou však v experimentální fázi. Využití biomasy je pak bráno primárně k neenergetickým účelům, kde je snaha získat čistou celulózu. Ta je pro proces spalování významná díky své nízké emisivitě a nízkému obsahu dusíku. Nejvyšší účinnosti biomasa dosahuje pro produkci tepla, kde je účinnost více než 90%, pro kombinaci tepla a elektřiny (pro kogeneraci) je účinnost přibližně 50 – 90% a pro výrobu čisté elektřiny se účinnost pohybuje cca pod úroveň 50%.

**Mechanické procesy:** mezi mechanické úpravy patří například drcení, které se používá jako předstupeň při výrobě briket či pelet, dále štěpkování, řezání, kde odpadem jsou piliny, které slouží k výrobě například dřevěných pelet nebo briket. Dále také lisování pelet a briket a také lisování oleje (následně přeměna na bionaftu). Tyto úpravy usnadňují především přepravu biomasy a její následné využití. Je však nutné podotknout, že přeprava biomasy je na delší vzdálenosti ekonomicky neefektivní.

**Termické procesy:** patří sem například spalování, které je v současnosti nejrozšířenější způsob využití biomasy. Dále zplynování, u kterého dochází k výrobě plynu, ten je pak použit například pro pohon motoru vozidel, nebo k výrobě elektřiny a tepla. Rychlá pyrolýza, kde produktem je kapalina podobná ropě, která je pak následně i podobně zpracována. Jedná se o proces termického rozkladu látek bez přístupu kyslíku. Dále pak karbonizace, jedná se o výrobu dřevěného uhlí.

**Biologické a chemické procesy:** zde najdeme proces jako je alkoholové kvašení, u kterého dochází v mokřím prostředí a následnou destilací hmoty obsahující cukr a čkrob k výrobě etanolu, ale

i izobutanolu pro další použití, které se dají využít například pro přimíchávání do benzínu, ale také se uvažuje i o palivových člancích. Dále anaerobní proces, při kterém dochází při zpracování odpadních vod a zvířecích exkrementů za nepřístupu kyslíku a teploty 35-45°C k výrobě bioplynu a následnou možnou úpravou na biometan, kde využití biometanu je stejné jako u zemního plynu. A jako další možnost je kompostování, které využívá přímého tepla produkovaného mikroorganismy. Další proces je esterifikaci, neboli výroba metylesteru (bionafty) z vylisovaného oleje z olejnatých rostlin. [2;3;4]

## Spalování a druhy kotlů

Spalování patří mezi nejstarší metodu pro získání tepla z biomasy. Z hlediska životního prostředí jak už bylo zmíněno je spalování biomasy považováno jako neutrální palivo, díky neutralizaci CO<sub>2</sub> (viz výše). Prakticky zanedbatelný je tam obsah síry, obsah dusíku je 0,1 až 0,5%, kde tvorbu NO<sub>x</sub> (oxid dusíku) lze ovlivnit řízením spalovacího procesu. Pro čisté spalování biomasy většinou není potřeba speciálních úprav paliva. Dle druhu spalování je i přijatelná vyšší vlhkost. [11;13;14;15]

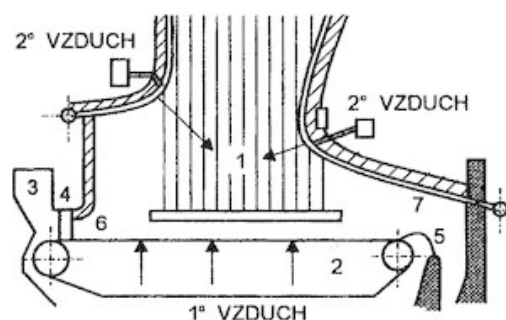
### Kotle na tuhá paliva:

#### Roštové kotle:

Spalování kusových paliv v pevné vrstvě. Využití jak v průmyslu, tak i v domácnostech. V dnešní době se téměř nestaví, je jich však velké množství v provozu a nové se staví převážně pro spalování biomasy a dále pro spalování komunálního a průmyslového odpadu.

Palivo na roštu prochází těmito fázemi:

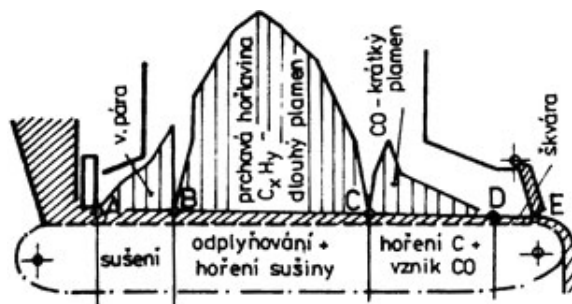
- Sušení – palivo se ohřeje přibližně na 120°C a díky tomu se z něj vypuzuje povrchová a hygroskopická voda
- Odplyňování – při intenzivním ohřátím nad 250°C uvolní palivo prchavé hořlaviny
- Hoření prchavé hořlaviny a zápal tuhé vrstvy
- Dohořívání a chladnutí zbytků



Obrázek 32 - Základní částí roštového ohniště [15]

Aby všechny fáze dokonale proběhly, musí je část tepla uvolněného spalováním neboli teplo vzněcovací vrátit do reakce a umožnit tak zapálení dalšího paliva. Maximální teplota v ohništi u roštových kotlů pro uhlí je cca 1350 – 1450°C podle druhu uhlí, pro biomasu pak 1000-1300°C.





Obrázek 33 - Fáze spalování paliva na roštu [15]

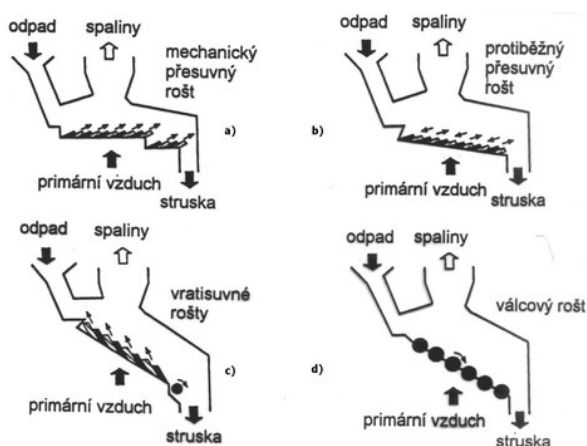
Druhy roštů:

- Rošty pásové a řetězové – rošty s trvalým přemísťováním paliva
- Pevné rošty – rošty s nehybnou vrstvou paliva
- Rošty stupňové a přesuvné – rošty s občasným přemísťováním paliva

Rošty pásové a řetězové: jsou tvořeny nekonečným pásem, jehož horní plocha, na kterém leží palivo tvoří rošt. Řetězový rošt je tvořen Gallovým řetězem (roštnicemi). Pásový rošt má roštnice upevněny na příčných tyčích a unášeny dvěma postraními řetězy. Namáhání těchto pásů je v obou případech pouze v horní části, kde spodní část je chlazená.

Pevné rošty: jedná se o nejstarší typ roštů, kde ale v současné době je využíván jen u malých kotlů na lokální vytápění. Rošty jsou složeny z bezproudových roštnic se spodním přívodem vzduchu, kde palivo je vkládáno přímo na žhavou vrstvu, tudíž všechny fáze probíhají téměř současně.

Rošty stupňované a přesuvné: rošty jsou tvořeny roštnicemi, kterými lze pohybovat různými mechanismy, patří sem rošty s výkyvnými roštnicemi, vratisuvné rošty, šikmé rošty s přímým posunem paliva a rošty s válcovými roštnicemi. Díky občasnému pohybu je rozbita spečená vrstva paliva, promíchání paliva a odvod popele z ohniště.



Obrázek 34 - Typy posuvných roštů [15] : a) vodorovný posuvný rošt, b) šikmý rošt s přímým posunem, c) šikmý rošt vratisuvný, d) rošt s válcovými roštnicemi

### Fluidní kotle

Ke spalování dochází v tzv. fluidní vrstvě a jsou vyvinuty pro spalování paliva širokého rozsahu. Fluidní vrstva se při spalování v teplotách kolem 825°C chová jako vroucí kapalina a díky tomu dochází k hoření paliva v celém objemu bez plamene. Spalované palivo ve fluidní vrstvě plave při

čemž odhořelé části opouští vrstvu spolu se spalinami (dokonalý styk paliva s kyslíkem). Jedná se o spalování s nejvyšší účinností a nejnižšími emisemi. [15;16]

Výhody spalování fluidními kotli:

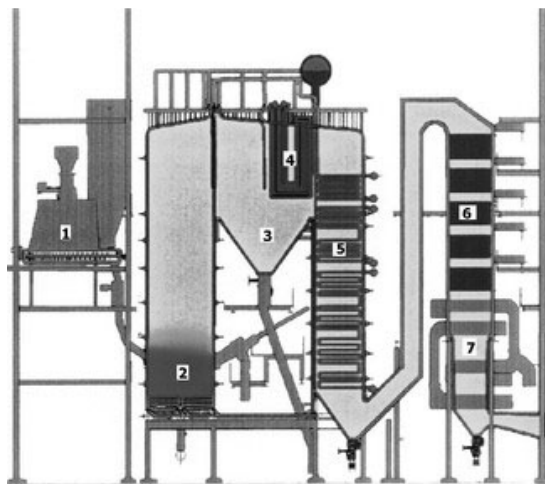
- Lze spalovat i odpad s malou výhřevností, které se nedají v jiných typech kotlů spálit.
- Nižší rozměry roštů s vyšším zatížením plochy oproti klasickým roštovým kotlům.
- Nižší komínové ztráty, díky nižší teplotě rosného bodu (tudíž nižší teplota spalin), účinnost kotlů je pak 92-94%.
- Příznivý dopad na redukci Nox ve spalinách díky odstupňovanému přívodu vzduchu do ohniště a nízké teplotě.
- Nevyžadují budování odsiřovacího zařízení za kotlem

Nevýhody:

- Zvýšená citlivost na granulometrii paliva

Atmosférické fluidní kotle se stacionární fluidní vrstvou (AFB): tyto kotle mají tzv. bublinkující (stacionární) fluidní vrstvu se zřetelnou hladinou.

„Palivo je přiváděno ze zásobníku paliva (1) do spalovací komory (2), kam je přiváděn i spalovací vzduch. Primární vzduch je veden skrze fluidní rošt a vytváří z paliva a aditiva fluidní vrstvu. Spaliny znečištěné popílkem pak odchází dohořivací komorou (kam bývá přiveden sekundární vzduch) do mezitahu (3), kde je odloučena velká část tuhého úletu. Dále spaliny prochází výhřevnými plochami parní části kotle (přehřívákem (5), ekonomizérem (6)) a ohřívákem vzduchu (7). Popílek je odveden na úložiště, u některých systémů je zaváděn zpět do fluidní vrstvy (2).“ [15]



Obrázek 35 - Kotel s bublinkující fluidní vrstvou [15]

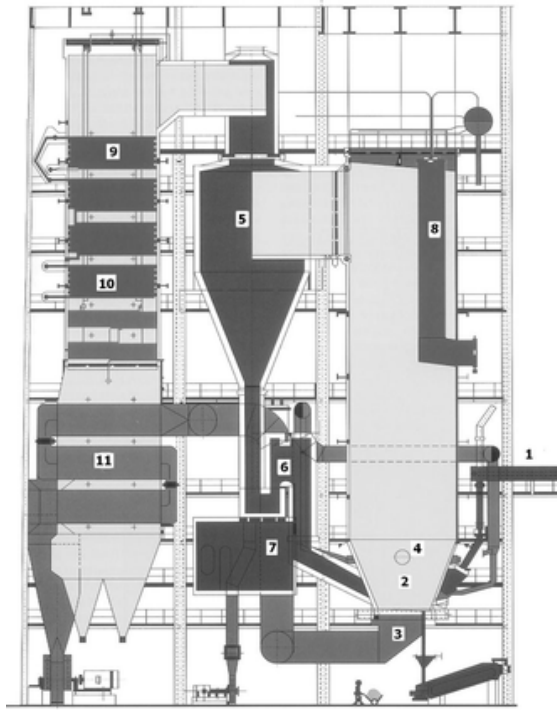
1 – zásobník paliva, 2 – fluidní vrstva, 3 – obratová komora,

4 a 5 – přehřívák, 6 – ekonomizér, 7 – LUVO

Atmosférické fluidní kotle s cirkulační fluidní vrstvou (ACFB): principem je, že mezi spalovací komorou a cyklonem cirkulují částice fluidního kotle (palivo) a vracejí se zpátky do fluidního ohniště. Výhodou je delší pobyt částic ve spalovacím prostoru a to vede k lepšímu vyhoření uhlíku. Uvádí se cirkulace paliva 10-15x než dojde k vyhoření. Tyto kotle jsou stavěny u větším výkonu od 50-700MWt. Není zřetelná hladina jako u AFB.

„Drcené palivo je dodáváno spolu s mletým vápencem  $\text{CaCO}_3$  (1) do fluidní vrstvy (2). Roštem se přivádí primární vzduch (3) v podstechiometrickém množství, cca 70 % z celkového přiváděného vzduchu do kotle. Nad rošt se přivádí vzduch sekundární (4). Vlastní komora je vyložena

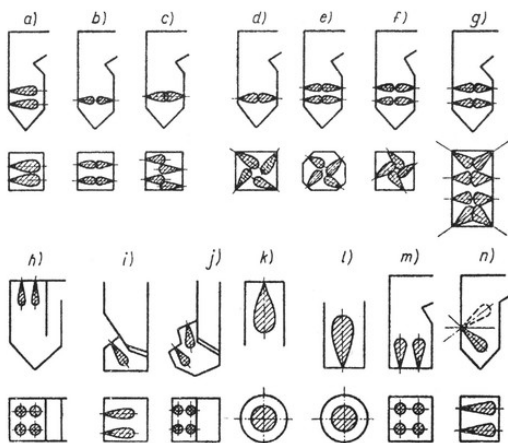
membránovými stěnami. Rychlost spalin a popele ve výhřevných plochách je  $4-8 \text{ m.s}^{-1}$ . Spaliny ze spalovací komory odchází do cyklonu (5), kde se odloučí 90 % prachových částic. Částice se vrací přes sifon (6) zpět do fluidní vrstvy (2). Kromě vracení popele je možná též cesta přes externí chladič popele (7), v němž jsou výhřevné plochy tlakového systému. Externí chladič tak zvyšuje regulovatelnost výkonu kotle a parametrů páry a lépe umožňuje přechod na jiná paliva.“ [15]



Obrázek 36 - Kotel s cirkulující fluidní vrstvou [15]  
 1 – přívod paliva, 2 – fluidní vrstva, 3 – primární vzduch,  
 4 – sekundární vzduch, 5 – cyklon, 6 – fluidní uzávěr (sifon),  
 7 – externí chladič popele, 8 a 9 – přehřívák, 10 – ekonomizér,  
 11 – LUVO

### Kotle práškové

Tyto druhy kotlů spalují ve svých hořácích prášek rozemletý na velikost zrn pod 1mm. Díky rozemletí kusového uhlí dochází k intenzivnějšímu spalování díky zvětšení povrchu paliva. Nemají rošty a díky tomu není omezena teplota primárního vzduchu a zatížení ohniště, proto jsou používány pro nejvyšší výkon.

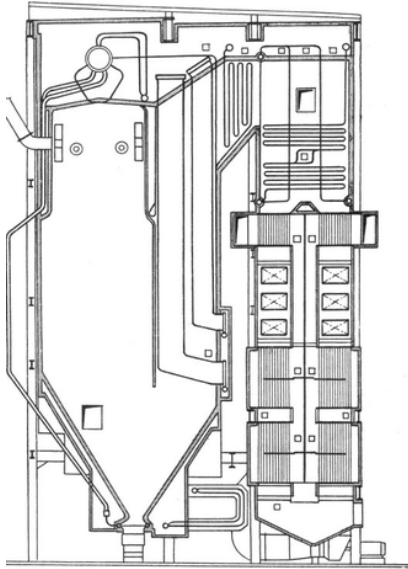


Obrázek 37 - Obr. 37: Varianty hořáků v ohništích kotlů [15]  
 a – dvouřadé čelní, b – jednořadé protiběžné, c – jednořadé vystřídání, d – jednořadé rohové (tangenciální), e – dvouřadé rohové (tangenciální), f – dvouřadé rohové (tangenciální), g – dvouřadé kombinované, h, k – stropní, i, j – uspořádání v čelní stěně u výtavných ohnišť, l – naklápeč

### Typy práškových kotlů:

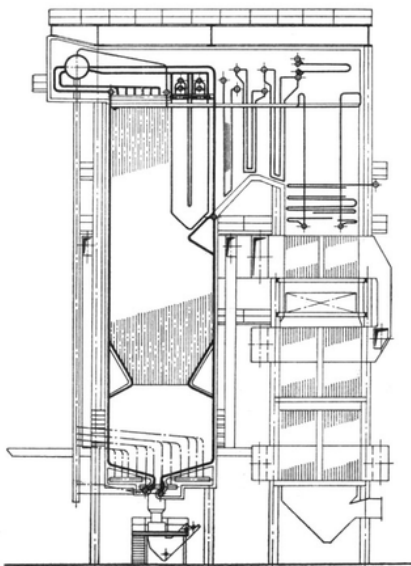
- Granulační se suchým odvodem zbytků (škvára) z ohniště
- Výtavné s tekutým odvodem zbytků (tekutá struska) z ohniště

Granulační ohniště: vhodné pro spalování méněhodnotných paliv při relativně nízkých teplotách aby nedošlo k překročení teploty tečení popela. Teplota plamene se pohybuje mezi 1100-1500°C záleží na druhu paliva.



Obrázek 38 - Ukázka třítahového granulačního kotle s hořáky v horní části spalovací komory [15]

Výtavné ohniště: na rozdíl od granulačního ohniště se záměrně překračuje teplota tečení popela, aby byla odváděna struska v tekutém stavu.[15]



Obrázek 39 - Ukázka dvouprostorového výtavného kotle [15]

## Požadavky na kotelnu

### Předpisy pro kotelnu III. Kategorie

Do kotelny musí být zajištěn dostatečný přívod vzduchu pro spalování i větrání. Napojení na odvod spalin (komín). U spalování biomasy (obecně pevná paliva) dodržet výměnu vzduchu 4-6x za hodinu. Světla výška místnosti musí být minimálně 3m a v podzemí minimálně 2,1m. Podlaha musí být z nehořlavého materiálu, rovná a nesmí být kluzká, dále musí být pod mírným sklonem směrem k podlahové vpusti do kanalizační jímky a tím ochráněna proti zatopení.

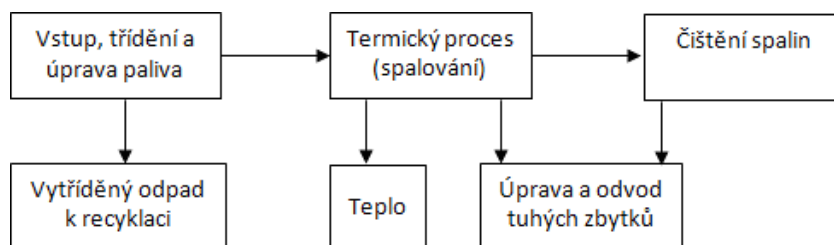
Stěny mají být omyvatelné do minimální výšky 1,8m. Pokud je kotelna o rozměru více než 150m<sup>2</sup> musí být mimo řádného osvětlení také opatřena nouzovým osvětlením a také musí mít dvě únikové cesty, z níž jedna musí vést přímo do volného prostoru.

Dveře od kotelny musí být z nehořlavého materiálu, otevírané směrem ven z kotelny a opatřeny bezpečnostním označením, minimální rozměr 900mm s protipožární odolností 30'. Teplota v kotelně nesmí přesahovat 35°C v dolní části kotelny, dále všechny povrchy s teplotou nad 60°C musí být izolovány.

U kotelen na tuhá paliva musíme myslet i na zásobování palivem, kde také záleží na tom, zda je kotel s automatickým dávkováním nebo nikoliv. Pokud je s automatickým dávkováním pak záleží na druhu paliva, existují zásobníky se šnekovým podavačem nebo zásobníky s pásovým podavačem, vše záleží na materiálu paliva a také na dopravovaném množství. Dále musíme zajistit okolí proti případnému hluku a znečištění. Dále musíme myslet na to, že kotel na tuhá paliva pracuje s vysokou teplotou otopné vody a proto musí být opatřen proti nízkoteplotní korozi. Pokud je kotel na pevná paliva napojen na nízkoteplotní soustavu, je nutné oddělení distribučního okruhu a kotlového okruhu akumulací nádrží, neboť teplota vratné vody nesmí klesnout pod 55-60°C jinak dojde k ochlazení pod teplotu rosného bodu. [12]

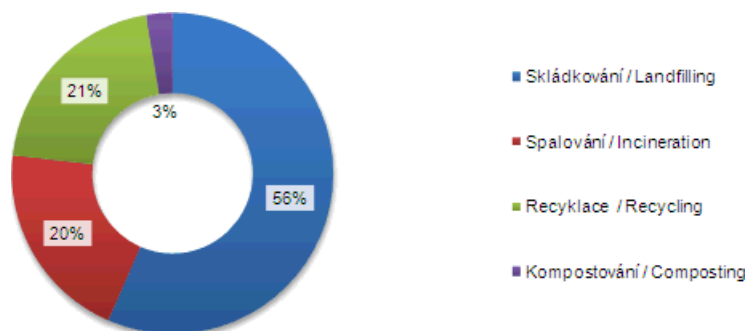
## Spalování odpadu

Co se týče spalování odpadu, tak její tepelná energie je zdrojem energie v systémech centrálního zásobování teplem ve městech, nebo k pohonu parních turbín. Touto cestou je pak získávána elektrická energie, která je dodávána do elektrické rozvodní sítě. Jinak řečeno lze pro tento způsob využít kogeneraci, která vyrábí jak teplo, tak i elektřinu. Kogenerační jednotky jsou běžně využívány ve spalovnách odpadu jako například v naší spalovně v Praze, nebo v Liberci. Další spalovna se nachází v Brně, ta však vyrábí pouze teplo. Pro představu, v Pražské spalovně je možno ročně spálit 310 tis. tun odpadu a následně z něj vyrobit teplo pro více než 35 tis. domácností.



Obrázek 40 - Základní schéma spalovny [21]

Ohledně procesu spalování není kladen tak velký důraz na technologii, daleko větší důraz je kladen na čištění spalin, aby se do ovzduší nedostávalo velké množství znečišťujících látek, jako jsou například oxidy síry, oxidy dusíku, dioxiny a další.



Obrázek 41 - Způsoby nakládání s komunálním odpadem v ČR v roce 2012 [21]

#### Výhody využití spalování odpadu

- Zmenšení prostoru co odpad zabírá
- Z 1kg spáleného komunálního odpadu vznikne cca 0,75kWh elektřiny nebo 7GJ tepelné energie
- Spálením 1tuny odpadu ušetříme cca 0,6 tuny hnědého uhlí
- Snížení emisí skládkových plynů, jedná se především o metan a CO<sub>2</sub>
- Materiálové využití železných i neželezných složek separovaných ze škváry po spalování

#### Negativní využití spalování

- Stabilní výkon a dodržování emisních limitů
- K najíždění kotle a stabilizaci hoření se používá podpůrného paliva a to většinou zemní plyn
- Manipulace a svoz odpadu, dále také skladování odpadu na jednom místě před následným spálením
- Nepříjemné ovzduší okolo spaloven (díky skladování odpadu), odpad je uzavřen a pod tlakem je vzduch odváděn do spalovacího procesu
- Zvýšený pohyb nákladních automobilů v okolí spalovny
- Plyné emise, riziko úniku těžkých kovů - jsou toxické, karcinogenní a některé mají mutagenní účinky
- Náklady na čištění spalin

Spalovat se dají jak komunální odpady, tak i nebezpečné odpady, plynné a kapalné odpady a kaly. Spalovny na komunální odpad máme v České republice celkem tři, jak už bylo zmíněno v Praze, v Liberci a v Brně, ale máme také více jak třicet spaloven nebezpečného odpadu. Energetické využití komunálního odpadu hraje v zemích evropské unie velkou roli. Některé země, jako je například Švédsko, Dánsko nebo Německo využívají velkou část své produkce odpadu energeticky, ale zároveň míra recyklace v těchto zemích je jedna z nejvyšších v celé EU. Což je v rozporu s tvrzením, že energetické využívání odpadu nepříznivě ovlivňuje jejich recyklaci.

Výhřevnost odpadu je závislá na jeho složení:

- Biologicky rozložitelný komunální odpad (např. dřevo, textil, papír, kompostovaný odpad atd...)
- Plasty
- Inertní odpady
- Kovy

- Sklo
- Nebezpečný odpad

Energeticky nejvýhodnější složkou je plastový odpad, kde výhřevnost je cca 25 MJ/kg a u některých až 44 MJ/kg. Naopak nejméně výhodná je složka biologicky rozložitelná, biologický odpad obsahuje velké množství vlhkosti a proto její energetická bilance může být i záporná.

Spalování komunálního odpadu má oproti spalování ostatních paliv svá specifika, avšak průběh spalování je podobný. Proces jde rozdělit do tří fází: vysušování, uvolnění a hoření hořlaviny a nakonec hoření uhlíku. Jediný rozdíl oproti konvečnímu palivu je odlišnost fyzikálních vlastností, jako jsou tvar, výhřevnost, velikost a teplota vznícení, ty se mohou velmi lišit. Pro spalování odpadu je využíváno především roštových kotlů, buď pevné rovinné rošty s nehybnou vrstvou paliva, nebo naopak pohyblivé rošty s trvalým přemisťováním paliva. Kde pevné rošty se využívají pro zařízení o menším výkonu zejména z finančních důvodů. Výkon těchto kotlen je pak v řádech jednotek až desítek megawatt. [8;11;18;20;21;22]

### Proces čištění spalin

Škvára a popel jsou následně buď skladovány, nebo recyklovány – použity jako umělé kamenivo pro stavební účely. Popílek, který je unášen společně se spalinami je zachycena následně solidifikován (snížení možnosti vyluhování nebezpečných látek) a dál dováděn do komína. Proces čištění spalin je velmi komplikovaný, spaliny obsahují dusík  $N_2$ , kyslík  $O_2$ , oxid uhličitý  $CO_2$  a vodní páru  $H_2O$ , dále přecházejí do plynné fáze plyny kyselého charakteru, například chlorovodík  $HCl$ , fluorovodík  $HF$ , oxid siřičitý  $SO_2$  a oxid sírový  $SO_3$ . Dále se ale také tvoří látky, které mají špatný vliv na lidský organismus jako je chlorovaný uhlovodík. Aby tyto škodlivé plyny byly odstraněny, je nutné vybudovat v zařízení pro spalování odpadu systém čištění. Tento systém se dá rozdělit podle skupenství, které se v daném systému využívá, suché metody, polosuché metody a mokré metody.

U suché metody je využíváno prášku jako je například hydroxid vápenatý, nebo hydrogeuhličitam sodný. Tento prášek je rozptýlován ve spalinách a reaguje tak s kyselými složkami spalin, ten je pak zachycován na látkovém filtru. Odpadní produkt, který je zachycen těmito filtry se musí následně solidifikovat a uložit na skládku nebezpečného odpadu.

Výhoda - jednoduchost a nízké pořizovací náklady

Nevýhoda – nízká účinnost a velká produkce nebezpečného odpadu

U polosuché metody čištění je používá sorpčního činidla (například hydroxid vápenatý) rozmíchaného ve vodě, které je vstříkováno do proudu spalin. Proces musí být používán při teplotách od  $120^\circ C$  do  $160^\circ C$ , kde výsledkem je zachycený prášek, který je následně deportován. Prášek je ale alkalický a má schopnost na sebe vázat těžké kovy, kdy vyluhování těchto kovů je obtížné. Proto je tato metoda velmi nákladná, ikdyž má velkou účinnost.

U mokré metody je rozptýlováno kapalné sorpční činidlo, které následně spaliny prudce ochladí a díky tomu vzniká kondenzace par. Částice prachu se tak dostanou do styku s vodou a jsou pak následně s ní odlučovány. Tato metoda patří mezi nejúčinnější avšak i mezi finančně nejnáročnější.

Další metodou čištění spalin je absorpční metoda (použití například aktivního uhlí), selektivní katalytická oxidace dioxinů (použití amoniaku za přítomnosti katalyzátoru například oxidu titaničitého) a katalytická filtrace (použití speciálních filtračních materiálů).

Pro solidifikaci jsou využívány metody jako cementace, bitumenace a vitrifikace.

Cementace – odpadní popílek je po zachycení smíchán s nespeciálním cementem a vodou, poté je tato „kaše“ uskladněna na skládkách

Bitumenace – zatavení odpadu do bitumenu (živice) a následně je plněn do sudů či kontejnerů a deportován

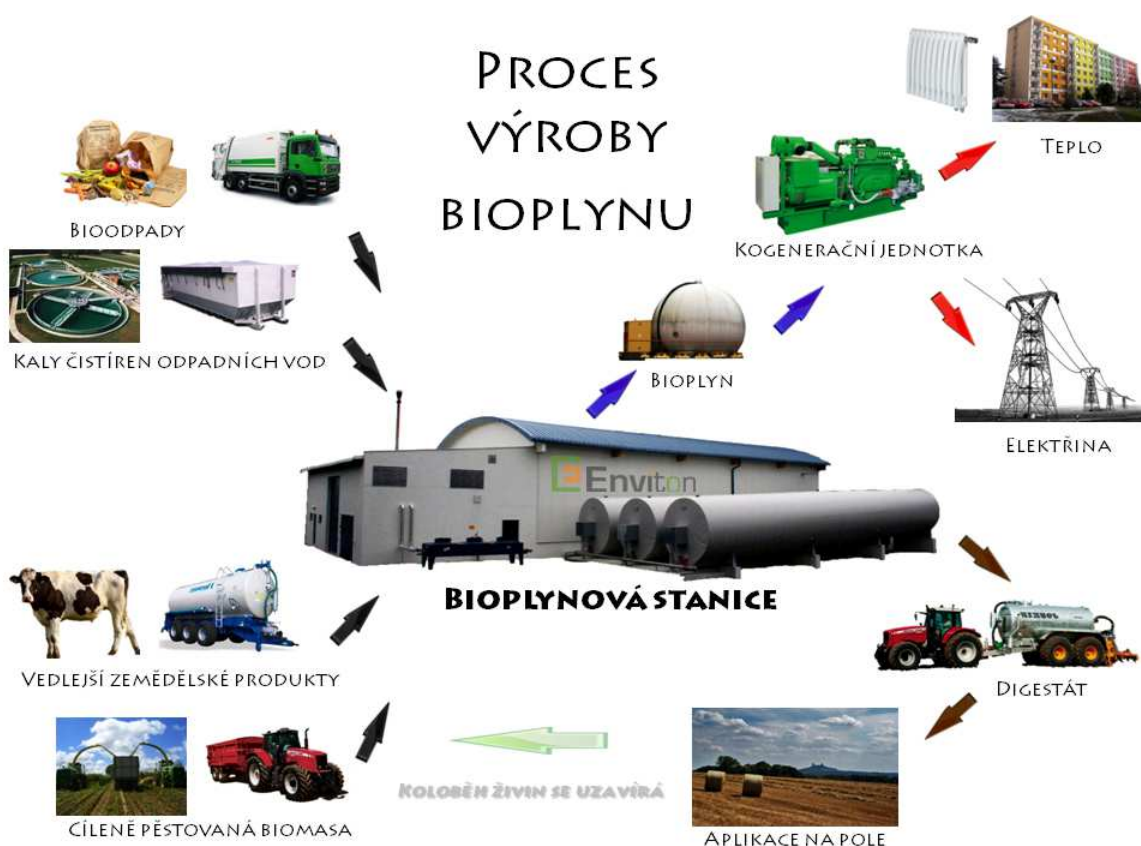
Vitrifikace – odloučené popílký s vysokým obsahem toxických látek a těžkých kovů je roztaven a následně vzniká skelný kámen (odpad je pak za splněných podmínek uskladněn na skládkách)[22;17]

## Využití biologicky rozložitelného odpadu

### Bioplynové stanice:

Jedná se o zařízení, ve kterém dochází k přeměně biomasy na bioplyn a digestát. Bioplyn je nositelem energie díky obsahu metanu cca 50-75% a oxidu uhličitého cca 25-50%, digestát pak obsahuje pouze živiny a humus, který se dále nerozkládá a nezapáchá. Bioplynové stanice lze rozdělit podle používaného odpadu na zemědělské, odpadové a bioplynové stanice čistíren odpadních vod. Provoz stanice spotřebuje cca 30% vyprodukovaného tepla a cca 7% elektrické energie. V bioplynové stanici probíhá tzv. anaerobní proces za nepřístupu kyslíku a vzniká tak bakteriální rozklad organické hmoty. [23;34]

„Bioplyn o objemu 1 m<sup>3</sup> tedy obsahuje 0,60 m<sup>3</sup> metanu, vyrobíme z něho asi 2,28 kWh elektrické energie a 2,7 kWh tepla (viz níže účinnost kogenerační jednotky).“ [23]



Obrázek 42 - proces výroby bioplynu [23]



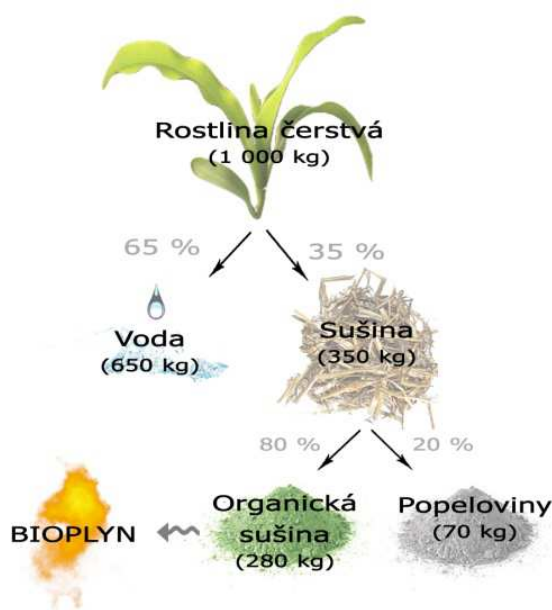
Bioplyn lze pak následně využít v kogeneraci pro výrobu jak tepla, tak i elektrické energie. Ve fázi testování je také využití bioplynu v palivových člancích pro výrobu elektřiny. Velký potenciál je však ve využití bioplynu jako obnovitelného zdroje pro dopravu, pro pohon automobilů na CNG (stlačený zemní plyn), má totiž stejné vlastnosti jako zemní plyn.

Využití je hned několik, například spalování plynu a tím získávání tepla, což není moc efektivní a především ekonomicky neúspěšné. Dále získávání v kogenerační jednotce elektřiny, kde vyprodukované teplo je vedlejší produkt. [34;23]

### Suroviny pro výrobu bioplynu

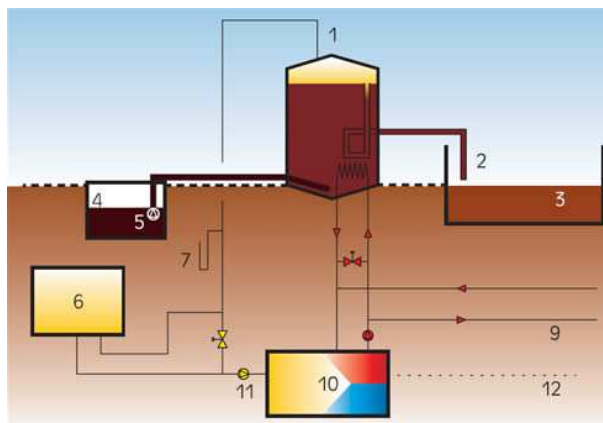
„Zdrojem bioplynu, neboli potravou pro bakterie produkující bioplyn jsou především polysacharidy, tuky a bílkoviny. Zdrojem těchto látek je rostlinná a živočišná biomasa. Hůře rozložitelná je celulóza a nerozložitelný je lignin - i z toho důvodu není jako substrát pro výrobu bioplynu vhodné dřevo či sláma, bakterie produkující bioplyn je nedokáže rozložit.

Ze vstupní suroviny je bakteriemi využita a na bioplyn přeměněna pouze její organická část (organická sušina), zbytek zůstává ve fermentačním zbytku - digestátu. Surová biomasa obsahuje značný podíl vody, zbytek tvoří sušina. Sušina obsahuje organické látky, které jsou bakteriemi rozložitelné (označujeme jako organická sušina, spalitelné látky, ztráty žiháním, angl. volatile solids) a popeloviny, což jsou anorganické, biologicky nerozložitelné látky. Pouze organická sušina je zdrojem bioplynu. Když tedy máme 1 t například kukuřičné siláže s obsahem sušiny 35 % a z toho organické sušiny 80 %, potom se dá tato tuna rozdělit na 650 kg vody a 350 kg sušiny. Sušina se potom skládá z 280 kg organické sušiny a 70 kg popelovin. Výnos bioplynu ze vstupní suroviny je potom vztahován k 1t sušiny, případně organické sušiny.“ [23]



Obrázek 43 - rozklad biomasy [23]

Výhřevnost bioplynu se pohybuje okolo 19,6-25,1 MJ/m<sup>3</sup>.



Obrázek 44 - Schéma bioplynové stanice, kontinuální systém. © EkoWATT

Popis zařízení: 1 - odvod bioplynu, 2 - přepad kalu, 3 - zásobník odplyněné kejdy, 4 - nová sběrná nádrž, 5 - kalové čerpadlo, 6 - plynojem, 7 - vodní uzávěr, 8 - připojení ke stávajícímu dálkovému vytápění, 9 - teplo z kogenerační jednotky, 10 - kogenerační jednotka, 11 - dmychadlo, 12 - elektřina z kogenerační jednotky. [23]

Surovina	Vyprodukované množství bioplynu z 1 tuny materiálu (m <sup>3</sup> )	Z jedné tuny materiálu lze kogenerační jednotkou vyrobit	
		Elektrická energie (kWh)	Teplo (kWh)
<b>Tráva</b> (30 % sušina)	<b>126</b>	<b>312</b>	<b>430</b>
<b>Prasečí kejda</b> (5,5 % sušina)	<b>14</b>	<b>35</b>	<b>48</b>
<b>Odpad tukového průmyslu</b> (25 % sušina)	<b>280</b>	<b>695</b>	<b>955</b>
<b>Siláž</b> (30 % sušina)	<b>190</b>	<b>471</b>	<b>648</b>
<b>Masokostní moučka</b> (95 % sušina)	<b>400</b>	<b>992</b>	<b>1364</b>

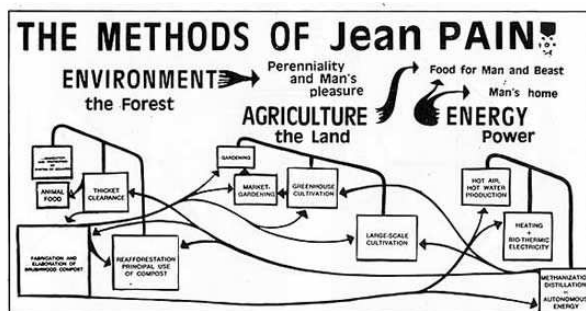
Obrázek 45 - příklady bioodpadu a jejich energetické využitelnosti [34]

## Energetické využití tepla ukrytého v kompostu

Využití tepla vznikajícího během komponovacího procesu a jeho následné jímání prostupem.

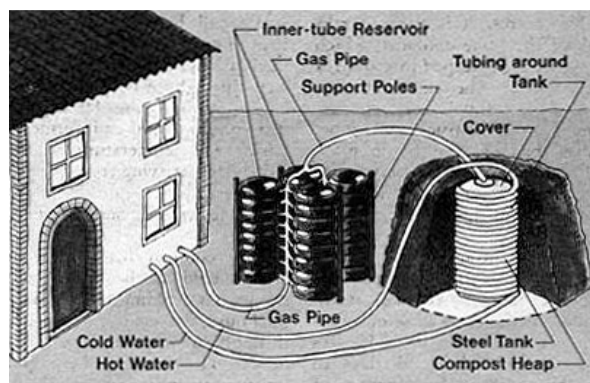
### Biomilíř

Podobný způsob jak je bioplynová stanice je také tzv. biomilíř. Biomilíř vymyslel Francouz Jean Pain (1928-1981) nazývaný také Francouzský král zelené energie během své praxe agronoma v Provence. Jedná se o důmyslný systém využití různých odřezků stromů a dalších keřů. Využil přírodního procesu hnití rostlin bez jediné ztráty a odpadu k získání horkého vzduchu, horké vody, bioplynu a také kvalitního kompostu (systém v uzavřeném ekologickém cyklu). Tímto projektem se také inspiroval student Vyšší odborné školy v Bystřici nad Pernštejnem Jakub Stejskal. S pomocí Technické služby z Moravské Třebové, která financovala jeho projekt, postavil dva milíře. V jednom byl využit energo-nositel voda a v druhém vzduch, kde pak zjišťoval rozdíly. Teplo pak využíval na vyhřívání skleníku. Počítalo se s tím, že biomilíř vydrží dávat energii 12 měsíců, nakonec z toho byl rok a půl.



Obrázek 46 - specifikace složení kompostu pro metodu Jeana Paina [31]

- Kompost je složen ze smíšených odrůd, maximálně 80 % od jednoho druhu plodiny
- Rostliny jsou kompostovány okamžitě, ještě v živém stavu
- Neexistuje maximální velikost rostlin, se všemi se zachází stejně
- Maximální tloušťka větví: 4 mm. Optimální tloušťka: 2 až 3 mm
- Zvlhčení rostlin ihned po řezu
- Relativní vlhkost po zvlhčování : asi 82 %, snižuje se postupně na 60 %
- Minimální objem: normální hlasitost na kótě teplotě ( 50 ° až 70 ° )
- Maximální výška haldy: 3 m
- Maximální objem jedné hromady : 300 m<sup>3</sup>
- Po celou dobu fermentace by měla být teplota mezi 45° a 80 °.



Obrázek 47 - Schéma využití biomilře podle p. Jeana Peina [33]



Obrázek 48 - Obr. 48: biomilíř v Moravské Třebové [32]



Obrázek 50 - ukázka teploty v biomilíři [32]



Obrázek 49 - ukázka složení biomilíře (dřevní drť s příměsí hlíny a organických zbytků) [32]



Obrázek 51 - výměník tepla uprostřed biomilíře [25]

Dobře založený kompost se zahřívá na teplotu přes 60 °C, často dokonce i přes 70 °C, a na této úrovni zůstává řadu dní. Je ale důležité, aby byl zachován optimální poměr uhlíkatých a dusíkatých látek, který zaručí příznivé prostředí pro množení a život bakterií. Optimální poměr C:N se pohybuje v rozmezí cca 20-40 : 1. Rychlo-rozkládající se materiál má většinou vyšší obsah dusíkatých látek než je doporučený optimální poměr. Pro správný průběh kompostovacího procesu je proto nutné, aby bylo v kompostu byla dostatečné množství uhlíkatých složek. Jedná se většinou o tužší dřevité

materiály: piliny, dřevní štěpka, sláma apod. Bakteriím pak slouží uhlík jako potrava – palivo. Dusík je v kompostu důležitý pro růst buněk bakterií a jejich množení. Po spotřebování tzv. paliva a růstových látek, které jsou pro buňky snadno dostupné, se rozkladný proces zpomaluje a tím klesá teplota kompostu.

Do kompostu se dá relativně vložit cokoliv biologického (rozložitelného), záleží však také na množství vody, která by mělo být v přiměřeném množství. Tudiž při používání zbytků potravin je důležité si hlídat obsah vody v kompostu. Správný zahrádkář, který se kompostem zabývá, by poradil, že když stlačíme v ruce kompost, neměla by vytékat voda, ale také by se neměl kompost drolit. Pokud se kompost v ruce drolí je suchý a proces rozkladu je nevyhovující, to samé pokud je vody moc. Kompost by po stlačení měl udělat hroudu, to je pak správná konzistence kompostu pro správný proces kompostování, který potřebujeme pro využití energie.

Výhřevnost kompostu se pohybuje okolo cca 7 MJ/kg, což je výrazně méně než u standardních tuhých paliv, kde se výhřevnost točí kolem cca 15 MJ/kg a zpravidla neklesá pod 10 MJ/kg. Výhřevnost kompostovaného odpadu je různorodá díky různorodosti vloženého odpadu, jiného množství vlhkosti, obsahu popela atd. [25;26;27;31;32]

## Zajímavosti ze světa a u nás

### Bakoko – projekt Comploo – Japonsko 2010

Dalším zajímavým projektem, kde bylo použito teplo z mikrobiálního rozkladu je kruhová čajovna vytápěná kompostem. Uvolňování tepla z kompostu chtějí využít architekti Japonské společnosti BAKOKO. Jedná se o projekt pod názvem COMPLOO z roku 2010. Stavba je tvořena konstrukcí z dlouhých násypek uspořádaných do kruhu. Každá násypka má svůj otvor pro násyp zahradního odpadu a dalšího odpadu určeného pro kompostování, tak i spodní otvor pro odebrání už vytvořeného hnojiva. Uvnitř těchto košů je umístěno potrubí, které se ohřívá rozkladem kompostu a tím je vyhříván interiér.

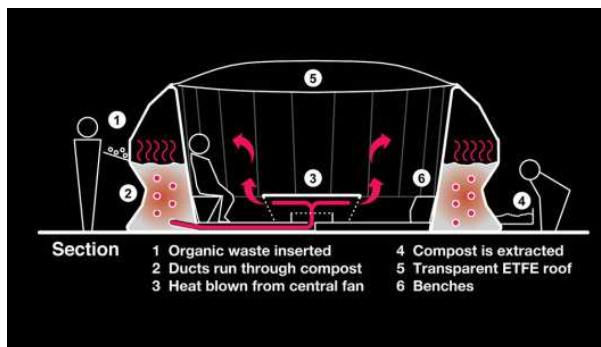
Tyto tradiční čajovny, které se nacházejí v japonských zahradách, mohou díky svému umístění využívat těchto dostupných zdrojů pro potřebné vyhřátí prostoru. Energo-nositelem, který odebírá teplo z kompostu je cirkulační vzduch, který je veden vně kompostu z jednoho tzv. koše do dalšího. Dále je pak teplo předáváno do prostoru centrálním větracím otvorem vyústěným do prostoru. [24]



Obrázek 52 - kruhová čajovna [24]



Obrázek 53 - schéma využití tepla [24]



Obrázek 54 - schéma kompostování [24]

## Světově první geotermálně biomasová hybridní elektrárna - srpen 2015

### Itálie

Tato elektrárna je světově první hybridní elektrárnou kombinující geotermální elektrárnu Cornia 2 se spalováním biomasy. Díky přidání spalování biomasy s výkonem 5 MW k již existující geotermální energii o výkonu 13 MW by se pak mělo ročně vyrobit o 30 GWh energie navíc a zároveň se tím podle italského Enelu ušetří i 13 000 tun CO<sub>2</sub> vypuštěného do ovzduší. Využívaná biomasa je získávána z místních lesů a jejím spalováním pomáhají zvyšovat teplotu páry uvolňované z geotermálního vrtu ze 150-160°C až na 370-380°C. To vede k většímu výkonu turbín a zvýšení účinnosti v důsledku snížení vlhkosti přehřáté páry. Tato elektrárna nemá téměř žádný dopad na životní prostředí, vylepšení stávající elektrárny a kombinace dvou obnovitelných zdrojů energie. [28]

### UNICONFORT kotelná spalování až 150 % vlhké pevné biomasy

Jedná se o firmu Uniconfort, která déle než 56 let pracuje na vývoji kotlů speciálně vyvinutých pro spalování pevné biomasy a také zároveň pracuje na koncepci využití odpadů například z dřevovýroby, lihovarnictví a pivovarnictví, potravinářství a řady dalších spalitelných pevných, ale vlhkých odpadů jako zdroj tepelné energie. Investice do těchto kotlů mají rychlou návratnost a to díky možnosti spalování i odpadu jinak nespalitelného jako je například posekaná tráva, shrabané listí, odpad po čištění lesa, odpad ze skleníků, odpad po čištění křovin podél silnic a podobně.

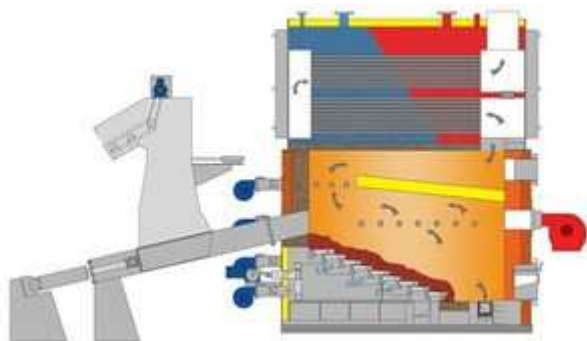
Jedná se kotle s vysokým výkonem a tudíž využití pro vytápění řadu několika bytových domů s využitím kogenerace nebo pro průmyslové využití. Spalování pevné biomasy s vlhkostí až do 150 % (v porovnání se suchým základem) je možno hlavně díky samonosné konstrukci z ocelového plechu o dostatečné tloušťce s vysokou mechanickou pevností, také díky velkému objemu spalovací komory s žáruvzdornou vyzdívkou ze šamotových cihel.

Díky maximální době udržení spalin v kotli a ve výměníku dochází k maximálnímu výkonu kotle a také k nízkým emisím. Typická spalovací komora kotlů Global ze šamotových cihel pomáhá při spalování odpadu k vysoušení paliva a vytváří tím plynulý proud směsi spalin vstupujících do tepelného výměníku. Spalovací komora je vybavena postspalovací komorou kde dochází ke snižování emisí až do doby ukončení procesu spalování plynů. Zásobování palivem je možné několika způsoby, třeba doprava šnekovým dopravníkem nebo pomocí hydraulického tlačného podavače.

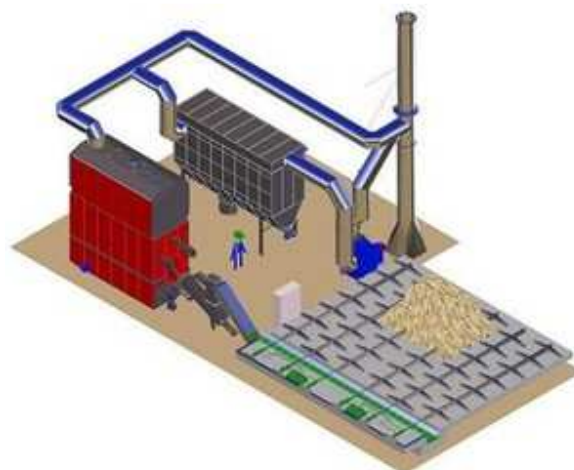
Při zachování spalovací komory kotel umožňuje využít několik různých výměníků tepla. Vyrábí se buďto teplá voda o 95°C a tlaku 2 bary, přehřátá voda o 150°C a tlaku 5 barů, pára o tlaku 12 barů a nebo termoolej pro využití v kogeneraci o teplotě 300°C.

Výměník je obvykle osazen pneumatickým zařízením pro automatické pravidelné čištění, zajištěné je také automatické vybírání popela. Také je možnost napojení přes internet a sledování správného chodu spalování a chodu celého kotle.

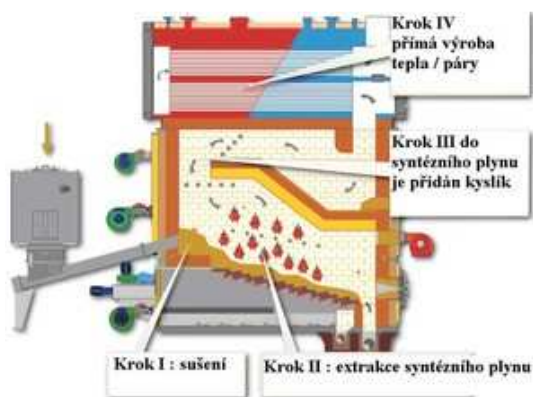
Tepelný výkon kotle je až do 6 786 kW, možné je i nabídnout kotel o výkonu až 14 MW. Kotel Global je ocelový kotel pro cyklické spalování a je vybaven pohyblivým chlazeným roštem. Teplota ve spalovací komoře dosahuje až 900 - 1 300°C za podmínek pravidelného čištění. Dále pro zmenšení obsahu prachových částic v kouři a zlepšení účinnosti spalovacího procesu má horní díl suché spalovací komory 3 části. [29]



Obrázek 55 - schéma kotle Global [29]



Obrázek 57 - Obr. 56: Příklad typické instalace kotle Global [29]



Obrázek 56 - příklad typické instalace [29]

# VYUŽITÍ VYPÁTĚNÍ BIOMASOU V REFERENČNÍM OBJEKTU

## SEZNÁMENÍ SE S PROJEKTEM

Za zpracovaný projekt byla vybrána studie studentky ČVUT programu Architektura a stavitelství. Jedná se o víceúčelovou budovu v Roztocích u Prahy. Objekt je dvoupodlažní se vstupem v přízemí ze severní strany. V 1. NP se nachází vstupní hala s hygienickým zázemím, dále knihovna s příslušnými prostory a kanceláří, přednášková místnost, třídy základní umělecké školy se zázemím a technické místnosti. Dále pak 2. NP je rozděleno do dvou křídel. Ve východním křídle se nachází městský úřad se zázemím a zasedací místností. V západním křídle se nachází třídy základní umělecké školy se zázemím.



Obrázek 58 - Vizualizace víceúčelového objektu v Praze (Lucie Stražovanová)

Tepelná ztráta objektu prostupem tepla byla vypočítána v programu protech a činí 30,057 kW. Tepelná ztráta větráním bude pokryta vzduchotechnickou jednotkou – potřeba tepla pro ohřev vzduchu je 7,7 kW. Teploty byly voleny dle požadovaných hodnot z ČSN EN 12831. Skladby konstrukcí byly počítány na hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011 na doporučené hodnoty. Technické místnosti se nachází oddělené v jižní části objektu západního křídla, kde mají také samostatný vstup z exteriéru pro zásobování palivem. K výpočtům na množství výměny vzduchu, bylo použito podkladu z výuky TZB1 na stránkách katedry z tabulky doporučené násobnosti výměny vzduchu v místnostech. Dále pak bylo počítáno dle obsazenosti místností a s odhadovaným počtem osob.

## VÝBĚR PALIVA

Pro zdroj palivové energie v objektu jsem vybrala biomasu jako obnovitelný zdroj energie. V dnešní době je potřeba šetřit s neobnovitelnými zdroji a proto jsem chtěla poukázat na možnosti z odvětví obnovitelných zdrojů energie.



Dle výpočtů je požadovaný výkon kotle 38 kW, který je podrobněji vypočten ve výpočetní části diplomové práce. Roční potřeba tepla je 78,545GJ/rok neboli 21 818 kWh/rok, která byla vypočítána v programu energie a také porovnána s výpočtem denostupňové metody. Na tuto potřebu tepla byly vypočítány potřeby paliva podle různých druhů biomasy. Možné druhy biomasy pak byly porovnány z pohledu výhřevnosti, obsahu popela, spalného tepla a dalších kritériích.

Tabulka 1 - Přepočet paliva dle výhřevnosti a roční spotřeby (viz. přílohy)

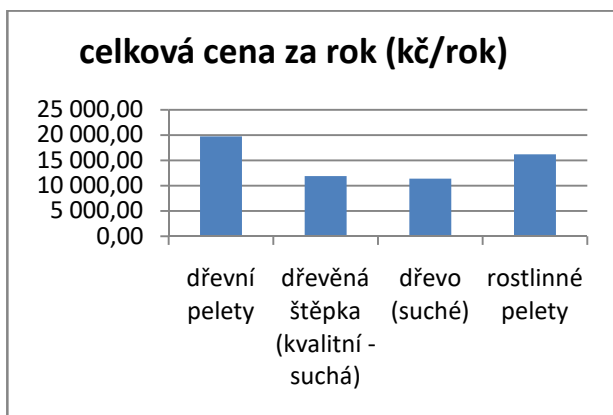
palivo	spalné teplo Qs(daf)	vodík H(daf)	obsah vody Wr	obsah popela Ad	výhřevnost	cena paliva	roční spotřeba	cena za rok	množství popela
dřevěné peletky (kvalitní)	19934	6,93	5	1,5	17,099	5,3	4 593,54	24 345,78	68,90315223
dřevěná štěpka (kvalitní - suchá)	19934	6,93	25	2	12,914	2,5	6 082,16	15 205,40	121,6431779
dřevo (suché)	19934	6,93	15	2	14,963	3	5 249,28	15 747,84	104,9856312
dřevěné brikety	19934	6,93	8	2	16,21	5,2	4 845,47	25 196,42	96,90931524
slánové brikety	19626	7,24	10	6	15,42	4	5 093,71	20 374,84	305,6225681
papírové brikety	17350	5,83	1	13,04	15,7	5,7	5 002,87	28 516,34	652,373758
rostlinné pelety	19626	7,24	10	2	16,7	3,45	4 703,29	16 226,36	94,06586826
pelety z řepky	19626	7,24	8	3	15,6	4,6	5 034,94	23 160,71	151,0480769
rešelinové brikety	19626	7,24	13,15	9,86	16,57	6,4	4 740,19	30 337,24	467,3830416
obilné peletky	19626	7,24	10	5	15,168	3	5 178,34	15 535,01	258,9167985
	kJ/kg	%	%	%	kJ/kg	Kč/kg	kg/rok	Kč/rok	%/rok

Dále pak pro podrobnější porovnání byly vybrány 4 druhy biomasy, které byly rozpracovány detailněji na:

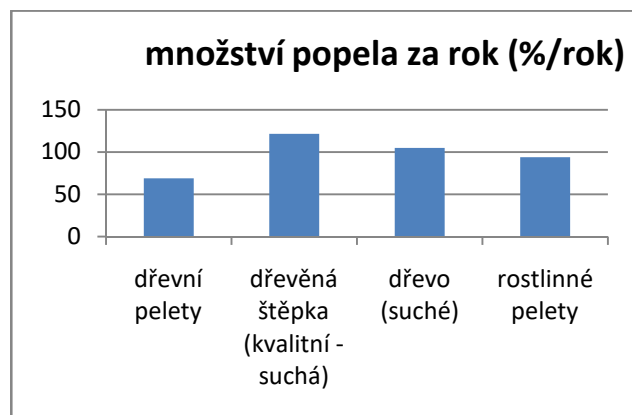
- Porovnání možností skladování paliva
- Obsahu množství popele, z důvodu jeho odstraňování
- Dávkování paliva a přikládání do kotle
- Ceny za dopravu paliva nebyly zahrnuty z důvodu dopravců, kde spousta dopravců poskytuje dopravu paliva zdarma, a z toho důvodu nebyla cena za dopravu zahrnuta v hodnocených kritériích
- Ceny druhů biomasy v okolí Prahy byly brány orientační od několika dodavatelů, tudíž jsou ceny pouze orientační pro porovnání

Tabulka 2 - Přepočet vhodného paliva pro danou lokalitu (viz. přílohy)

palivo	výhřevnost	obecná cena	roční spotřeba	cena za rok	cena Praha	celková cena za rok	množství popela	množství popela za rok	skladování	dávkování
dřevní pelety	17,099	5,3	4 593,54	24 345,78	4,3	19 752,24	1,5	68,90315223	v pytlích	automatické dávkování
dřevěná štěpka (kvalitní - suchá)	12,914	2,6	6 082,16	15 813,61	1,956	11 896,70	2	121,6431779	v igelitových pytlích	automatický podavač
dřevo (suché)	14,963	3,25	5 249,28	17 060,17	2,166666667	11 373,44	2	104,9856312	vyskládané či v sítích	manuální dávkování
rostlinné pelety	16,7	3,45	4 703,29	16 226,36	3,45	16 226,36	2	94,06586826	v pytlích	automatické dávkování
	kJ/kg	Kč/kg	kg/rok	Kč	Kč/kg	Kč/rok	%	%/rok		



Graf 1 – porovnání celkových cen za paliva



Graf 2 – celkové porovnání produkce popela v porovnání biomasy

Porovnání paliva dle cen, dostupnosti paliva, skladování a manipulace:

- Dřevní pelety: snadná dostupnost, snadné skladování, automatické dávkování u kotle
- Dřevní štěpka: složité skladování, dávkování pásem
- Dřevo: složité skladování, snadná dostupnost, nutná obsluha u kotle
- Rostlinné pelety: méně dostupný materiál, snadné skladování, automatické dávkování u kotle

Z důvodu jak obsahu popele, tak z důvodu skladování, obsluhy a dalších aspektů jsem vybrala dřevěné pelety jako referenční biomasu, na kterou byl projekt navržen.

### Výběr kotle a biomasy

Z výběru druhů biomasy jako paliva, jsem zvolila dřevěné pelety. I když nejsou díky své celkové ceně za rok dle výhřevnosti a spotřeby nejlevnější variantou, a však díky své dostupnosti, množství vyprodukovaného odpadu (popele), lehkému a přehlednému skladování bez potřeby mechanického převážení, větší obsluhy a také díky snadnému použití za pomoci automatického dávkovače do kotle, je tato varianta podle mého uvážení a kritérií pro tuto lokalitu nejvhodnější. Tudíž jsem dále uvažovala už jen s tímto druhem biomasy a na ní byl také navržen vytápěcí systém vytápění budovy.

Požadovaný výkon kotle na tuhá paliva je 38 kW. Zvolila jsem kotel pro dřevěné pelety - kotel VERNER A492 o výkonu až 38 kW, ve kterém je též možno spalovat pelety ze šřovíku, pelety z řepky, dřevní pelety jak s kůrou, tak i bez kůry, kukuřice, hořčice, pšenice i ovsa.

Kotel je vybaven automatickým zásobníkem s dopravním podavačem a dále také externím popelníkem a regulátorem tahu. (viz. přílohy)

### Ekonomické vyhodnocení

Dřevěné pelety jako referenční vybranou biomasu jsem dále porovnála s plynem a elektřinou jako další možnosti vytápění. Nejdříve bylo zapotřebí nacenit celou soustavu pro další její porovnání.

#### Nacenění materiálu

Pro biomasu - dřevěné pelety

Tabulka 3 – nacenění měděného potrubí

POTRUBÍ	PRŮMĚR	DÉLKA	CENA ZA METR	CENA CELKEM	
Meď	15	230,1	80,7	18569,07	
	18	128,8	107	13781,6	
	22	242,86	134	32543,24	
	28	120,19	176	21153,44	
	35	18	399	7182	
				93229,35	93300

Tabulka 4 – nacenění otopných těles

OTOPNÁ TĚLESA	TYP	ROZMĚR	POČET KUSŮ	CENA ZA KUS	CENA CELKEM
korado klasik	11	2600x500	3	5600	16800
korado klasik	11	2300x500	2	5100	10200
korado klasik	10	2000x500	2	2900	5800
korado klasik	22	2000x900	1	11100	11100

korado klasik	10	1800x700	7	3400	23800
korado klasik	10	1600x500	4	2400	9600
korado klasik	10	1600x700	3	3100	9300
korado klasik	10	1400x500	3	2200	6600
korado klasik	10	1400x700	5	2800	14000
korado klasik	11	1400x700	1	4400	4400
korado klasik	10	1100x700	3	2300	6900
korado klasik	11	1000x700	3	3500	10500
korado klasik	10	1000x700	1	2200	2200
korado klasik	10	1000x500	1	1700	1700
korado klasik	11	900x700	1	3300	3300
korado klasik	10	900x500	2	1600	3200
korado klasik	10	800x500	1	1500	1500
korado klasik	11	800x700	1	3100	3100
korado klasik	10	700x700	8	1700	13600
korado klasik	10	700x500	1	1400	1400
korado klasik	11	700x500	1	2300	2300
korado klasik	10	600x500	1	1300	1300
korado klasik	10	600x700	1	1600	1600
korado klasik	10	400x500	1	1100	1100
					165300

Tabulka 5 – nacenění šroubení u otopných těles

Tabulka 6 – nacenění ventilů u otopných těles

ŠROUBENÍ	ZNAČKA	TYP	POČET KUSŮ	CENA ZA KUS	CENA CELKEM
IMI	HEIMEIER	REGUTEC	57	250	14250

VENTIL	ZNAČKA	TYP	POČET KUSŮ	CENA ZA KUS	CENA CELKEM
IMO	HEIMEIR	V EXAKT II S HLAVICÍ	57	370	427

14677	14700
-------	-------

Tabulka 7 – nacenění třícestných ventilů

TŘÍCESNÝ VENTIL	TYP	DN	POČET KUSŮ	CENA ZA KUS	CENA CELKEM
CV 316 RGA	IMI TA	32	2	4900	9800
CV 316 RGA	IMI TA	25	3	4200	12600
CV 316 RGA	IMI TA	20	2	4000	8000
CV 316 RGA	IMI TA	15	1	3800	3800
					34200

Tabulka 8 – nacenění čerpadel

ČERPADLO	TYP	POČET KUSŮ	CENA ZA KUS	CENA CELKEM	
WILO YONOS PICO	30/1-4	1	4700	4700	
WILO YONOS PICO	20/1-4	2	4700	9400	
WILO YONOS PICO	25/1-4	3	4700	14100	
WILO YONOS PICO	25/1-5	1	4875	4875	
				33075	33100

Tabulka 9 – nacenění izolace potrubí

IZOLACE	DÉLKA	PRŮMĚR	CENA ZA METR	CENA CELKEM	
ROCKWOOL FLEXOROCK	110,2	22	80	8816	
	91,97	17	75	6897,75	
				15713,75	15700

Tabulka 10 – nacenění expanzní nádoby

EXPANZNÁ NÁDOBA	TYP	CENA
REGULUS AQUA FILL	HS 150	5100

Tabulka 11– nacenění akumulční nádrže

AKUMULAČNÍ NÁDRŽ	TYP	OBJEM	CENA
REGULUS	PS2F 2000 N+	2000 L	34400
IZOLACE NÁDRŽE	S II		12800
			47200

Tabulka 12 – nacenění komínového systému

KOMÍN	VNITŘNÍ PRŮMĚR	CENA SESTAVY
SCHIEDEL ABSOLUT	250 mm	65000

Tabulka 13 – nacenění kotle

KOTEL	TYP	VÝKON	CENA
VERNER	A492	14,7-49	225300
SE ZÁSOBNÍKEM 700 L			

Tabulka 14 – celkové shrnutí varianty pro vytápění pelety

CELKOVÁ INVESTICE	CENA
POTRUBÍ	93300
TĚLESA	165300
ŠROUBENÍ A VENTILY	14700
TŘÍCESNÉ VENTILY	34200

ČERPADLA	33100
IZOLACE	15700
EXPANZNÍ NÁDOBA	5100
AKUMULAČNÍ NÁDRŽ	47200
KOMÍN	65000
KOTEL	225300
	698900
zaokrouhlo	698900

Roční spotřeba paliva (pelet) = 19 752,24 Kč/rok

Dále pak pro porovnání byly ceny upraveny na další varianty, kde byly změny pouze v zařízení kotelny. Lišily se oproti systému na pelety u expanzní nádoby, akumulací nádrže, která nebyla v dalších případech použita, dále pak u potřebné délky potrubí a komínového systému, který také nebyl například u elektrického zařízení zapotřebí. Dále pak byly tyto varianty porovnány mezi sebou.

Tabulka 15 - Porovnání plyn: - investiční náklady – cena za materiál

CELKOVÁ INVESTICE	CENA
POTRUBÍ	90000
TĚLESA	165300
ŠROUBENÍ A VENTILY	14700
TŘÍCESNÉ VENTILY	26200
ČERPADLA	33100
IZOLACE	15700
EXPANZNÍ NÁDOBA	2000
AKUMULAČNÍ NÁDRŽ	0
KOMÍN	65000
PŘÍPOJKA PLYNU	40000
KOTEL	50000
	502000
zaokrouhlo	502000

cena paliva za rok 17 335,71 Kč/rok

Tabulka 16 - Porovnání elektřina: - investiční náklady – cena za materiál

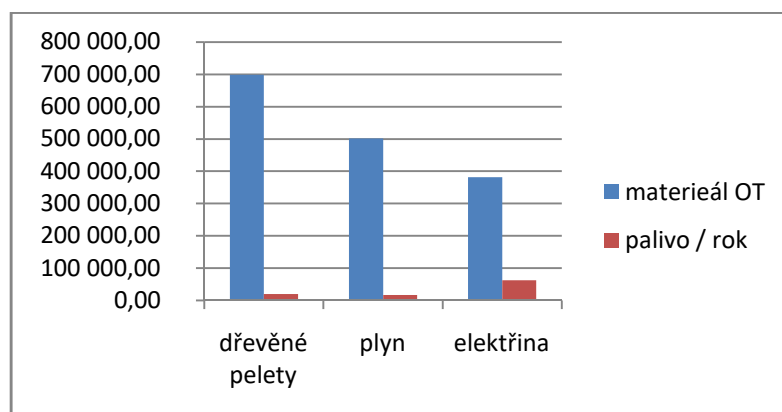
CELKOVÁ INVESTICE	CENA
POTRUBÍ	90000
TĚLESA	165300
ŠROUBENÍ A VENTILY	14700
TŘÍCESNÉ VENTILY	26200
ČERPADLA	33100
IZOLACE	15700
EXPANZNÍ NÁDOBA	2000
AKUMULAČNÍ NÁDRŽ	0
KOMÍN	0
KOTEL	35000
	382000
zaokrouhlo	382000

cena spotřeby elektřiny za rok 62 200,00 Kč/rok

Tabulka 17 – shrnutí cen

druh paliva	pořizovací cena kotelny	roční náklady za palivo
dřevěné pelety	698 900	19 752,24
Plyn	502000	17 335,71
elektřina	382000	62 200,00

Graf 3 – shrnutí porovnání cen za materiál a roční spotřebu za palivo



Pro vyhodnocení byly také započítány revize a kontroly, které jsou rozepsány níže

Povinné kontroly a revize pro kotelny na tuhá paliva –pelety:

- Každé 2 roky povinná revizní kontrola kotelny 500,- Kč
- Každý rok servisní kontrola 300,- Kč
- 1x ročně kontrola spalinové cesty 250,- Kč
- 3x za rok čištění spalinové cesty 250,- Kč
- 1x za 3 roky obsluha tlakových nádob 200,- Kč
- 1x za 5 let revize těsnosti tlakových nádob 240,- Kč
- 1x za rok revize tlakových nádob – provozní 240,- Kč
- 1x za 9 let zkouška těsnosti tlakových nádob 480,- Kč
- 1x za 10 let kontrola kotle a rozvodů tepelné energie 6000,- Kč

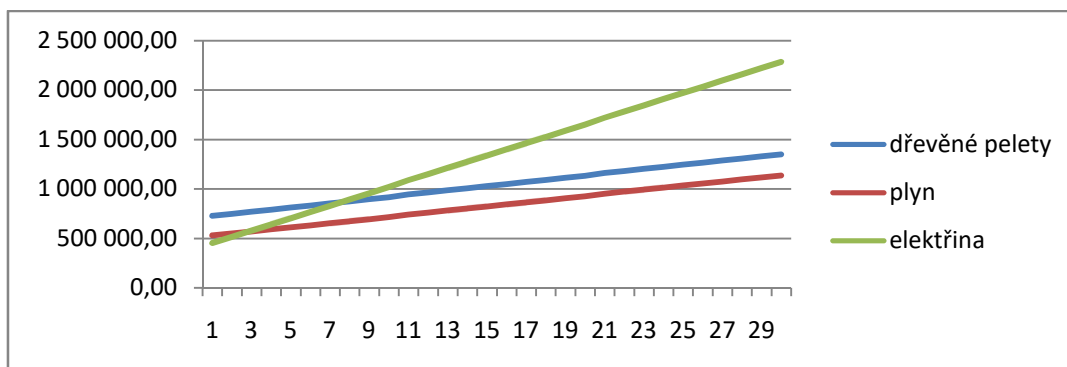
Povinné kontroly a revize pro plynové kotelny:

- 1x za 3 roky povinná revizní kontrola 1200,- Kč
- 1x ročně servisní kontrola 500,- Kč
- 1x ročně kontrola a čištění spalinové cesty 500,- Kč
- 1x ročně revize detektoru úniku plynu 600,- Kč
- 1x za 3 roky obsluha tlakových nádob 200,- Kč
- 1x za rok kontrola plynového zařízení 760,- Kč
- 1x za rok revize tlakových nádob – provozní 240,- Kč
- 1x za 5 let revize tlakových nádob 240,- Kč
- 1x za 10 let kontrola kotle a rozvodů tepelné energie 6000,- Kč
- 1x za 9 let zkouška těsnosti tlakových nádob 480,- Kč

Povinné kontroly a revize pro elektrické kotelny:

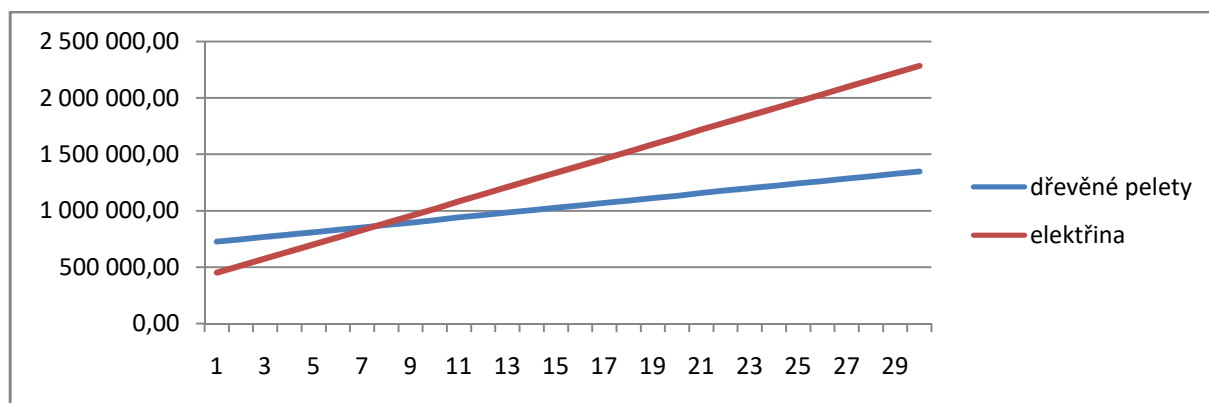
- Doporučená revize kotle 1x za 3 roky 500,- Kč
- 1x za 3 roky obsluha tlakových nádob 200,- Kč
- 1x za rok revize tlakových nádob – provozní 240,- Kč
- 1x za 9 let zkouška tlakových nádob 480,- Kč
- 1x za 10 let kontrola kotle a rozvodů tepelné energie 6000,- Kč
- 1x za 5 let revize těsnosti nádob 240,- Kč

Graf 4 – shrnutí nákladů za materiál a roční výdaje za provoz



Pro ekonomické vyhodnocení byly vybrány pelety s elektřina, kde je na grafu znázorněno střetnutí cen díky velkým ročním výdajům financí za elektřinu jako paliva pro vytápění.

Graf 5 – ekonomické porovnání elektřiny a dřevěných pelet



Ceny ekonomického vyhodnocení jsou orientační

V ceně investice není zahrnuta práce na zhotovení otopné soustavy, ceny za práci by se lišily pouze cenou za zhotovení kotleny. Cena není zahrnuta, neboť musí být stanovena realizační firmou, kde každá firma má jinou taxu. Dále není zahrnuta životnost materiálu a zařízení.

## Ekologické vyhodnocení

### 1. Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého

Palivo nebo energie		I kg/ GJ I
I pevná paliva	I černé uhlí tříděné	I 92,4 I
I	I hnědé uhlí tříděné	I 99,1 I
I	I jiné pevné palivo	I 94,1 I
I	I koks	I 107,0 I
I	I proplástek	I 94,1 I
I kapalná paliva	I těžký topný olej (s obsahem síry do 1 % hm. v č.) - nízkosírný	I 77,4 I
I	I jiná kapalná paliva	I 76,6 I
I	I TOEL	I 73,3 I
I	I benzín	I 69,2 I
I	I plynový olej (s obsahem síry do 0,1 % hm. vč.)	I 73,3 I
I plynná paliva	I zemní plyn	I 55,4 I
I	I koksárenský plyn	I 44,4 I
I	I propan-butan	I 65,9 I
I	I vysokopeční plyn	I 240,6 I
I	I jiné plynné palivo	I 54,7 I
I elektřina	I elektřina	I 281 I
I biomasa	I	I 0 I

Obrázek 59 – všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého [38]

Tabulka 18 – porovnání ušetření CO<sub>2</sub> při vytápění elektřinou a dřevěnými pelety

	kg/GJ	kWh/rok	GJ	kg CO <sub>2</sub> za rok	za 20 let
elektrika	281	21818,06	78,545	22 071	441 423
dřevěné pelety	0	21818,06	78,545	0	0

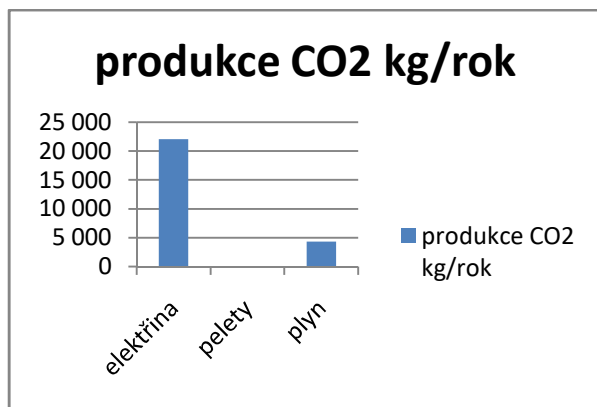
Za 20 let ušetříme 441 tun CO<sub>2</sub>.

Tabulka 19 – porovnání ušetření CO<sub>2</sub> při vytápění plynem a dřevěnými pelety

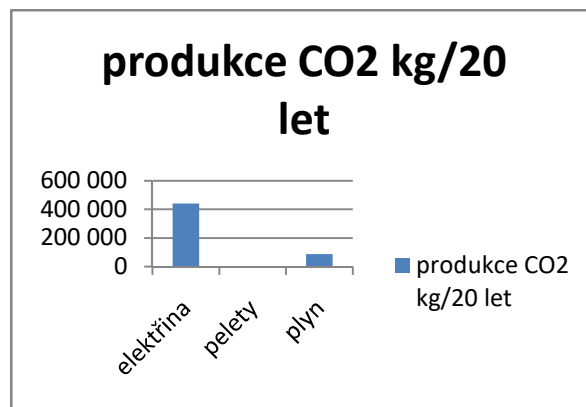
	kg/GJ	kWh/rok	GJ	kg CO <sub>2</sub> za rok	za 20 let
plyn	55,4	21818,06	78,545	4 351	87 028
dřevěné pelety	0	21818,06	78,545	0	0

Za 20 let ušetříme 87 tun CO<sub>2</sub>.





Graf 6 – produkce CO2 za 20 let



Graf 7 – produkce CO2 za rok

Pro ekologické vyhodnocení bylo vypočítáno množství produkce CO2 a porovnáno mezi variantami pelety + elektrina a pelety + plyn. Pelety - jako biomasa jsou uvažovány s nulovým výdajem CO2, viz rešerše výše.

## ZÁVĚR

Biomasa jako palivo pro vytápění je svým šetrným dopadem na životní prostředí a svou obnovitelností vhodnou volbou. Její různé způsoby použití a velká škála druhů umožňuje uživateli hned několik variant využití. Bohužel v dnešní době je více využíván plyn, především pro svou cenu a také pro snadné užívání. To je také znázorněno v ekonomickém vyhodnocení, kde není možnost střetnutí pelet a plynu, díky svým nízkým nákladům. Dále byla v ekonomickém vyhodnocení porovnána i výše provozních nákladů po dobu 30let. Pro tyto varianty byly vybrány konkrétní zdroje tepla. Kotel na dřevěné pelety Verner A492 je dále navržen v projektu daného víceúčelového objektu.

Projektová dokumentace je vypracována v zadaném rozsahu kompletní výkresové části, výpočtové části týkající se dimenzování soustavy, zaregulování, a dále technická zpráva. Také jsou v přílohách přiloženy prospekty použitých materiálů od daných výrobců.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Biomasa - definice a členění: TZB-info. *Tzb- info* [online]. topinfo, 2009 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/5641-biomasa-definice-a-cleneni>
- [2] Biomasa – využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR: obnovitelné zdroje. *O energetice* [online]. 2017, 3.2.2017 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody/>
- [3] *Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy: Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/prirucka1.pdf>
- [4] Palivo pro kotle: energie z biomasy. In: *Binder esel* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://binder.esel.cz/w/4599/palivo-pro-kotle>
- [5] *Využití biomasy: ENERGIE VĚTRU, VODY, BIOMASY* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/90/17.html>
- [6] ENERGIE BIOMASY: centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie. *EcoWATT: centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie* [online]. 2007 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>
- [7] Spalovny odpadu – odpad jako palivo: Nakládání s odpady. *TZB - info* [online]. topinfo, 2014, 2014 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/nakladani-s-odpady/11897-spalovny-odpadu-odpad-jako-palivo>
- [8] Spalovaná paliva: fluidní spalování. *Kovosta - fluid: specialisty na fluidní kotle* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.kovosta.cz/spalovana-paliva.html>
- [9] VÁŇA, Jaroslav, UŠŤAK, Sergej: Biologicky dosoušená biomasa na bázi bioodpadů jako palivo pro biokotelny a bioelektrárny. *Biom.cz* [online]. 2011-05-30 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biologicky-dosousena-biomasa-na-bazi-bioodpadu-jako-palivo-pro-biokotelny-a-bioelektrarny>>. ISSN: 1801-2655.
- [10] Biomasa. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): WikimediaFoundation, 2001- [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Biomasa>
- [11] Moderní biomasové centrální kotelny. *Česká peleta: Moderní biomasové centrální kotelny* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/zpravy-z-tisku/moderni-biomasove-centralni-kotelny/>
- [12] Zdroje tepla: kotelny. *VUT Brno TZB* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [https://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni\\_soubory/BT01\\_P5.pdf](https://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni_soubory/BT01_P5.pdf)
- [13] Moderní biomasové centrální kotelny: biomasa. *TZB-info* [online]. topinfo, 2016 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/13766-moderni-biomasove-centralni-kotelny>
- [14] STUPAVSKÝ, Vladimír: Kotel na dřevní štěpku. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotel-na-drevni-stepku>>. ISSN: 1801-2655.

- [15] Kotle: Kotle, kamna, krby. *TZB - info: Kotle* [online]. topinfo, 2012, 2.4.2012 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/8438-kotle-2-cast>
- [16] Fluidní kotle. *Kovosta-fluid: specialista na fluidní spalování* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.kovosta.cz/fluidni-kotle.html>
- [17] TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ: Spalovny odpadů. *Mendelova univerzita v Brně* [online]. Brno: Argonomická Fakulta, 2015, 3.6.2015 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/files/210/19558.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/210/19558.pdf)
- [18] Ne/spalování odpadů: odpady. *Eko spotřebitel: vše co potřebujete vědět o šetrné spotřebě* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.ekospotrebitel.cz/ekospotrebitel/odpovedna-domacnost/odpady/nespalovani-odpadu/>
- [19] KAMENICKÝ, Tomáš: Nezahazujte svůj odpad - UNICONFORT kotle na spalování až 150 % vlhké pevné biomasy. *Biom.cz* [online]. 2011-09-14 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/nezahazujte-svuj-odpad>>. ISSN: 1801-2655.
- [20] Ekonomická likvidace kalů z čistíren odpadních vod. *EnviGroup* [online]. 2009, 3.6. 2009 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.envigroup.cz/aktualita-136.html>
- [21] Spalovny odpadu – odpad jako palivo: Nakládání s odpady. *TZB-info* [online]. topinfo, 2014, 27.10.2014 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/nakladani-s-odpady/11897-spalovny-odpadu-odpad-jako-palivo>
- [22] Spalovny odpadů. *Vítejte na zemi: multimediální ročenka životního prostředí* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=spalovny\\_odpadu&site=odpady](http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=spalovny_odpadu&site=odpady)
- [23] citace Technologie bioplynových stanic: technologie. *Bioplynové stanice* [online]. 2008, 2008 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/>
- [24] BAKOKO: COMPLoo. *BAKOKO* [online]. 2010 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.bakoko.jp/#/comploo/>
- [25] Student postavil biomilíř, se kterým může vytápět skleník celý rok. *IDNES: Hobby* [online]. 2016, 8.3. 2016 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [https://hobby.idnes.cz/biomilir-vytapi-sklenik-08c-/hobby-zahrada.aspx?c=A160307\\_110358\\_hobby-zahrada\\_bma](https://hobby.idnes.cz/biomilir-vytapi-sklenik-08c-/hobby-zahrada.aspx?c=A160307_110358_hobby-zahrada_bma)
- [26] Jak využít teplo ukryté v kompostu. *Energie 21: biomasa* [online]. 2014, 28.2.2014 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://energie21.cz/jak-vyuzit-teplo-ukryte-v-kompostu/>
- [27] Netradiční šetrné způsoby vytápění: vytápění rodinného domu. *Living: dům* [online]. 2017, 14.9.2017 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [https://www.living.cz/netradicni-setrne-zpusoby-vytapani/?utm\\_source=www.seznam.cz&utm\\_medium=sekce-z-internetu](https://www.living.cz/netradicni-setrne-zpusoby-vytapani/?utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu)
- [28] Enel dokončil světově první geotermálně-biomasovou hybridní elektrárnu: elektrárny v Evropě. *O energetice: obnovitelné zdroje* [online]. 2015, 14.8.2015 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/enel-dokoncil-svetove-prvni-geotermalne-biomasovou-hybridni-elektrarnu/>

- [29] KAMENICKÝ, Tomáš: Nezahazujte svůj odpad - UNICONFORT kotle na spalování až 150 % vlhké pevné biomasy. *Biom.cz* [online]. 2011-09-14 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/nezahazujte-svuj-odpad>>. ISSN: 1801-2655.
- [30] Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210: tabulky a výpočty. *TZB-info* [online]. topinfo [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/28-vnitri-vypoctove-teploty-dle-csn-en-12831-a-doporucene-relativni-vlhkosti-vzduchu-dle-csn-06-0210>
- [31] Vytápění kompostem, Painova Metoda, biomilíř: horká voda, metan, biomasa. *Zbyněk Mlčoch* [online]. 2015, 3.6.2015 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/texty/byt-dum-zahrada/vytopeni-kompostem-painova-metoda-biomilir-horka-voda-metan-biomasa>
- [32] Náš projekt se zabývá výzkumem a možnostmi využití kompostu jako zdroje tepelné energie. *Vytápění kompostem: biomilíř aneb síla kompostu* [online]. 2014 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.vytopenikompostem.cz/>
- [33] Jean Pain: France's King of Green Gold. *Journeyforever* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [http://journeytoforever.org/biofuel\\_library/methane\\_pain.html](http://journeytoforever.org/biofuel_library/methane_pain.html)
- [34] Bioplynové stanice. *Vítejte na zemi: multimediální ročenka životního prostředí* [online]. 2013 [cit.2018-05-20]. Dostupné z:[http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=bioplynove\\_stanice&site=odpady](http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=bioplynove_stanice&site=odpady)
- [35] AAA *poptávka: štěpka* [online]. In: . [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.aaapoptavka.cz/dodavatele/4-drevo-nabytek-a-papir/257-palivove-drevo/273622-b-energy-s-r-o/14155-zelena-stepka-lesni.html>
- [36] Rychle rostoucí dřeviny - ozdoba zahrad i ekologické palivo: stromy a keře. *Magazín zahrada: místo pro váš odpočinek* [online]. 2014, 21.1.2014 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.magazinzahrada.cz/stromy-a-kere/rychle-rostouci-dreviny-ozdoba-zahrad-i-ekologicke-palivo.html>
- [37] Těžba dřeva: Lesy ČR devastují těžbou dřeva národní park Šumava, tvrdí ekologové. In: *Lidovky: domov* [online]. 2010, 9.7.2010 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [https://www.lidovky.cz/lesy-cr-devastuji-tezbou-dreva-narodni-park-sumava-tvrdi-ekologove-1pj-/zpravy-domov.aspx?c=A100709\\_173208\\_In\\_domov\\_lya](https://www.lidovky.cz/lesy-cr-devastuji-tezbou-dreva-narodni-park-sumava-tvrdi-ekologove-1pj-/zpravy-domov.aspx?c=A100709_173208_In_domov_lya)
- [38] Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku. *TZB-info* [online]. topinfo, 2012 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-480-2012-sb-o-energetickem-auditu-a-energetickem-posudku>

## NORMY A VYHLÁŠKY

ČSN 06 0310. *Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž*. 2014.

ČSN 73 0540. *Tepelná ochrana budov*. 2011.

ČSN EN 12828. *Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav*.

ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*.

Vyhláška č. 480/2012 Sb. *o energetickém auditu a energetickém posudku*

## KNIHY

Skriptu TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV; Vytápění – podklady pro cvičení – Prof. Ing. Karel Kabele, CSc. a kolektiv 2013 Praha. ISBN 978-80-01-05203-7

ZDROJE TEPLA A DOMOVNÍ KOTELNY – Otília Lulkovičová a kolektiv 2004. ISBN 80-8076-002-0

## SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Využití biomasy. Autor: Antonín Slejška [2] .....	10
Obrázek 2 - polenové dřevo [5] .....	11
Obrázek 3 - po těžbě [37] .....	12
Obrázek 4 - cíleně pěstované rychle rostoucí dřeviny [36] .....	12
Obrázek 5 - štěpka [5] .....	13
Obrázek 6 - zelená štěpka [35] .....	13
Obrázek 7 - Obr. 7. Hnědá štěpka [35] .....	13
Obrázek 8 - Obr. 8 bílá štěpka [35] .....	14
Obrázek 9 - hobliny [4] .....	14
Obrázek 10 - piliny [4] .....	14
Obrázek 11 - dřevěné brikety [5] .....	15
Obrázek 12 - dřevěné pelety [4] .....	15
Obrázek 13 - slámové balíky [5] .....	16
Obrázek 14 - slámové brikety [5] .....	16
Obrázek 15 - mořská řasa [5] .....	17
Obrázek 16 - sladkovodní řasa [5] .....	17
Obrázek 17 - kukuřičné pelety [4] .....	18
Obrázek 18 - mláto [4] .....	18
Obrázek 19 - obilí [4] .....	18
Obrázek 20 - pecky z višně [4] .....	18
Obrázek 21 - rašelinové pelety [4] .....	19
Obrázek 22 - vyloupané klasy kukuřice [4] .....	19
Obrázek 23 - rašelinové pelety 2 [4] .....	19
Obrázek 24 - sláma [4] .....	19
Obrázek 25 - slámové pelety [4] .....	20

Obrázek 26 - sloní tráva (miscantus) [4] .....	20
Obrázek 27 - slunečnicové pelety [4] .....	20
Obrázek 28 - kakaové šlupky [4] .....	20
Obrázek 29 - graf vývoje ceny paliv na rakouském trhu na posledních 12 let [4] .....	21
Obrázek 30 - čistička odpadních vod [20] .....	22
Obrázek 31 - Kontinuální systém na zpracování kejdy. Foto: EkoWATT [6] .....	22
Obrázek 32 - Základní částí roštového ohniště [15] .....	24
Obrázek 33 - Fáze spalování paliva na roštu [15] .....	25
Obrázek 34 - Typy posuvných roštů [15] : a) vodorovný posuvný rošt, b) šikmý rošt s přímým posunem, c) šikmý rošt vrativý, d) rošt s válcovými roštnicemi .....	25
Obrázek 35 - Kotel s bublinkující fluidní vrstvou [15] 1 – zásobník paliva, 2 – fluidní vrstva, 3 – obrátová komora, 4 a 5 – přehřívák, 6 – ekonomizér, 7 – LUVO .....	26
Obrázek 36 - Kotel s cirkulující fluidní vrstvou [15] 1 – přívod paliva, 2 – fluidní vrstva, 3 – primární vzduch, 4 – sekundární vzduch, 5 – cyklon, 6 – fluidní uzávěr (sifon), 7 – externí chladič popele, 8 a 9 – přehřívák, 10 – ekonomizér, 11 – LUVO .....	27
Obrázek 37 - Obr. 37: Varianty hořáků v ohništích kotlů [15] a – dvouřadé čelní, b – jednořadé protiběžné, c – jednořadé vystřídání, d – jednořadé rohové (tangenciální), e – dvouřadé rohové (tangenciální), f – dvouřadé rohové (tangenciální), g – dvouřadé kombinované, h, k – stropní, i, j – uspořádání v čelní stěně u výtavných ohnišť, l – naklápeč .....	27
Obrázek 38 - Ukázka třítahového granulačního kotle s hořákem v horní části spalovací komory [15] ..	28
Obrázek 39 - Ukázka dvouprostorového výtavného kotle [15] .....	28
Obrázek 40 - Základní schéma spalovny [21] .....	29
Obrázek 41 - Způsoby nakládání s komunálním odpadem v ČR v roce 2012 [21] .....	30
Obrázek 42 - proces výroby bioplynu [23] .....	32
Obrázek 43 - rozklad biomasy [23] .....	33
Obrázek 44 - Schéma bioplynové stanice, kontinuální systém. © EkoWATT .....	34
Obrázek 45 - příklady bioodpadu a jejich energetické využitelnosti [34] .....	34
Obrázek 46 - specifikace složení kompostu pro metodu Jeana Paina [31] .....	35
Obrázek 47 - Schéma využití biomilíře podle p. Jeana Peina [33] .....	35
Obrázek 48 - Obr. 48: biomilíř v Moravské Třebové [32] .....	36
Obrázek 49 - ukázka složení biomilíře (dřevní drť s příměsí hlíny a organických zbytků) [32] .....	36
Obrázek 50 - ukázka teploty v biomilíři [32] .....	36
Obrázek 51 - výměník tepla uprostřed biomilíře [25] .....	36
Obrázek 52 - kruhová čajovna [24] .....	37
Obrázek 53 - schéma využití tepla [24] .....	37
Obrázek 54 - schéma kompostování [24] .....	38
Obrázek 55 - schéma kotle Global [29] .....	39
Obrázek 56 - příklad typické instalace [29] .....	39
Obrázek 57 - Obr. 56: Příklad typické instalace kotle Global [29] .....	39
Obrázek 58 - Vizualizace víceúčelového objektu v Praze (Lucie Stražovanová) .....	40
Obrázek 59 – všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého [38] .....	48

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Přepočítání paliva dle výhřevnosti a roční spotřeby (viz. přílohy) .....	41
Tabulka 2 - Přepočítání vhodného paliva pro danou lokalitu (viz. přílohy) .....	41
Tabulka 3 – nacenění měděného potrubí .....	42
Tabulka 4 – nacenění otopných těles .....	42
Tabulka 5 – nacenění šroubení u otopných těles .....	43
Tabulka 6 – nacenění ventilů u otopných těles .....	43
Tabulka 7 – nacenění třicestných ventilů .....	43
Tabulka 8 – nacenění čerpadel .....	44
Tabulka 9 – nacenění izolace potrubí .....	44
Tabulka 10 – nacenění expanzní nádoby .....	44
Tabulka 11 – nacenění akumulční nádrže .....	44
Tabulka 12 – nacenění komínového systému .....	44
Tabulka 13 – nacenění kotle .....	44
Tabulka 14 – celkové shrnutí varianty pro vytápění pelety .....	44
Tabulka 15 - Porovnání plyn: - investiční náklady – cena za materiál .....	45
Tabulka 16 - Porovnání elektrina: - investiční náklady – cena za materiál .....	45
Tabulka 17 – shrnutí cen .....	45
Tabulka 18 – porovnání ušetření CO <sub>2</sub> při vytápění elektrinou a dřevěnými pelety .....	48
Tabulka 19 – porovnání ušetření CO <sub>2</sub> při vytápění plynem a dřevěnými pelety .....	48

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 – porovnání celkových cen za paliva .....	41
Graf 2 – celkové porovnání produkce popela v porovnání biomasy .....	41
Graf 3 – shrnutí porovnání cen za materiál a roční spotřebu za palivo .....	46
Graf 4 – shrnutí nákladů za materiál a roční výdaje za provoz .....	47
Graf 5 – ekonomické porovnání elektřiny a dřevěných pelet .....	47
Graf 6 – produkce CO <sub>2</sub> za 20 let .....	49
Graf 7 – produkce CO <sub>2</sub> za rok .....	49

## SEZNAM PŘÍLOH

### TABULKY

tabulka místností 1.NP

Tabulka místností 2.NP

Tabulka paliva

Výpočty potrubí, ventilů a šroubení v PROTECHU

## **PROSPEKTY**

Kotel Verner A492

Komín Schiedel Absolut

Akumulační nádrž Regulus PS2F 2000 N+

Ventily IMI V-exact II

Šroubení IMI Regutec

Třicestné ventily IMI CV316 RGA

Čerpadla Wilo Yonos Pico

Expanzní nádoba Regulus Aquafill HS150

Pojistný ventil Regulus F/F 15 398

Otopná tělesa Korado Radik Klasik

Rozdělovač / sběrač HV 70/125 - 6



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

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**Technická zpráva  
Bc. Eliška Gráfová**

**Vedoucí diplomové práce:**

**Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.**

**2017-2018**

## Obsah

1	Identifikační údaje stavby.....	4
1.1	Údaje o stavbě.....	4
1.2	Popis objektu.....	4
1.3	Podklady.....	4
2	Základní technické údaje.....	5
2.1	Klimatické poměry.....	5
2.2	Tepelná ztráta a bilance energií.....	5
3	Zdroj tepla.....	5
3.1	Popis zdroje tepla.....	5
3.2	Větrání prostorů.....	6
3.3	Odvod spalin.....	6
4	Otopná soustava.....	6
4.1	Typ otopné soustavy.....	6
4.2	Rozvody.....	6
4.3	Kompenzátory.....	7
4.4	Tepelné izolace.....	7
4.5	Vypouštění otopné soustavy.....	7
4.6	Čerpadla.....	7
5	Otopné plochy.....	7
5.1	Typ otopných ploch.....	7
5.2	Umístění otopných ploch.....	8
5.3	Uchycení otopných ploch.....	8
5.4	Nátěry.....	8
6	Regulace systému.....	8
6.1	Popis regulace systému.....	8
6.2	Použití regulační armatury.....	8
7	Příprava teplé vody.....	8

8	Pojištění otopné soustavy .....	9
9	Akumulační nádrž .....	9
10	Požadavky na ostatní profese .....	9
10.1	Stavební část.....	9
10.2	Zdravotní technika.....	9
10.3	Elektroinstalace a regulace.....	9
11	Vliv stavby na životní prostředí .....	10
12	Bezpečnost práce .....	10
13	Uvedení do provozu .....	10
14	Výpis materiálů .....	10
15	Závěr.....	10

# 1 Identifikační údaje stavby

## 1.1 Údaje o stavbě

Název stavby:	Víceúčelový dům Praha
Místo stavby:	Roztoky u Prahy
Účel stavby:	Veřejné prostory
Projektant části vytápění:	Bc. Eliška Gráfová, student Fakulta stavební – ČVUT v Praze
Charakter stavby:	Novostavba
Stupeň dokumentace:	Rozšířená dokumentace pro stavební povolení

## 1.2 Popis objektu

Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepenou novostavbu víceúčelového domu v Roztokách u Prahy; venkovní výpočtová teplota  $Q_e$  je zde  $-13^{\circ}\text{C}$ . Hlavní vstup do objektu je v 1. NP na JZ straně. Vertikální komunikaci zajišťují schodiště v západním a východním křídle. Skladby jednotlivých konstrukcí objektu splňují požadované hodnoty součinitele prostupu tepla určené normou ČSN 737 0540.

V 1. NP se nachází vstupní hala s hygienickým zázemím, dále knihovna s příslušnými prostory a kanceláří, přednášková místnost, třídy základní umělecké školy se zázemím a technické místnosti.

V 2. NP je rozděleno do dvou křídel. Ve východním křídle se nachází městský úřad se zázemím a zasedací místností. V západním křídle se nachází třídy základní umělecké školy se zázemím.

## 1.3 Podklady

- Studie projektu
- Platné normy ČSN a vyhlášky, zejména
  - o ČSN EN 12831 Výpočet tepelných ztrát budov
  - o ČSN EN 12828 Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních tepelných soustav

## 2 Základní technické údaje

### 2.1 Klimatické poměry

Klimatická oblast:	I
Nadmořská výška:	237 m n.m.
Výpočtová venkovní teplota:	$t_e = -13 \text{ °C}$
Mezní teplota topného období:	$13 \text{ °C}$
Průměrná teplota v topném období:	$t_{es} = 5,1 \text{ °C}$
Počet dnů v topném období:	$d = 216$

### 2.2 Tepelná ztráta a bilance energií

Tepelná bilance objektu byla vypočtena pomocí programu PROTECH TV pro vnější výpočtovou teplotu  $t_e = -13 \text{ °C}$  dle normy ČSN EN 12831 a ČSN 73 0540.

Tepelná ztráta celého objektu prostupem:	30,057 kW
Požadovaný výkon pro ohřev vzduchu do vzt:	7,7 kW
Roční potřeba tepla:	78,545 GJ/rok = 21 818 kWh/rok
Požadovaný výkon zdroje tepla	38 kW

## 3 Zdroj tepla

### 3.1 Popis zdroje tepla

Zdrojem tepla pro vytápění a ohřev vzt bude automatický peletový kotel Verner A492 o výkonu 14,7 – 49 kW. Kotel bude umístěn v 1.NP v technické místnosti tak, jak je uvedeno na výkresu č. 8 – Půdorys kotelny. Automatický peletový kotel bude opatřen automatickým podavačem s pohonem pro dopravu paliva ze zásobníku o objemu 700l a také externím popelníkem sloužící k odstranění popela ze spalovací komory.

Jako pojistné zařízení pro zdroj tepla slouží expanzní nádrž Regulus HS150 o objemu 150 l. Druhým zařízením je pak pojistný ventil Regulus F/F 15 397, připojení G1", který je nastaven na otevírací přetlak 400 kPa. V technické místnosti je dále navržena akumulární nádrž topné vody Regulus PS2F 2000 N+ s izolací o objemu 2000 l.

## 3.2 Větrání prostorů

Navržený kotel je závislý na vzduchu v místnosti, tudíž byl vypočten přívodní otvor a koním je navržen dvoukomorový pro možnost přívodu vzduchu. Větrání technické místnosti bylo navrženo pro odvod škodlivin z místnosti, a to na doporučenou intenzitu výměny vzduchu  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ . Po zajištění větrání jsou v technické místnosti navrženy dva otvory pro přívod a odvod vzduchu přes větrací mřížky. Velikost otvoru je  $200 \times 200 \text{ mm}$ . Dále je vypočítána intenzita větrání skladu paliva, uvažovaná doporučená intenzita výměny vzduchu je  $n = 2 \text{ h}^{-1}$ . Pro zajištění větrání jsou v místnosti navržena dva otvory o rozměru  $150 \times 150 \text{ mm}$  s větrací mřížkou.

## 3.3 Odvod spalin

Odvod spalin bude řešen komínovým systémem Schiedel Absolut. Přívod vzduchu je přiveden pomocí postraního komínového přívodu. Komín je navržen o vnitřním průměru  $200 \text{ mm}$  a účinné výšce  $8 \text{ m}$ .

# 4 Otopná soustava

## 4.1 Typ otopné soustavy

V objektu je navržena uzavřená dvoutrubková protiproudá otopná soustava s nuceným oběhem. Topným médiem je topná voda o teplotním spádu  $55/44 \text{ °C}$ . Jedná se o horizontální soustavu, která je ke zdroji tepla připojena pomocí rozdělovače a sběrače umístěného v kotelně. Otopná soustava je rozdělena do 6 větví. Větev V1 vytápí část objektu, kde se nachází učebny základní umělecké školy a její zázemí; větev V2 je určena pro vytápění přednáškového sálu umístěného v 1NP. Vstupní hala a komunikační jsou vytápěny větví číslo V3. Větev V4 vytápí kanceláře městského úřadu a jeho zázemí. Větev V6 je připojena ke vzduchotechnické jednotce umístěné v technické místnosti v 1NP. Na rozdělovač sběrač je tedy napojeno 6 větví. Jedná se o rozdělovač/ sběrač Regulus HV 70/125-6. Ohřev užitkové vody je řešeno pomocí samostatnými průtokovými ohříváči, tudíž není součástí projektové dokumentace.

## 4.2 Rozvody

Horizontální rozvody budou vedeny v prostoru; dále pak v ojedinělých případech v podlaze. Potrubí bude z měděných trubek Supersan o průměrech potrubí 15; 18; 22; 28 a 35. Potrubí je třeba spádovat viz. výkresy svislých řezů. Spojování a napojení otopného tělesa na trubky

bude provedeno podle technického listu výrobce. Rozvodné potrubí bude měděné, tudíž nebude potřeba nátěru.

Prostupy stěnami a stropy budou uloženy do chrániček. Odvzdušňování bude prováděno na každém otopném tělese zvlášť a na nejvyšších místech otopné soustavy viz. výkresy svislých řezů. Uchycení potrubí bude do pryžových objímek. Dimenze jednotlivých úseků potrubí jsou patrné z projektové dokumentace a výpočetní části projektu.

### **4.3 Kompenzátory**

Potrubí díky své malé teplotní roztažnosti nevyžaduje žádné kompenzační pomůcky.

### **4.4 Tepelné izolace**

Většina rozvodů otopné soustavy nebude izolována z důvodu přiznání potrubí v interiéru. V případech vedení potrubí v podlaze budou trubky opatřeny izolací Rockwool Flexorock. Jednotlivé tloušťky a rozměry izolací jsou uvedeny ve výkresové dokumentaci a ve výpočtové části.

### **4.5 Vypouštění otopné soustavy**

Ve výkresové dokumentaci jsou znázorněna místa, kde jsou navržena vypouštěcí armatury. Hlavní vypouštěcí ventily jsou navrženy u rozdělovače a sběrače v technické místnosti. Odvzdušnění soustavy je také zajištěno samostatně u každého otopného tělesa.

### **4.6 Čerpadla**

Oběh topné vody v otopné soustavě zajišťuje teplovodní oběhové mokroběžné čerpadlo, které je připojeno na otopnou soustavu. Bylo navrženo čerpadlo Wilo Yonos Pico 25/1-4 s max. provozním tlakem 10bar, navrženo na kotlový okruh. Dále budou připojena další mokroběžná čerpadla na každé větvi za rozdělovačem, také Wilo Yonos Pico viz. výkres č. 10 - schéma zapojení. Čerpadlo bylo vybráno podle grafu výrobce, průtoku soustavy a výtlačné výšky viz. výpočtová dokumentace.

## **5 Otopné plochy**

### **5.1 Typ otopných ploch**

V objektu jsou navrženy stejné otopné plochy

KORADO RADIK KLASIK

Jedná se o otopné těleso s bočním přímým připojením.

## **5.2 Umístění otopných ploch**

Otopná tělesa umístěná pod okny a jsou uložena vždy na střed parapetu.

## **5.3 Uchycení otopných ploch**

Všechna tělesa jsou uchycena a montována dle doporučení výrobce, ve vzdálenosti 50 mm od stěny. Přípojky k tělesům budou přivedeny podél těles buď od stropu k tělesu dolů, nebo skrz podlahu k tělesu v 2NP.

## **5.4 Nátěry**

Otopná tělesa jsou opatřena finální úpravou již od výrobce.

# **6 Regulace systému**

## **6.1 Popis regulace systému**

Auromatický peletový kotel Verner A492 bude ovládán ekvitermním regulátorem s termostatem umístěným v technické místnosti dle výběru investora. Individuální regulace teploty vzduchu v jednotlivých místnostech budou ovládány termostatickými hlavicemi na každém otopném tělese. Dále řešení měření a regulací bude řešeno v projektové dokumentaci měření a regulace, které není součástí této projektové dokumentace.

## **6.2 Použité regulační armatury**

Otopná tělesa Korado Radik Klasik jsou osazena regulačním ventilem IMI V-exact II (DN) a regulačním šroubením IMI Regutec nastavená u každého tělesa dle potřebného průtoku (viz. výpočty).

# **7 Příprava teplé vody**

Příprava teplé užitkové vody je řešena pomocí samostatnými průtokovými ohříváči, tudíž není součástí projektové dokumentace.



## **8 Pojištění otopné soustavy**

Otopná soustava bude pojištěna uzavřenou expanzní nádobou Regulus Aquafill HS150 o objemu 150l, která je napojena na otopnou soustavu u kotle a akumulární nádoby. Součástí topné soustavy je navržen teploměr a tlakoměr, také pojišťovací ventil Regulus F/F 15 397 – otevírací přetlak 400 kPa.

## **9 Akumulační nádrž**

Do otopné soustavy byla navržena akumulární nádrž Regulus PS2F 2000 N+ o objemu nádrže 2000 l. Nádobu je navržena pro ukládání přebytečného tepla z otopné soustavy a využití pro okamžitou potřebu například při raním zátopu.

## **10 Požadavky na ostatní profese**

### **10.1 Stavební část**

- Staticky zajistit podklad pro kotel a akumulární nádrž
- Prostupy pro potrubí
- Koordinace při provádění podlahy a kladení potrubí pro vytápění
- Zhotovení větracích prostupů pro odvětrání kotelny a skladu paliva
- Komínový systém

### **10.2 Zdravotní technika**

- Napojení na kanalizaci – komínový systém, pojistný ventil, akumulární nádrž, technickou místnost, kouřovod, některé vypouštěcí kohouty
- Instalace ventilu pro dopouštění vody do otopného systému

### **10.3 Elektroinstalace a regulace**

- Zapojení ekvitermní regulace
- Připojení elektroinstalace zdroje tepla, ventilátoru na odvod spalin/přívod vzduchu, ekvitermní regulace (osazení čidla na fasádě)
- Připojení čerpadel

## **11 Vliv stavby na životní prostředí**

Použitá technologie pro systém vytápění neovlivňuje negativně klimatické poměry, ovzduší, povrchové ani podzemní vody. Stejně tak i provoz a údržba tohoto zařízení nepřekračuje emisní požadavky.

## **12 Bezpečnost práce**

Při provádění montáže je nutné dodržovat příslušné bezpečnostní předpisy pro ochranu zdraví pracovníků. Pracovníci musí být poučeni a musí jim být zajištěny příslušné bezpečnostní pomůcky. Zařízení bude uvedeno do provozu až po provedení všech náležitých předepsaných zkoušek a revizí.

## **13 Uvedení do provozu**

Montáž bude provedena podle předpisů a doporučení výrobce, po dokončení montáže bude soustava vypláchnuta vodou a posléze napuštěna topnou vodou. Pro uvedení do provozu bude provedena tlaková zkouška a zkouška těsnosti. Na závěr bude provedena topná zkouška dle ČSN 06 0310, během níž bude topný systém zaregulován.

## **14 Výpis materiálů**

Viz. výpočtová část

## **15 Závěr**

Projekt byl zpracován podle platných předpisů a norem ČSN. Montáž musí být provedena odborně, při dodržení všech montážních a bezpečnostních předpisů. Všechny platné předpisy a normy jsou pro stavbu závazná.

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

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**Výpočetní část**

**Vypracovala:**

**Bc. Eliška Gráfová**

**Vedoucí diplomové práce:**

**Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.**

2017–2018

## Obsah

VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT V PROGRAMU PROTECH .....	3
MÍSTNOSTI + NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES.....	5
VÝPOČET POTŘEBY TEPLA .....	6
a) Výpočet dle denostupňové metody .....	6
b) Výpočet v programu energie.....	8
c) Porovnání roční potřeby tepla.....	9
NÁVRH ZDROJE TEPLA .....	9
NÁVRH TRAS TOPENÍ A POČET VĚTVÍ.....	9
VÝPOČET A DIMENZE TRAS V PROGRAMU PROTECH .....	10
TŘÍCESNÉ VENTILY, DIMENZE POTRUBÍ A ČERPADLA .....	10
VĚTEV Č.1 .....	11
VĚTEV Č.2 .....	12
VĚTEV Č.3 .....	13
VĚTEV Č.4 .....	14
VĚTEV Č.5 .....	15
VĚTEV Č.6 – pro VZT .....	16
KOTELNA.....	17
VĚTEV Č.7 .....	18
VĚTEV Č.8 .....	18
VĚTEV Č.9 .....	19
VĚTEV Č.10 .....	20
VĚTEV Č.11 .....	21
VĚTEV Č.12 .....	22
VĚTEV Č.13 .....	22
POJISTNÉ A ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ .....	23
NÁVRH POJISTNÉHO VENTILU .....	23
NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY.....	24
DIMENZE AKUMULAČNÍ NÁDRŽE .....	25
VĚTRÁNÍ KOTELNY .....	26
VĚTRÁNÍ SKLADU PALIVA.....	27
NÁVRH KOMÍNU .....	28

# VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT V PROGRAMU PROTECH

## Výpočet budovy - varianta 1

Stavba: Víceúčelová budovy  
Místo: Praha  
Zpracovatel: Eliška Gráfová  
Zakázka: TV (počítání dle požadovaných hodnot)  
Datum: 25.2.2018

podl.	č.m.	účel	úsek	t <sub>i</sub> °C
1	101	UČEBNA	1	20
1	102	WC	1	18
1	103	WC	1	18
1	104	UČEBNA	1	20
1	105	CHODBA	1	15
1	106	TECHNICKÁ MÍSTNOST	1	15
1	107	SKLAD PALIVA	1	15
1	108	KANCELÁŘ	1	20
1	109	KANCELÁŘ	1	20
1	110	KNIHOVNA	1	20
1	111	CHODBA	1	15
1	112	PŘEDNÁŠKOVÝ SÁL	1	20
1	113	ATRIUM	1	18
1	114	ZÁDVEŘÍ	1	10
1	115	UČEBNA	1	20
1	116	UČEBNA	1	20
1	117	CHODBA	1	15
1	118	CHODBA	1	15
1	119	TECHNICKÁ MÍSTNOST	1	15
1	120	KOMUNIKAČNÍ PROSTOR	1	18
1	121	WC	1	18
1	122	WC	1	18
1	123	WC	1	18
2	201	KLUBOVNA	1	20
2	202	WC	1	18
2	203	WC	1	18
2	204	DENNÍ MÍSTNOST	1	20
2	205	ZUŠ	1	20
2	206	KANCELÁŘ	1	20
2	207	KANCELÁŘ	1	20
2	208	KANCELÁŘ	1	20
2	209	KANCELÁŘ	1	20
2	210	CHODBA	1	15
2	211	ZASEDACÍ MÍSTNOST	1	20
2	212	SKLAD	1	15
2	213	KLUBOVNA	1	20
2	214	CHODBA	1	15
2	215	SKLAD	1	15
2	216	CHODBA	1	15

podl.	č.m.	účel	úsek	t <sub>i</sub> °C
2	217	DENNÍ MÍSTNOST	1	20
2	218	KLUBOVNA	1	20
2	219	WC	1	18
2	220	WC	1	18
2	221	WC	1	18

t<sub>e</sub> = -13 °C    t<sub>ib</sub> = 18,4 °C    n<sub>50</sub> = 0,0    systém rozměrů: E - vnější

č.m.	úsek	V <sub>mi</sub> m <sup>3</sup>	A <sub>pi</sub> m <sup>2</sup>	H <sub>Tm</sub> W/K	H <sub>Vm</sub> W/K	F <sub>Tm</sub> W	F <sub>Vm</sub> W	F <sub>RHm</sub> W	F <sub>Hm</sub> W	Q <sub>cm</sub> W	Q <sub>z</sub> W
<b>ÚSEK 1</b>											
101	1	61,4	19,8	24	0	776	0	0	776	776	0
102	1	25,4	8,2	18	0	543	0	0	543	543	0
103	1	28,6	9,2	8	0	240	0	0	240	240	0
104	1	29,1	9,4	19	0	619	0	0	619	619	0
105	1	42,6	13,8	2	0	43	0	0	43	43	0
106	1	135,5	43,7	14	0	384	0	0	384	384	0
107	1	53,7	17,3	-1	0	-16	0	0	0	0	0
108	1	51,6	16,6	24	0	800	0	0	800	800	0
109	1	110,1	35,5	33	0	1 103	0	0	1 103	1 103	0
110	1	393,6	127,0	112	0	3 686	0	0	3 686	3 686	0
111	1	91,3	29,4	-11	0	-311	0	0	0	0	0
112	1	222,5	71,8	73	0	2 396	0	0	2 396	2 396	0
113	1	163,7	52,8	62	0	1 932	0	0	1 932	1 932	0
114	1	18,6	6,0	2	0	49	0	0	49	49	0
115	1	29,8	9,6	10	0	345	0	0	345	345	0
116	1	61,4	19,8	24	0	776	0	0	776	776	0
117	1	82,0	26,4	-23	0	-641	0	0	0	0	0
118	1	60,2	19,4	-1	0	-34	0	0	0	0	0
119	1	59,7	19,3	-6	0	-177	0	0	0	0	0
120	1	130,0	41,9	78	0	2 415	0	0	2 415	2 415	0
121	1	9,8	3,2	0	0	-9	0	0	0	0	0
122	1	29,3	9,4	4	0	115	0	0	115	115	0
123	1	20,0	6,4	3	0	79	0	0	79	79	0
201	1	64,7	20,2	29	0	956	0	0	956	956	0
202	1	26,3	8,2	6	0	185	0	0	185	185	0
203	1	29,5	9,2	7	0	212	0	0	212	212	0
204	1	30,9	9,7	13	0	443	0	0	443	443	0
205	1	310,6	97,1	112	0	3 685	0	0	3 685	3 685	0
206	1	56,6	17,7	23	0	775	0	0	775	775	0
207	1	73,0	22,8	22	0	733	0	0	733	733	0
208	1	82,0	25,6	28	0	939	0	0	939	939	0
209	1	45,3	14,1	19	0	623	0	0	623	623	0
210	1	94,2	29,4	-4	0	-122	0	0	0	0	0
211	1	151,5	47,3	57	0	1 897	0	0	1 897	1 897	0
212	1	43,1	13,5	-1	0	-33	0	0	0	0	0
213	1	62,0	19,4	18	0	602	0	0	602	602	0
214	1	92,4	28,9	-24	0	-669	0	0	0	0	0
215	1	20,6	6,4	-4	0	-121	0	0	0	0	0
216	1	53,3	16,7	-27	0	-747	0	0	0	0	0

č.m.	úsek	V <sub>mi</sub> m <sup>3</sup>	A <sub>pi</sub> m <sup>2</sup>	H <sub>Tm</sub> W/K	H <sub>Vm</sub> W/K	F <sub>Tm</sub> W	F <sub>Vm</sub> W	FR <sub>Hm</sub> W	F <sub>Hm</sub> W	Q <sub>cm</sub> W	Q <sub>z</sub> W
217	1	29,1	9,1	16	0	528	0	0	528	528	0
218	1	88,0	27,5	34	0	1 122	0	0	1 122	1 122	0
219	1	10,1	3,2	5	0	154	0	0	154	154	0
220	1	10,1	3,2	2	0	76	0	0	76	76	0
221	1	30,2	9,4	10	0	300	0	0	300	300	0
S úsek 1 ÚSEK 1		3 313,3	1 054,7	807	0	26 652	0	0	29 532	29 532	0

Legenda

V<sub>np</sub> - hygienická výměna vzduchu

V<sub>n50</sub> - výměna vzduchu pláštěm budovy

f<sub>RH</sub> - zátopový součinitel

Φ<sub>Tm</sub> - tepelná ztráta místnosti prostupem tepla

Φ<sub>Vm</sub> - tepelná ztráta místnosti větráním

Φ<sub>RHm</sub> - tepelný výkon místnosti pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění

Φ<sub>Hm</sub> - celkový návrhový tepelný výkon místnosti

Q<sub>cm</sub> = Φ<sub>Hm</sub> + Q<sub>z</sub>

## MÍSTNOSTI + NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES

Teplotní spád byl zvolen 55/45°C kde ΔT = 35, otopná tělesa byla vybrána od výrobce Korado Radik Klasik (viz. přílohy).

Místnosti 1.NP (viz. Přílohy)

Tabulka 1 - popis místností 1.NP a otopných těles

číslo	účel místnosti	m2	m3	°C	SS	ztráty kčí	celkm protech	OT	výkon jednoho	W celkem	těleso	typ	rozměr	vzduchu m3/h
101	učebna	19,8	61,38	20	SZ	776	776	2	393	786	korado radik klasik	10	2*1100x700	100
102	wc	8,2	25,42	18	S	543	543	1	570		korado radik klasik	11	900x700	-150
103	wc	9,23	28,613	18	S	240	240	1	272		korado radik klasik	10	700x700	-150
104	učebna	9,38	29,078	20	S	619	619	1	643		korado radik klasik	10	1800x700	100
105	chodba	13,75	42,625	15	S	43	43							-350
106	technická místnost	43,72	135,532	15	SV	384	384							-
107	sklad paliva	17,33	53,723	15	V	-16	0							-
108	kancelář	16,65	51,615	20	V	800	800	1	815		korado radik klasik	11	1400x700	50
109	kancelář	35,52	110,112	20	V	1103	1103	2	582	1164	korado radik klasik	11	2*1000x700	50
110	knihovna	126,96	393,576	20	JV	3686	3686	7	5* 643 + 2* 250	3715	korado radik klasik	10	5* 1800x700 / 2* 700x700	1200
111	chodba	29,44	91,264	15	J	-311	0							-400
112	přednáškový sál	71,76	222,456	20	JZ	2396	2396	5	4*501 + 1*393	2397	korado radik klasik	10	4* 1400x700 / 1* 1100x700	1000
113	atrium	52,8	163,68	18	Z	1932	1932	2	1098	2196	korado radik klasik	11	2*2300x500	-800
114	zádveří	6	18,6	10	Z	49	49							-100
115	učebna	9,6	29,76	20	Z	345	345	1	357		korado radik klasik	10	1000x700	100
116	učebna	19,8	61,38	20	Z	776	776	2	422	844	korado radik klasik	10	2*1600x500	100
117	chodba	26,45	81,995	15	SZ	-641	0							-300
118	chodba	19,42	60,202	15	S	-34	0							-400
119	technická místnost	19,25	59,675	15	V	-177	0							-
120	komunikační prostor	41,92	129,952	18	V	2415	2415	1	2524		korado radik klasik	22	2000x900	400
121	wc	3,15	9,765	18	JV	-9	0							-150
122	wc	9,45	29,295	18	J	115	115	1	115		korado radik klasik	10	400x500	-150
123	wc	6,45	19,995	18	J	79	79							-150
							16301			16398				3100

Místnosti 2. NP (viz. přílohy)

**Tabulka 2 - popis místností 2.NP a otopných těles**

číslo	účel místnosti	m2	m3	SS	°C	ztráty kčí	celkem (protech)	OT	výkon jednoho	W celkem	těleso	typ	rozměr	vzduchu m3/h
201	učebna	20,23	64,736	SZ	20	956	956	3	2*369 + 1*238	976	korado radič klasik	10	2*1400x500 / 1*900x500	100
202	wc	8,2	26,24	S	18	185	185	1	201		korado radič klasik	10	700x500	-150
203	wc	9,23	29,536	S	18	212	212	1	229		korado radič klasik	10	800x500	-150
204	denní místnost	9,67	30,944	S	20	443	443	1	466		korado radič klasik	11	800x700	-500
205	učebna	97,06	310,592	SV	20	3685	3685	4	3* 1141 + 1* 264	3687	korado radič klasik	3*11 / 1*10	3* 2600x500/ 1* 1000x500	1000
206	kancelář	17,7	56,64	SV	20	775	775	2	1*572 + 1*214	786	korado radič klasik	10	1*1600x700 / 1*600x700	150
207	kancelář	22,8	72,96	JV	20	733	733	2	1*501 + 1*286	751	korado radič klasik	10	1*1400x700 / 1*700x700	150
208	kancelář	25,63	82,016	J	20	939	939	4	250	1000	korado radič klasik	10	4*700x700	300
209	kancelář	14,15	45,28	J	20	623	623	1	643		korado radič klasik	10	1800x700	300
210	chodba	29,44	94,208	J	15	-122	0							-300
211	zasedací místnost	47,35	151,52	JZ	20	1897	1897	4	2* 527 + 2* 422	1898	korado radič klasik	10	2* 2000x500 / 2* 1600x500	500
212	sklad	13,48	43,136	SZ	15	-33	0							-150
213	učebna	19,37	61,984	JZ	20	602	602	2	1*369 + 1*238	607	korado radič klasik	10	1*1400x500 / 1*900x500	100
214	chodba	28,89	92,448	S	15	-669	0							-300
215	sklad	6,46	20,672	S	15	-121	0							-100
216	chodba	16,42	52,544	S	15	-747	0							-200
217	denní místnost	9,08	29,056	S	20	528	528	1	582		korado radič klasik	11	1000x700	-400
218	učebna	27,51	88,032	J	20	1122	1122	2	572	1144	korado radič klasik	10	2*1600x700	200
219	wc	3,15	10,08	S	18	154	154	1	172		korado radič klasik	10	600x500	-50
220	wc	3,15	10,08	S	18	76	76							-50
221	wc	9,45	30,24	S	18	300	300	1	335		korado radič klasik	11	700x500	-150
							13230		13477					2800

## VÝPOČET POTŘEBY TEPLA

### a) Výpočet dle denostupňové metody

#### ROČNÍ POTŘEBA TEPLA

$$Q_r = Q_{vyt} + Q_{tuv} + Q_{vzt} + Q_{tech} \quad [\text{Wh/rok}]$$

$Q_r$  roční potřeba tepla

$Q_{vyt}$  roční potřeba tepla pro vytápění

$Q_{tuv}$  roční potřeba tepla pro ohřev TUV

$Q_{vzt}$  roční potřeba tepla pro ohřev vzduchu ve vzduchotechnických zařízeních

$Q_{tech}$  roční potřeba tepla pro technologii

#### POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ

$$Q_{vyt} = \frac{24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot D}{t_{is} - t_e} \quad [\text{Wh/rok}]$$

$Q_{vyt}$  roční potřeba tepla pro vytápění [Wh/rok]

$Q_c$  tepelná ztráta objektu dle ČSN EN 12 831 [W]

$\varepsilon$  opravný součinitel na snížení teploty, zkrácení doby vytápění, nesoučinnost tepelné ztráty infilrací [-]

$D$  počet denostupňů [d\*K]

$t_{is}$  průměrná výpočtová vnitřní teplota [°C]

$t_e$  výpočtová venkovní teplota [°C]



## OPRAVNÝ SOUČINITEL $\varepsilon$

$$\varepsilon = \frac{e_i * e_t * e_d}{\mu_o * \mu_r} \quad [-]$$

e opravný součinitel [-]

$e_i$  nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem. Protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10-20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel  $e_i=0,8-0,9$

$e_t$  snížení teploty v místnosti během dne resp. noci. V některých objektech je vlivem vhodné regulace možno snížit teplotu po určitou část dne. Součinitel  $e_t$  se volí v rozmezí 0,8 např. pro školy s polodenním vyučováním až po 1,0 pro nemocnice, kde vyžadujeme 100 % výkon otopné soustavy po celých 24 hodin.

$e_d$  zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu  $e_d$ . Podle využití budov v průběhu týdne se volí součinitel  $e_d$  v rozmezí od 1,0 pro budovy se sedmidenním provozem, přes 0,9 pro budovy se šestidenním a 0,8 pro budovy s pětidenním provozem.

$\mu_o$  účinnost rozvodu - volí se v rozmezí 0,95-0,98 podle provedení.

$\mu_r$  účinnost obsluhy resp. možnosti regeulace soustavy - volí se v rozmezí 0,9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce až po 1,0 pro plynovou kotelnou s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí např. podle světových stran s automatickou regulací

$$\varepsilon = \frac{0,8 * 0,8 * 0,8}{0,95 * 0,9} \quad [-]$$

$$\varepsilon = 0,599 \quad [-]$$

## POČET DENOSTUPŇŮ

$$D = (t_{is} - t_{es}) * d \quad [\text{K den}]$$

$t_{is}$  průměrná výpočtová vnitřní teplota v budově [°C]

$t_{es}$  průměrná venkovní teplota v otopném období [°C]

d počet dnu otopného období v roce

$$D = (18 - 4,0) * 216 \quad (\text{Praha})$$

$$D = 3024$$

## POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ

$$Q_{vyt} = \frac{24 * 30057 * 0,599 * 3024}{18 - (-13)}$$

$$Q_{vyt} = 42150602,66 \text{ Wh/rok}$$

$$Q_{vyt} = 42,15 \text{ MWh/rok}$$

## ROČNÍ POTŘEBA TEPLA PRO OHŘEV TUV

- Ohřev vody je řešen elektrickými průtokovými ohříváči

$$Q_{tuv} = 0 \text{ Wh/rok}$$

## ROČNÍ POTŘEBA TEPLA PRO OHŘEV VZDUCHU VE VZDUCHOTECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍCH

$$Q_{vzt} = V_e * \rho * c * z * D_{vzt} \text{ [Wh/rok]}$$

$Q_{vzt}$  roční potřeba tepla pro ohřev vzduchu ve vzduchotechnických zařízeních

$V_e$  množství přiváděného venkovního vzduchu [ $\text{m}^3/\text{hod}$ ]

$\rho$  měrná hmotnost vzduchu [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$c$  měrná tepelná kapacita vzduchu [ $\text{J}/\text{kgK}$ ]

$z$  počet provozních hodin větracího zařízení za den [ $\text{h}/\text{den}$ ]

$D_{vzt}$  počet denostupňů pro větrání za otopné období

## POČET DENOSTUPŇŮ PRO VĚTRÁNÍ ZA OTOPNÉ OBDOBÍ

$$D_{vzt} = Z * (t_i - t_{em})$$

$D_{vzt}$  počet denostupňů pro větrání za otopné období

$Z$  počet dnů v roce, kdy je teplota venk. vzduchu nižší, než požadovaná teplota ve větranném interiéru (počet dnů, kdy je třeba větranný vzduch ohřívat)

$t_i$  teplota v interiéru [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_{em}$  střední venkovní teplota v době, kdy je zařízení chodu a kdy je potřeba venk. vzduch ohřívat

$$D_{vzt} = 3500 \quad \text{- pro Prahu}$$

## ROČNÍ POTŘEBA TEPLA PRO OHŘEV VZDUCHU VE VZDUCHOTECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍCH

$$Q_{vzt} = 5900 * 1,2 * 0,1 * 8 * 3500$$

$$Q_{vzt} = 19824000 \text{ Wh/rok}$$

$$Q_{vzt} = 19,82 \text{ MWh/rok}$$

## ROČNÍ POTŘEBA TEPLA

$$Q_r = 42,15 + 19,82 \text{ MWh/rok}$$

$$Q_r = 61,97 \text{ MWh/rok}$$

$$= 223,092 \text{ GJ/rok}$$

## b) Výpočet v programu energie

Potřeba tepla na vytápění za rok  $Q_{H,nd}$ : **78,545 GJ** (s vlivem přeruš. vytápění)

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy  $U_{em}$ : 0,32 W/m<sup>2</sup>K  
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 30 kWh/(m<sup>2</sup>.a)

**c) Porovnání roční potřeby tepla** – podle programu energie (pro porovnání s denostupňovou metodou) – denostupňová metoda je orientační bez zisků, regulace a dalších aspektů

-zohledněny zisky od lidí a spotřebičů

-počet hodin za týden, během kterých je přerušeno či redukováno vytápění: 98 hod

$$Q_r = 78,545 \text{ GJ/rok}$$

- Bez redukce vytápění  $Q_r = 188,508 \text{ GJ/rok}$

## NÁVRH ZDROJE TEPLA

Potřebný výkon pro kotel: - tepelná ztráta objektu = 30,057kW + výkon pro ohřev vzt

### VÝKON PRO OHŘEV VZDUCHU VE VZT

$$Q = V * \rho * c * \Delta t \quad [\text{W}]$$

- Rekuperace: 65%

$$t_{e2} = t_{e1} + \phi * (t_{i1} - t_{e1})$$

$$t_{e2} = (-13) + 0,65 * (18 + 13)$$

$$t_{e2} = 7,15$$

$$Q = 5900 * 1,2 * 0,1 * (18 - 7,15)$$

$$Q = 7681,8 \text{ W}$$

$$Q = 7,7 \text{ kW}$$

### ZDROJ TEPLA

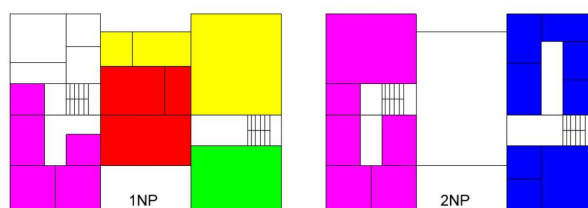
$$Q = Q_{VYT} + Q_{VZT}$$

$$Q = 30,057 + 7,7$$

$$Q = 37,757 \text{ kW (38kW)} - \text{KOTEL VERNER A493 s výkonem 14,7-49kW}$$

## NÁVRH TRAS TOPENÍ A POČET VĚTVÍ

Trasy topení jsem volila dle časového využití a danému účelu místností. Proto bylo zvoleno celkem 5 tras. 1- Základní umělecká škola + zázemí. 2-Přednáškový sál. 3- Vstupní hala, komunikační prostor + zázemí. 4- kanceláře, zasedací místnost + zázemí. 5- knihovna a kanceláře. (viz – výkresy)



Obrázek 1 - rozdělení budovy na provozní úseky

# VÝPOČET A DIMENZE TRAS V PROGRAMU PROTECH

Viz. přílohy

## TŘÍCESNÉ VENTILY, DIMENZE POTRUBÍ A ČERPADLA

1. Výpočet průtočného množství:

$$m = \frac{Q_{MAX}}{c \cdot \Delta t} = \frac{50000 \cdot 3600}{4186 \cdot 6} = 7167 \text{ l/h}$$

2. Tlaková ztráta třícešného regulačního ventilu:

$$\Delta p_{RV} = \Delta p_{SPOTZ} + \Delta p_{D-X}$$

$$\Delta p_{RV} = 20 + 4 = 24 \text{ kPa}$$

3. Výpočet Kv hodnoty třícešného regulačního ventilu:

$$K_v = 0,01 \cdot \frac{m}{\sqrt{\Delta p_{RV}}} = 0,01 \cdot \frac{7167}{\sqrt{24}} = 14,63$$

4. Návrh třícešného regulačního ventilu:

Z katalogového listu TA CV 316 RGA navrhneš nejblížší vyšší hodnotu Kv.

Řešení: třícešný regulační ventil CV 316 RGA, DN 32, Kvs = 16, w = 2.0 m/s

Regulační ventil musí také vyhovovat podmínkám zadání:

- tlaková třída PN 16 (vyhovuje, statický tlak soustavy je 4 bar)
- lze osadit pohonem s tříbodovým řízením
- uzavírací síla pohonu umožňuje uzavřít regulační ventil

5. Výpočet skutečné tlakové ztráty regulačního ventilu:

$$\Delta p_{RV} = \left(0,01 \cdot \frac{m}{K_{vS}}\right)^2 = \left(0,01 \cdot \frac{7167}{16}\right)^2 = 20,06 \text{ kPa}$$

6. Výpočet autority regulačního ventilu:

$$\alpha = \frac{\Delta p_{RV}}{\Delta p_{RV} + \Delta p_{SPOTZ}} = \frac{20}{20 + 24} = 0,45$$

Také viz, výkres č.10 -schéma zapojení kotelny

## VĚTEV Č.1

Přenášený výkon 9830 W

Tlaková ztráta úseku 528 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 184 Pa

Teplota přívodu 55°C

Teplota zpátečky 45°C

$$1) m = \frac{9830 \cdot 3600}{4186 \cdot 10} = 845,4 \text{ l/h}$$

$$2) \Delta p_{RV} = 528 + 184 = 712 \text{ Pa} = 0,712 \text{ kPa}$$

$$3) K_v = 0,01 \cdot \frac{845,4}{\sqrt{0,712}} = 10,02$$

4) třícestný regulační ventil CV 316 RGA, DN 32,  $K_{vs} = 12,5$ ,

$$5) \Delta p_{RV} = (0,001 \cdot \frac{845,4}{12,5})^2 = 0,457 \text{ kPa}$$

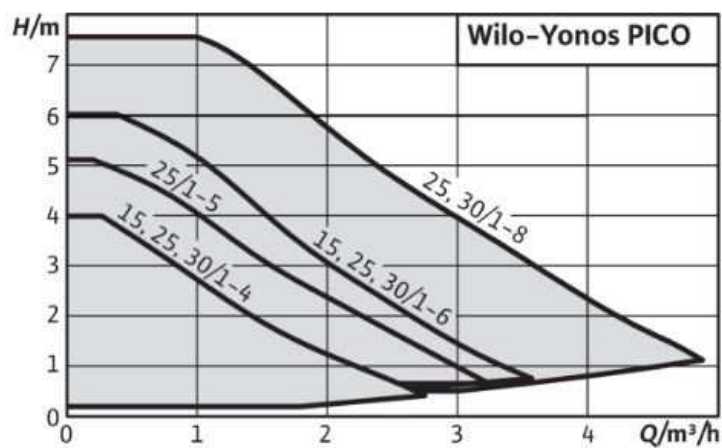
$$6) a = \frac{0,712}{0,712 + 0,184} = 0,795$$

Čerpadlo:

$$m = 845,4 \text{ l/h} = 0,8454 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$h = 2,1 \text{ m} \dots h = 0,712 + 1,984 = 2,7 \text{ kPa}$$

navrženo: čerpadlo Wilo Yonos PICO



Obrázek 2 - čerpadlo pro větev č.1 - wilo yonos pico 30/1-4

## VĚTEV Č.2

Přenášený výkon 2397 W

Tlaková ztráta úseku 1121 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 153 Pa

Teplota přívodu 55°C

Teplota zpátečky 45°C

$$1) m = \frac{Q_{max}}{c \cdot \Delta t} = \frac{2397 \cdot 3600}{4186 \cdot 10} = 206,14 \text{ l/h}$$

$$2) \Delta p_{RV} = 1121 + 153 = 1274 \text{ Pa} = 1,274 \text{ kPa}$$

$$3) K_v = 0,01 \cdot \frac{206,14}{\sqrt{1,274}} = 1,826$$

4) třicestný regulační ventil CV 316 RGA, DN 20, Kvs = 5

$$5) \Delta p_{RV} = \left(0,001 \cdot \frac{206,14}{5}\right)^2 = 0,17 \text{ kPa}$$

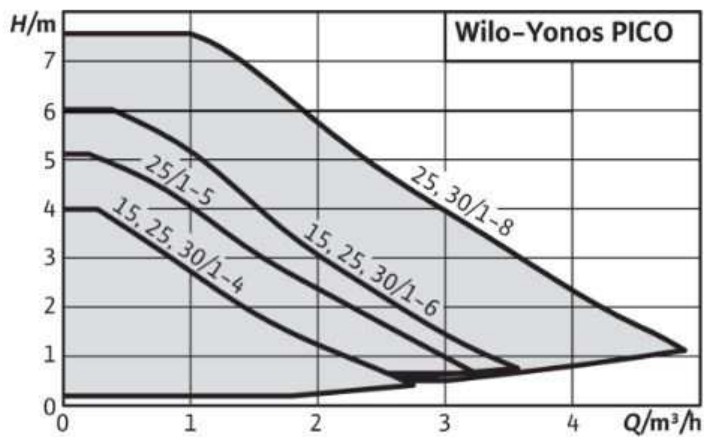
$$6) a = \frac{0,17}{0,17+0,153} = 0,526$$

Čerpadlo:

$$m = 206,14 \text{ l/h} = 0,206 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$h = 2,1 \text{ m} \dots h = 1,274 + 1,984 = 3,258 \text{ kPa}$$

navrženo: čerpadlo Wilo Yonos PICO



Obrázek 3 – čerpadlo pro větev č.2 – wilo yonos pico 15/1-4

### VĚTEV Č.3

Přenášený výkon 4835 W

Tlaková ztráta úseku 1557 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 252 Pa

Teplota přívodu 55°C

Teplota zpátečky 45°C

$$1) m = \frac{Q_{max}}{c \cdot \Delta t} = \frac{4835 \cdot 3600}{4186 \cdot 10} = 415,82 \text{ l/h}$$

$$2) \Delta p_{RV} = 1557 + 252 = 1809 \text{ Pa} = 1,809 \text{ kPa}$$

$$3) K_v = 0,01 \cdot \frac{415,82}{\sqrt{1,809}} = 3,092$$

4) třícestný regulační ventil CV 316 RGA, DN 20, Kvs = 5

$$5) \Delta p_{RV} = (0,001 \cdot \frac{415,82}{5})^2 = 0,0069 \text{ kPa}$$

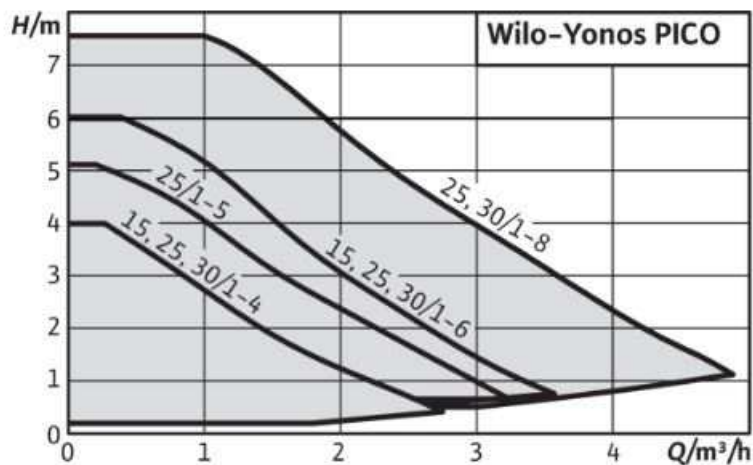
$$6) a = \frac{0,0069}{0,0069 + 0,252} = 0,0266$$

Čerpadlo:

$$m = 415,82 \text{ l/h} = 0,41582 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$h = 2,1 \text{ m} \dots h = 1,809 + 1,984 = 3,793 \text{ kPa}$$

navrženo: čerpadlo Wilo Yonos PICO



Obrázek 4 - čerpadlo pro větev č.3 - wilo yonos pico 15/1-4

## VĚTEV Č.4

Přenášený výkon 6167 W

Tlaková ztráta úseku 1398 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 241 Pa

Teplota přívodu 55°C

Teplota zpátečky 45°C

$$1) m = \frac{Q_{max}}{c \cdot \Delta t} = \frac{6167 \cdot 3600}{4186 \cdot 10} = 530,37 \text{ l/h}$$

$$2) \Delta p_{RV} = 1398 + 241 = 1639 \text{ Pa} = 1,639 \text{ kPa}$$

$$3) K_v = 0,01 \cdot \frac{530,37}{\sqrt{1,639}} = 4,143$$

4) třicestný regulační ventil CV 316 RGA, DN 25, Kvs = 8

$$5) \Delta p_{RV} = \left(0,001 \cdot \frac{530,37}{8}\right)^2 = 0,00439 \text{ kPa}$$

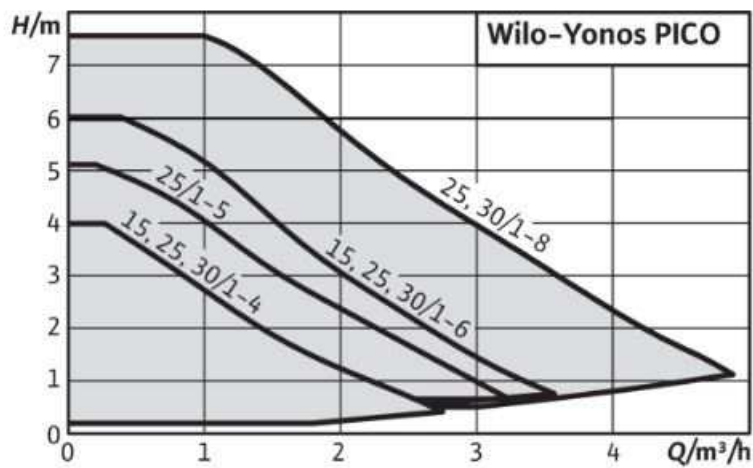
$$6) a = \frac{0,00439}{0,00439 + 0,241} = 0,0179$$

Čerpadlo:

$$m = 530,37 \text{ l/h} = 0,53037 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$h = 2,1 \text{ m} \dots h = 1,639 + 1,984 = 3,623 \text{ kPa}$$

navrženo: čerpadlo Wilo Yonos PICO



Obrázek 5 - čerpadlo pro větev č.4 - wilo yonos pico 25/1-4



## VĚTEV Č.5

Přenášený výkon 5694 W

Tlaková ztráta úseku 779 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 151 Pa

Teplota přívodu 55°C

Teplota zpátečky 45°C

$$1) m = \frac{Q_{max}}{c \cdot \Delta t} = \frac{5694 \cdot 3600}{4186 \cdot 10} = 489,69 \text{ l/h}$$

$$2) \Delta p_{RV} = 779 + 151 = 930 \text{ Pa} = 0,93 \text{ kPa}$$

$$3) K_v = 0,01 \cdot \frac{489,69}{\sqrt{0,93}} = 5,078$$

4) třicestný regulační ventil CV 316 RGA, DN 25, Kvs = 8

$$5) \Delta p_{RV} = \left(0,001 \cdot \frac{489,69}{8}\right)^2 = 0,00375 \text{ kPa}$$

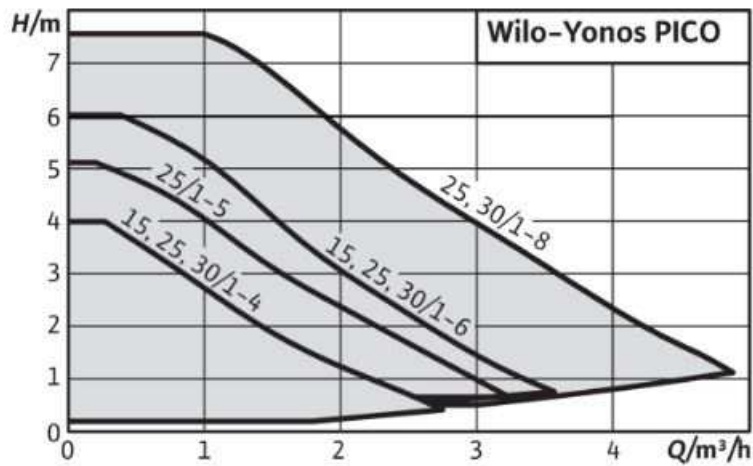
$$6) a = \frac{0,00375}{0,00375 + 0,151} = 0,0242$$

Čerpadlo:

$$m = 489,69 \text{ l/h} = 0,48969 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$h = 2,1 \text{ m} \dots h = 0,93 + 1,984 = 2,914 \text{ kPa}$$

navrženo: čerpadlo Wilo Yonos PICO



Obrázek 6 - čerpadlo pro větev č.5 - wilo yonos pico 25/1-4

## VĚTEV Č.6 – pro VZT

Přenášený výkon 7682 W

Dimenze potrubí:

1) hmotnostní a objemový průtok

$$M_i = \frac{Q_i}{c \cdot (\theta_1 - \theta_2)}$$
$$M_i = \frac{7682}{4186,8 \cdot (291,15 - 280,3)} = 0,17 \text{ kg/s}$$

$$V_i = \frac{M_i}{\rho_i}$$
$$V_i = \frac{0,17}{983} = 0,000173 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) návrh průřezu potrubí

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot V_i}{\pi \cdot w_i}}$$
$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,000173}{\pi \cdot 0,6}} = 0,0192 \text{ m} = 20 \text{ mm}$$

- 0,173 l/s ... DN 22    w = 0,54 m/s    R = 194,7 Pa/m  
16,5 \* 194,7 = 3212,55 Pa

Tlaková ztráta úseku 3212,55 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 1289,9 Pa

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$
$$Z = (6 \cdot 1,5) \cdot \frac{0,54^2}{2} \cdot 983 = 1289,9 \text{ Pa}$$

Teplota přívodu 55°C

Teplota zpátečky 45°C

1)  $m = \frac{Q_{max}}{c \cdot \Delta t} = \frac{7682 \cdot 3600}{4186 \cdot 10} = 660,66 \text{ l/h}$

2)  $\Delta p_{RV} = 3212,55 + 1289,9 = 4502,45 \text{ Pa} = 4,5 \text{ kPa}$

3)  $K_v = 0,01 \cdot \frac{660,66}{\sqrt{4,5}} = 3,11$

4) třístenný regulační ventil CV 316 RGA, DN 15, Kvs = 4

5)  $\Delta p_{RV} = (0,001 \cdot \frac{660,66}{4})^2 = 0,027 \text{ kPa}$

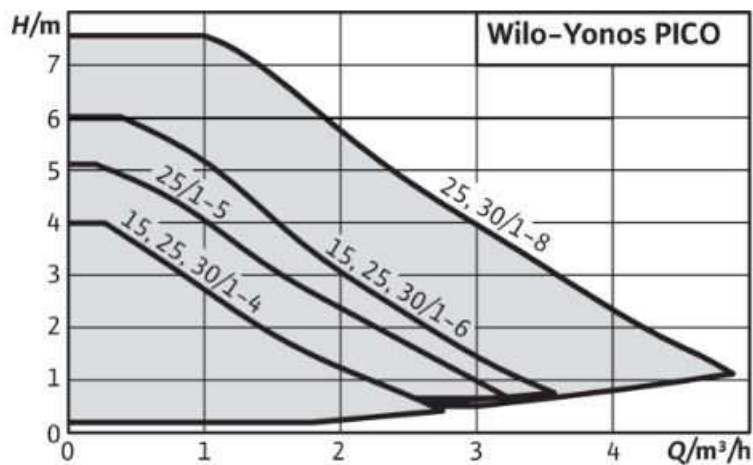
6)  $a = \frac{0,027}{0,0275 + 1,29} = 0,0205$

Čerpadlo:

$$m = 660,66 \text{ l/h} = 0,66066 \text{ m}^3/\text{h}$$

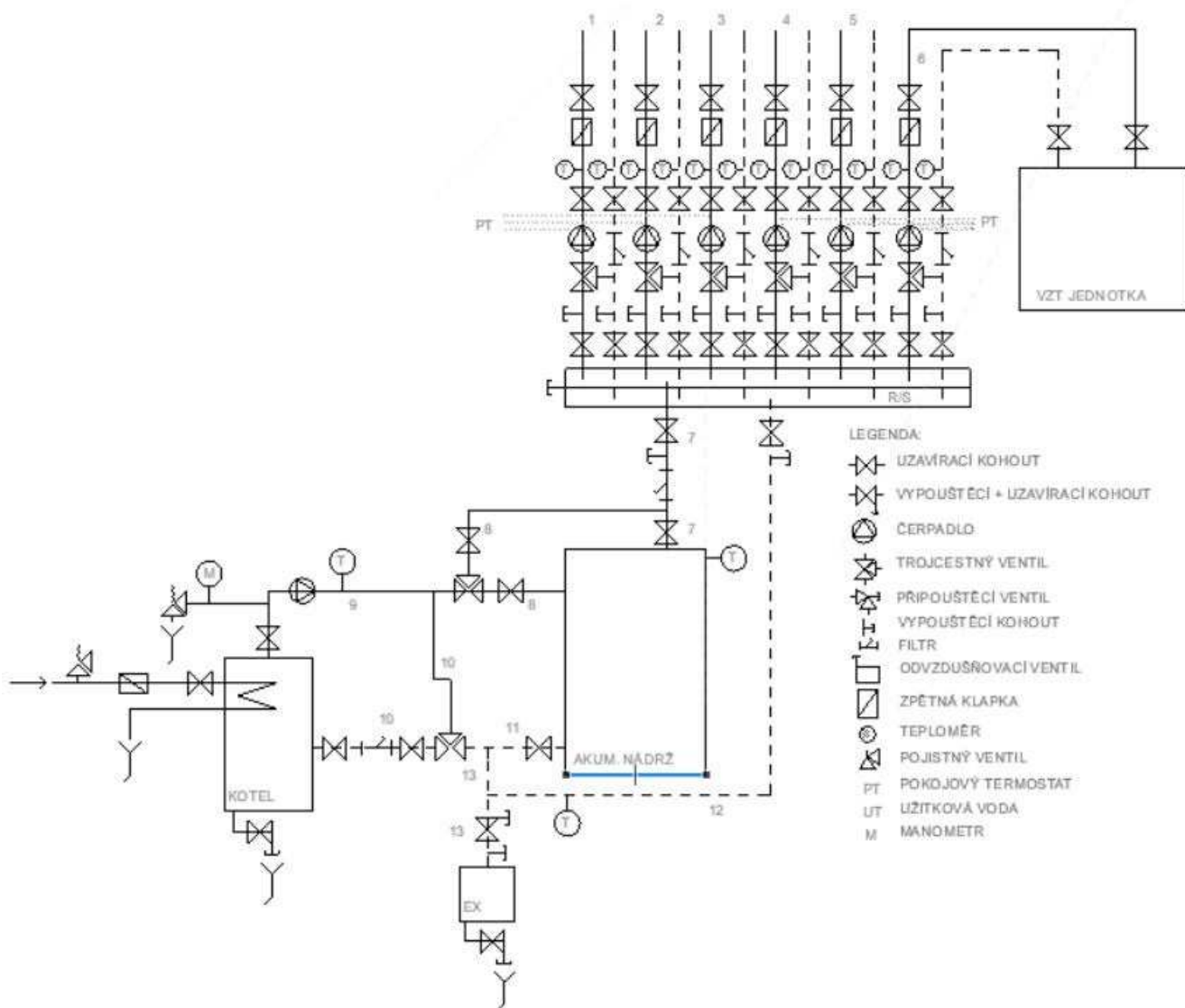
$$h = 1,5 \text{ m} \dots h = 4,5 \text{ kPa}$$

navrženo: čerpadlo Wilo Yonos PICO



Obrázek 7 - čerpadlo pro větev č.6 - wilo yonos pico 25/1-5

## KOTELNA



Obrázek 8 - schéma zapojení kotelny

## VĚTEV Č.7

Přenášený výkon 38000 W

Teplota přívodu 80°C

Teplota zpátečky 45°C

Dimenze potrubí:

1) hmotnostní a objemový průtok

$$M_i = \frac{Q_i}{c \cdot (\theta_1 - \theta_2)}$$
$$M_i = \frac{38000}{4186,8 \cdot (353,15 - 318,15)} = 0,26 \text{ kg/s}$$

$$V_i = \frac{M_i}{\rho_i}$$
$$V_i = \frac{0,26}{983} = 0,00026 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) návrh průřezu potrubí

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot V_i}{\pi \cdot w_i}}$$
$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0002645}{\pi \cdot 0,6}} = 0,02369 \text{ m} = 24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} & - 0,26 \text{ l/s} \dots \text{ DN 28} \quad w = 0,576 \text{ m/s} \quad R = 165,4 \text{ Pa/m} \\ & \quad 4,6 \cdot 165,4 = 760,84 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Tlaková ztráta úseku 760,84 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 1223 Pa

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$
$$Z = (4 \cdot 1,5 + 1,5) \cdot \frac{0,576^2}{2} \cdot 983 = 1223 \text{ Pa}$$

## VĚTEV Č.8

Přenášený výkon 38000 W

Dimenze potrubí:

1) hmotnostní a objemový průtok

$$M_i = \frac{Q_i}{c \cdot (\theta_1 - \theta_2)}$$
$$M_i = \frac{38000}{4186,8 \cdot (353,15 - 318,15)} = 0,26 \text{ kg/s}$$

$$V_i = \frac{M_i}{\rho_i}$$
$$V_i = \frac{0,26}{983} = 0,00026 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) návrh průřezu potrubí

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot V_i}{\pi \cdot w_i}}$$
$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0002645}{\pi \cdot 0,6}} = 0,02369 \text{ m} = 24 \text{ mm}$$

- 0,26 l/s ... DN 28 w= 0,576 m/s R= 165,4 Pa/m  
2,8\*165,4= 463,12 Pa

Tlaková ztráta úseku 463,12 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 733,8 Pa

$$Z = \sum \xi * \frac{w^2}{2} * \rho$$

$$Z = (3 * 1,5) * \frac{0,576^2}{2} * 983 = 733,8 Pa$$

Teplota přívodu 80°C

Teplota zpátečky 45°C

$$1) m = \frac{Q_{max}}{c * \Delta t} = \frac{38000 * 3600}{4186 * 35} = 933,725 \text{ l/h}$$

$$2) \Delta p_{RV} = 463,12 + 738,2 = 1196,92 Pa = 1,19 kPa$$

$$3) K_v = 0,01 * \frac{933,725}{\sqrt{1,19}} = 8,559$$

4) třicestný regulační ventil CV 316 RGA, DN 25, Kvs = 10

$$5) \Delta p_{RV} = (0,001 * \frac{933,725}{10})^2 = 0,0087 kPa$$

$$6) a = \frac{0,0087}{0,0087 + 0,7338} = 0,01174$$

## VĚTEV Č.9

Přenášený výkon 38000 W

Teplota přívodu 80°C

Teplota zpátečky 45°C

Dimenze potrubí:

3) hmotnostní a objemový průtok

$$M_i = \frac{Q_i}{c * (\theta_1 - \theta_2)}$$

$$M_i = \frac{38000}{4186,8 * (353,15 - 318,15)} = 0,26 \text{ kg/s}$$

$$V_i = \frac{M_i}{\rho_i}$$

$$V_i = \frac{0,26}{983} = 0,00026 \text{ m}^3/\text{s}$$

4) návrh průřezu potrubí

$$d_i = \sqrt{\frac{4 * V_i}{\pi * w_i}}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 * 0,0002645}{\pi * 0,6}} = 0,02369 \text{ m} = 24 \text{ mm}$$

- 0,26 l/s ... DN 28 w= 0,576 m/s R= 165,4 Pa/m

$$1,1 \cdot 165,4 = 181,94 \text{ Pa}$$

Tlaková ztráta úseku 181,94 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 570,74 Pa

$$Z = \sum \xi * \frac{w^2}{2} * \rho$$

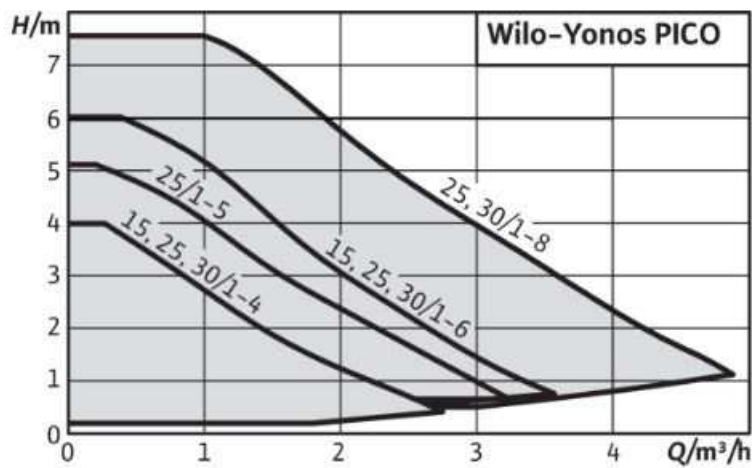
$$Z = (1 * 1,5 + 2) * \frac{0,576^2}{2} * 983 = 570,74 \text{ Pa}$$

Čerpadlo:

$$m = \frac{Q_{max}}{c \cdot \Delta t} = \frac{38000 \cdot 3600}{4186 \cdot 35} = 933,72 \text{ l/h} = 0,93372 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$h = 0,4 \text{ m} \dots h = 0,18194 + 0,57074 + 0,00558 = 0,758 \text{ kPa}$$

navrženo: čerpadlo Wilo Yonos PICO



Obrázek 9 - čerpadlo pro věte č. 7 - wilo yonos pico 25/1-4

## VĚTEV Č.10

Přenášený výkon 38000 W

Dimenze potrubí:

- 1) hmotnostní a objemový průtok

$$M_i = \frac{Q_i}{c \cdot (\theta_1 - \theta_2)}$$

$$M_i = \frac{38000}{4186,8 \cdot (353,15 - 318,15)} = 0,26 \text{ kg/s}$$

$$V_i = \frac{M_i}{\rho_i}$$

$$V_i = \frac{0,26}{983} = 0,00026 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 2) návrh průřezu potrubí

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot V_i}{\pi \cdot w_i}}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0002645}{\pi \cdot 0,6}} = 0,02369 \text{ m} = 24 \text{ mm}$$

- 0,26 l/s ... DN 28 w= 0,576 m/s R= 165,4 Pa/m  
1,9\*165,4= 314,26 Pa

Tlaková ztráta úseku 314,26 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 244,6 Pa

$$Z = \Sigma \xi * \frac{w^2}{2} * \rho$$

$$Z = (1 * 1,5) * \frac{0,576^2}{2} * 983 = 244,6 Pa$$

Teplota přívodu 80°C

Teplota zpátečky 45°C

$$1) m = \frac{Q_{max}}{c * \Delta t} = \frac{38000 * 3600}{4186 * 35} = 933,725 l/h$$

$$2) \Delta p_{RV} = 314,26 + 244,6 = 558,86 Pa = 0,56 kPa$$

$$3) K_v = 0,01 * \frac{933,725}{\sqrt{0,56}} = 12,49$$

4) třicestný regulační ventil CV 316 RGA, DN 32, Kvs = 12,5

$$5) \Delta p_{RV} = (0,001 * \frac{933,725}{12,5})^2 = 0,00558 kPa$$

$$6) a = \frac{0,00558}{0,00558 + 0,2446} = 0,0223$$

## VĚTEV Č.11

Přenášený výkon 38000 W

Teplota přívodu 80°C

Teplota zpátečky 45°C

Dimenze potrubí:

1) hmotnostní a objemový průtok

$$M_i = \frac{Q_i}{c * (\theta_1 - \theta_2)}$$

$$M_i = \frac{38000}{4186,8 * (353,15 - 318,15)} = 0,26 kg/s$$

$$V_i = \frac{M_i}{\rho_i}$$

$$V_i = \frac{0,26}{983} = 0,00026 m^3/s$$

2) návrh průřezu potrubí

$$d_i = \sqrt{\frac{4 * V_i}{\pi * w_i}}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 * 0,0002645}{\pi * 0,6}} = 0,02369 m = 24 mm$$

- 0,26 l/s ... DN 28 w= 0,576 m/s R= 165,4 Pa/m  
4\*165,4= 661,6 Pa

Tlaková ztráta úseku 661,6 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 1223 Pa

$$Z = \sum \xi * \frac{w^2}{2} * \rho$$

$$Z = (3 * 1,5 + 3) * \frac{0,576^2}{2} * 983 = 1223 \text{ Pa}$$

## VĚTEV Č.12

Přenášený výkon 38000 W

Teplota přívodu 80°C

Teplota zpátečky 45°C

Dimenze potrubí:

1) hmotnostní a objemový průtok

$$M_i = \frac{Q_i}{c * (\theta_1 - \theta_2)}$$
$$M_i = \frac{38000}{4186,8 * (353,15 - 318,15)} = 0,26 \text{ kg/s}$$

$$V_i = \frac{M_i}{\rho_i}$$
$$V_i = \frac{0,26}{983} = 0,00026 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) návrh průřezu potrubí

$$d_i = \sqrt{\frac{4 * V_i}{\pi * w_i}}$$
$$d_i = \sqrt{\frac{4 * 0,0002645}{\pi * 0,6}} = 0,02369 = 24 \text{ mm}$$

- 0,26 l/s ... DN 28    w= 0,576 m/s    R= 165,4 Pa/m  
2,05 \* 165,4 = 339,07 Pa

Tlaková ztráta úseku 339,07 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 733,8 Pa

$$Z = \sum \xi * \frac{w^2}{2} * \rho$$

$$Z = (3 * 1,5) * \frac{0,576^2}{2} * 983 = 733,8 \text{ Pa}$$

## VĚTEV Č.13

Přenášený výkon 38000 W

Teplota přívodu 80°C

Teplota zpátečky 45°C

Dimenze potrubí:

1) hmotnostní a objemový průtok

$$M_i = \frac{Q_i}{c * (\theta_1 - \theta_2)}$$
$$M_i = \frac{38000}{4186,8 * (353,15 - 318,15)} = 0,26 \text{ kg/s}$$



$$V_i = \frac{M_i}{\rho_i}$$

$$V_i = \frac{0,26}{983} = 0,00026 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) návrh průřezu potrubí

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot V_i}{\pi \cdot w_i}}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0002645}{\pi \cdot 0,6}} = 0,02369 \text{ m} = 24 \text{ mm}$$

- 0,26 l/s ... DN 28    w = 0,576 m/s    R = 165,4 Pa/m  
 1,6 \* 165,4 = 264,64 Pa

Tlaková ztráta úseku 264,64 Pa

Tlaková ztráta na místních odporech 733,8 Pa

$$Z = \sum \xi * \frac{w^2}{2} * \rho$$

$$Z = (2 * 1,5 + 1,5) * \frac{0,576^2}{2} * 983 = 733,8 \text{ Pa}$$

## POJISTNÉ A ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Výpočet pojistných a zabezpečovacích zařízení je v souladu s normou ČSN 06 0830.

Objem vody v OT, trubkách a AK	$V_{\text{OT+trubky+AK}} = 2437,22 \text{ l}$
Objem vody v kotli	$V_{\text{kotel}} = 220 \text{ l}$
Výška mezi K a nejvyšším bodem OT	$h = 3,45 \text{ m}$
Maximální teplota v OS	$t_{\text{max}} = 55 \text{ °C}$
Jmenovitý výkon kotle	$Q_p = 38 \text{ kW}$
Max. pracovní přetlak	$p_{\text{ot}} = 3 \text{ bar} = 300 \text{ kPa}$

## NÁVRH POJISTNÉHO VENTILU

### Pojistný průtok

$$V_p = Q_p = 38 \text{ kW} = 38/1000 = 0,038 \text{ m}^3/\text{h}$$

$Q_p$     Pojistný výkon [kW]

$Q_N$     Jmenovitý výkon zdroje tepla [kW]

### Průřez sedla pojistného ventilu

$$A_o = \frac{2 * Q_p}{\alpha_v * \sqrt{\rho}} = \frac{2 * 38}{0,2 * \sqrt{400}} = 17,5 \text{ mm}$$

$Q_p$     Pojistný výkon [kW]

$\alpha_v$  Výtokový součinitel pojistného ventilu [-]

$\rho$  Výpočtový přetlak [kW]

=> NÁVRH: Pojistný ventil **Regulus F/F 15 397**, připojení G 1"

### Vnitřní průměr pojistného potrubí

$$A_o = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p} = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{38} = 23,63 \text{ mm}^2$$

=>NÁVRH: **DN 25**

## NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY

### Nejnižší pracovní přetlak soustavy

$$p_d \geq p_{d,dov} = 1,1 \cdot \left( \frac{h \cdot \rho \cdot g}{1000} \right) = 1,1 \cdot \left( \frac{3,45 \cdot 1000 \cdot 9,81}{1000} \right) = 37,23 \text{ kPa}$$

=> NÁVRH:  $p_d = 40 \text{ kPa}$

$h$  Převýšení [m]

$\rho$  Hustota vody;  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$g$  Tíhové zrychlení;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

### Nejvyšší pracovní přetlak soustavy

#### Konstrukční přetlaky

Kotel  $p_{rx} = 300 \text{ kPa}$   $h_{MR} = -1,4 \text{ m}$

Čerpadlo  $p_{rx} = 1000 \text{ kPa}$   $h_{MR} = -1,4 \text{ m}$

Otopné těleso  $p_{rx} = 1000 \text{ kPa}$   $h_{MR} = -2,1 \text{ m}$

$$p_{h,dov} \leq p_{k,min} = \min(p_{k,kotel}; p_{k,čerpadlo}; p_{k,otopné \text{ těleso}})$$

$$p_{h,dov} \leq p_{k,kotel} = p_{rx} + (g \cdot h_{MR}) = 300 + (9,81 \cdot (-1,4)) = 286,266 \text{ kPa}$$

=> NÁVRH:  $p_{h,dov} = 300 \text{ kPa}$

$p_k$  Minimální z konstrukčních přetlaků  $p_{rx}$  jednotlivých komponent OS

$p_{rx}$  Konstrukční přetlak [kPa]

$g$  Tíhové zrychlení;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$h_{MR}$  Vertikální vzdálenost od manometrické roviny [m]

### Součinitel zvětšení objemu

$$n = \frac{1000}{\rho_{t,max}} - \frac{1000}{\rho_{10^{\circ}C}} = \frac{1000}{971,79} - \frac{1000}{999,7} = 0,0287$$

$\rho_{t,max}$  Hustota vody při teplotě  $t_{max}$ ;  $\rho_{t=80^{\circ}C} = 971,79 \text{ kg/m}^3$ ;  $\rho_{t=10^{\circ}C} = 999,7 \text{ kg/m}^3$

### Expanzní objem

$$V_e = \frac{1,3 \cdot V_0 \cdot n \cdot (p_{h,dov} + 100)}{(p_{h,dov} - p_d)} = \frac{1,3 \cdot 2437,22 \cdot 0,0287 \cdot (300 + 100)}{(300 - 40)} = 139,89 \text{ dm}^3$$

### Průměr expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{38} = 13,699 \text{ mm} \quad \Rightarrow \text{NÁVRH: DN 15}$$

$\Rightarrow$ NÁVRH: Tlaková expanzní nádoba **Regulus AQUAFILL HS150**, objem 150 l

## DIMENZE AKUMULAČNÍ NÁDRŽE

Velikost akumulární nádrže jsem zvolila dle doporučených hodnot cca 50-55 l na 1 kW = akumulární nádrž na 2 000 – 2 200 litrů. Byla vybrána akumulární nádrž Regulus PS2F 2000 N+.

50-55 l na 1kW .... 40kW\*50 = 2000 l

Navržena akumulární nádrž 2000 l Regulus PS2F 2000 N+

Výkon kotle 40 kW (cca 8kW vzt, 32 kW OT)

Uvažovaná počáteční teplota akumulární nádrže 45°C

Nahřátí na 80°C

Rozdíl teplot 35°C

Na udržení otopné soustavy uvažováno cca 20% ... 10kW

Do nádrže půjde 22kW (přebytek)

Nabití nádrže:

$$\frac{2000 \text{ l} * 35^{\circ}C * 4,186 \text{ kJ/l}}{3600 \text{ s} * 22 \text{ kW}} = 3,7 \text{ hod}$$

- Za 3,7 hod bude akumulární nádrž nabita na 80°C.

Vybití nádrže při plném odběru tepla:

$$\frac{2000 \text{ l} * 35^{\circ}C * 4,186 \text{ kJ/l}}{3600 \text{ s} * 30,057 \text{ kW}} = 2,7 \text{ hod}$$

- Akumulární nádrž bude při plném odběru tepla vybita za 2,7 hod.

## VĚTRÁNÍ KOTELNY

$$V_{max} = \max(V_s; V_i; V_z; V_L) = \max(64,2; 67,77; 10,1; 0) = 67,77 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Přívod vzduchu pro spalování

$$V_s = 6 \cdot 10,7 = 64,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

6 m<sup>3</sup> na 1 kg/h paliva při plném výkonu

Kotel spotřebuje 10,7 kg/h při plném výkonu

### Minimální množství vzduchu na odvod škodlivin

$$V_i = i \cdot O = 0,5 \cdot 135,532 = 67,77 \text{ m}^3/\text{h}$$

- i doporučená intenzita větrání kotleny i = 0,5 [1/h];
- O vnitřní objem větraného prostoru kotleny [m<sup>3</sup>];

### Množství vzduchu na odvod tepelných zisků v zimním období

$$V_z = 0,0025 \cdot \frac{Q_k}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} = 0,0025 \cdot \frac{38000}{1,2 \cdot 0,28 \cdot 28} = 10,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

0,0025 kotlová ztráta

Q<sub>k</sub> výkon kotlů [W] – pro zimu max. výkon Q<sub>PRIP</sub>

ρ hustota vzduchu ρ = 1,2 [kg/m<sup>3</sup>]

c měrná tepelná kapacita vzduchu c = 1010 [J/kg.K] = 0,28 [Wh/kg.K]

Δt rozdíl teplot vzduchu

### Množství vzduchu na odvod tepelných zisků v letním období

$$V_L = 0,0025 \cdot \frac{Q_k}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} = 0,0025 \cdot \frac{-}{1,2 \cdot 0,28 \cdot 5} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$$

ohřev TV je řešen průtokovými ohříváči

0,0025 kotlová ztráta

Q<sub>k</sub> výkon kotlů [W] – pro léto výkon pouze pro TV

ρ hustota vzduchu ρ = 1,2 [kg/m<sup>3</sup>]

c měrná tepelná kapacita vzduchu c = 1010 [J/kg.K] = 0,28 [Wh/kg.K]

Δt rozdíl teplot vzduchu Δt = t<sub>i</sub> – t<sub>e</sub> = 35 – 30 = 5 K

### Velikost přívodního otvoru

$$S = \frac{V_{max}}{3600 \cdot v} = \frac{67,77}{3600 \cdot 0,5} = 0,03765 \text{ m}^2$$

S plocha větracího otvoru [m<sup>2</sup>]

V<sub>max</sub> maximální množství větracího vzduchu [m<sup>3</sup> /h]

V rychlost větracího vzduchu v = 0,5-1 [m/s]

3600 převod hodin na sekundy

=>Návrh: velikost otvoru **200 x 200 mm**

## VĚTRÁNÍ SKLADU PALIVA

Velikost přírodního otvoru pro sklad paliva

$$S = \frac{V_{max}}{3600 \cdot v} = \frac{53,723 \cdot 2}{3600 \cdot 2} = 0,0149 \text{ m}^2$$

S plocha větracího otvoru [m<sup>2</sup>]

V<sub>max</sub> maximální množství větracího vzduchu [m<sup>3</sup> /h]

V rychlost větracího vzduchu v = 2 [m/s]

výměna vzduchu je 2x/hod

3600 převod hodin na sekundy

=>Návrh: velikost otvoru **150 x 150 mm**

# NÁVRH KOMÍNU

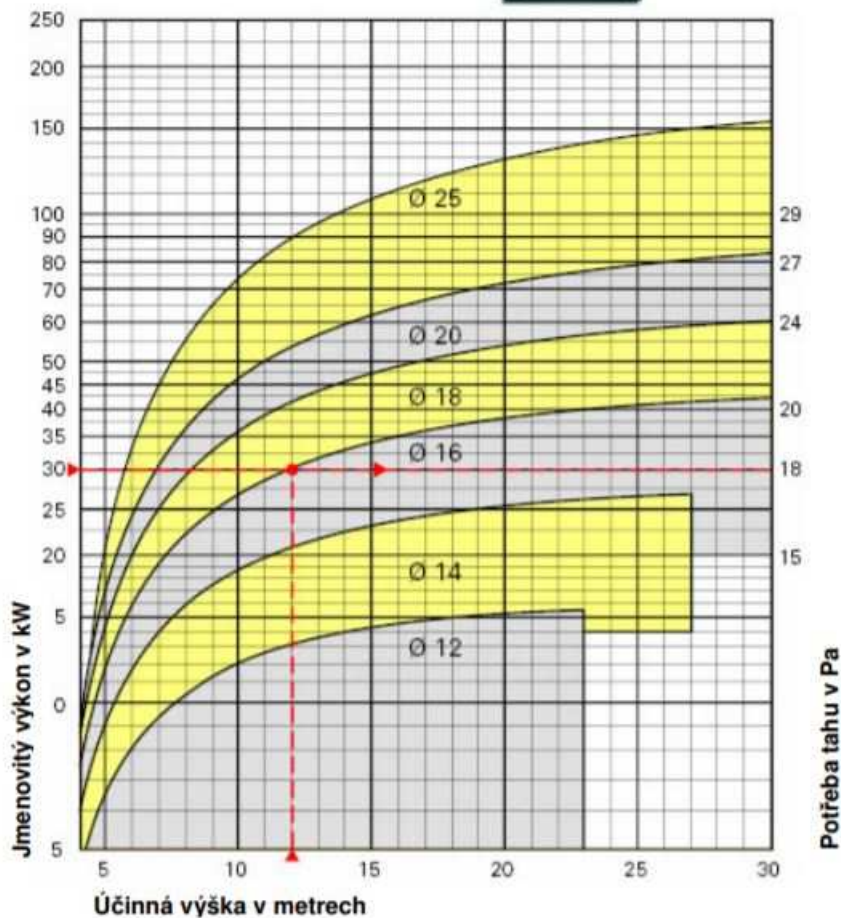
## Dimenzování komínů ABSOLUT

### Diagram 10.7.1 Pelety

Kotel s potřebou tahu  
Teplota spalin na výstupu z kotle  
 $T_w \geq 140^\circ\text{C} < 190^\circ\text{C}$



140 °C

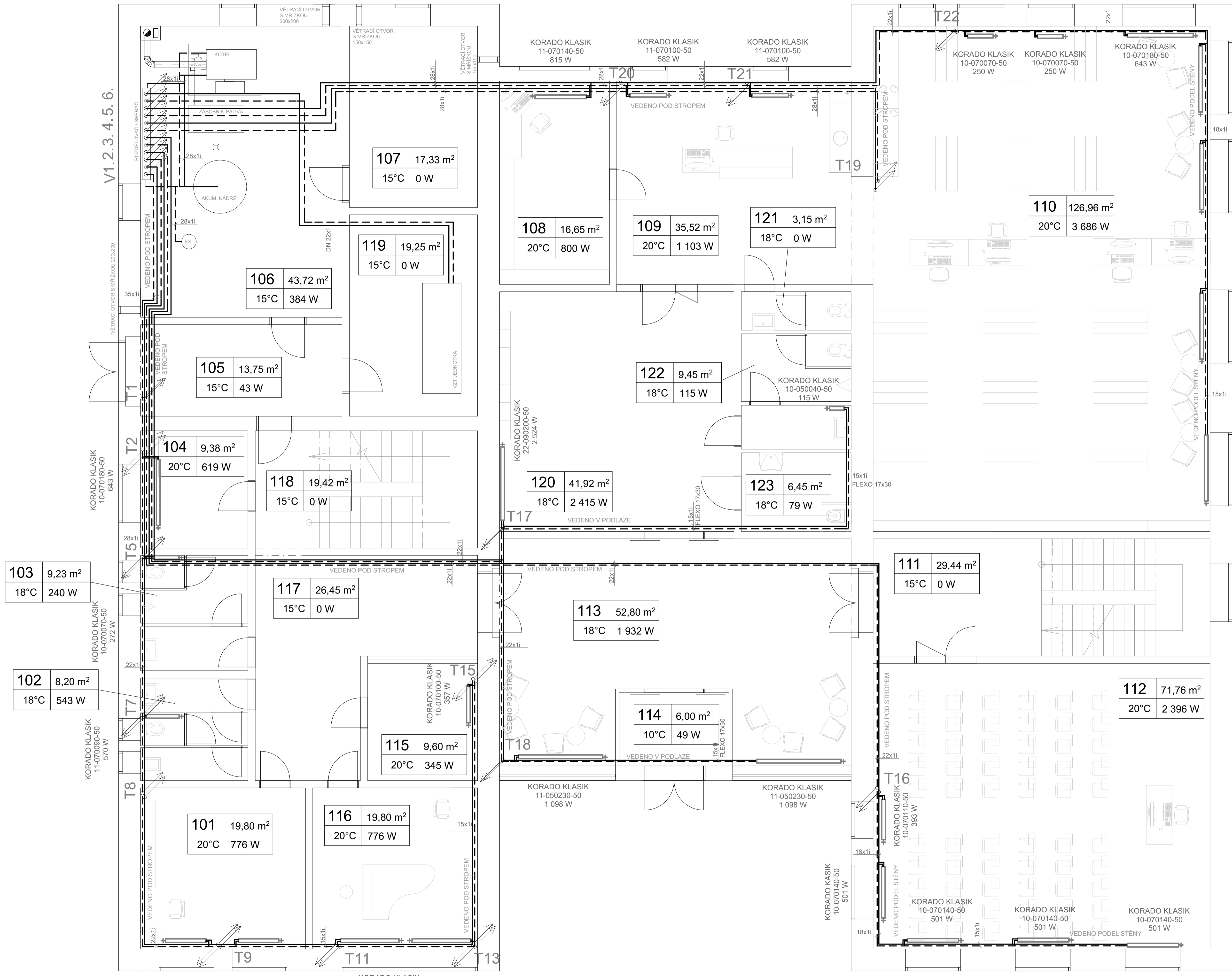


Výkon kotle = 38kW

Účinná výška = 8 m

Průměr vnitřního průduchu = 200 mm

Průměr průduchu byl zvolen Ø 200 mm. Komín musí být pro kotel na tuhá paliva. Zvolila jsem komínový systém SCHIEDEL ABSOLUT s termoizolační šachtou s externím přívodem vzduchu. Využití jednorůduchového systému s postraním přívodem vzduchu. Komín je tvořen keramickými vložkami, které jsou vhodné díky své vysoké odolnosti proti teplotám, materiál, který se nezanáší (čistý průchod spalin) a neomezenou životností. (viz. přílohy)



**LEGENDA MÍSTNOSTÍ**

101	ÚČEBNA
102	WC
103	WC
104	ÚČEBNA
105	CHODBA
106	TECHNICKÁ MÍSTNOST
107	SKLAD PALIVA
108	KANCELÁŘ
109	KANCELÁŘ
110	KNIHOVNA
111	CHODBA
112	PŘEDNÁŠKOVÝ SÁL
113	ATRIUM
114	ŽADVERÍ
115	ÚČEBNA
116	ÚČEBNA
117	CHODBA
118	CHODBA
119	TECHNICKÁ MÍSTNOST
120	KOMUNIKAČNÍ PROSTOR
121	WC
122	WC
123	WC

**OZNAČENÍ POTRUBÍ**

DN 15 MATERIÁL TRUBKY - vnější průměr x tloušťka trubky  
 FLEKO 22x30 TEPelná IZOLACE - rozměry určeny dle velikosti trubky  
 - vnitřní průměr x tloušťka izolace

**LEGENDA POPISU OTOPNÝCH TĚLES KORADO**

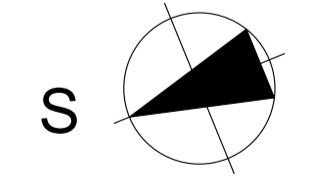
VÝROBCE KORADO KLASIK  
 URČUJE HLOUBKU TĚLESA (10-070140-50)  
 OZNAČENÍ MODELU 501 W  
 REDUKOVANÝ VÝKON TĚLESA (W)

**LEGENDA ČAR**

— PRÍVODNÉ POTRUBÍ 55°C  
 - - - VRÁTNÉ POTRUBÍ 44°C

**LEGENDA OZNAČENÍ MÍSTNOSTÍ:**

ČÍSLO MÍSTNOSTI	<b>116</b>	<b>19,80 m<sup>2</sup></b>	UŽITNÁ PLOCHA MÍSTNOSTI
TEPLOTA MÍSTNOSTI	<b>20°C</b>	<b>776 W</b>	TEPELNÁ ZTRÁTA MÍSTNOSTI



Zpracoval Eliška Gráfová	Konzultant Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	Školní rok 2017-2018	Fakulta stavební <b>ČVUT</b>
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			
Úloha:	VYUŽITÍ BIOMASY - VYTÁPĚNÍ	Datum:	5/2018
Výkres:	PŮDORYS 1.NP	Meřítko:	M 1:50
			Číslo výkresu: 1



**LEGENDA MÍSTNOSTÍ**

201	UČEBNA
202	WC
203	WC
204	DENNÍ MÍSTNOST
205	UČEBNA
206	KANCELÁŘ
207	KANCELÁŘ
208	KANCELÁŘ
209	KANCELÁŘ
210	CHODBA
211	ZASEDACÍ MÍSTNOST
212	SKLAD
213	UČEBNA
214	CHODBA
215	SKLAD
216	CHODBA
217	DENNÍ MÍSTNOST
218	UČEBNA
219	WC
220	WC
221	WC

**OZNAČENÍ POTRUBÍ**

DN 15 MATERIÁL TRUBKY - vnější průměr x tloušťka trubky  
 FLEEXO 22x30 TEPELNÁ IZOLACE - rozměry určeny dle velikosti trubky  
 - vnitřní průměr x tloušťka izolace

**LEGENDA POPISU OTOPNÝCH TĚLES**  
 KORADO

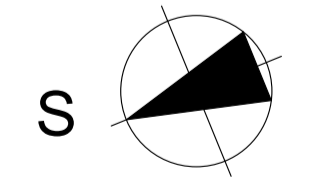
VÝROBCE KORADO KLASIK  
 URČUJE HLOUBKU TĚLESA (10-070140-50) OZNAČENÍ MODELU  
 501 W  
 REDUKOVANÝ VÝKON TĚLESA (W)

**LEGENDA ČAR**

— PŘÍVODNÉ POTRUBÍ 55°C  
 - - - VRATNÉ POTRUBÍ 44°C

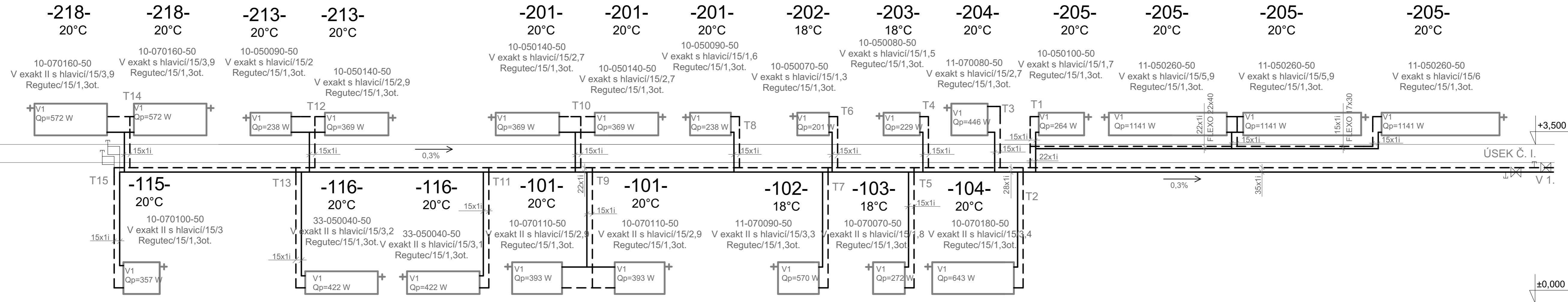
**LEGENDA OZNAČENÍ MÍSTNOSTÍ:**

ČÍSLO MÍSTNOSTI **218** 27,51 m<sup>2</sup> ÚŽITNÁ PLOCHA MÍSTNOSTI  
 TEPLOTA MÍSTNOSTI **20°C** 1 122 W TEPELNÁ ZTRÁTA MÍSTNOSTI

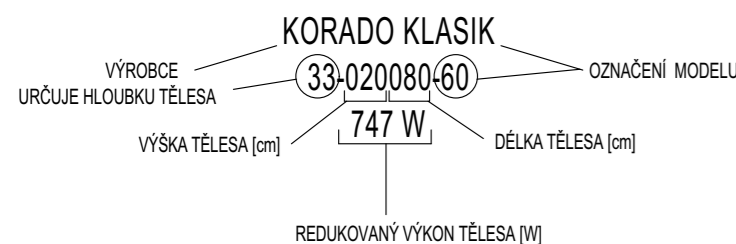


Zpracoval Eliška Gřafová	Konzultant Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	Školní rok 2017-2018	Fakulta stavební <b>ČVUT</b>
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			
Úloha:	VYUŽITÍ BIOMASY - VYTÁPĚNÍ	Datum:	5/2018
Výkres:	PŮDORYS 2.NP	Meřítko:	M 1:50
		Číslo výkresu:	2

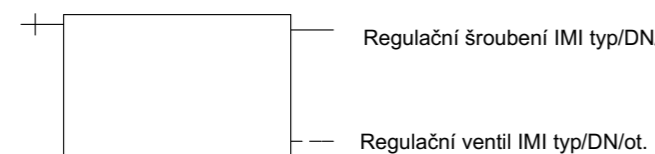




LEGENDA POPISU OTOPNÝCH TĚLES  
KORADO



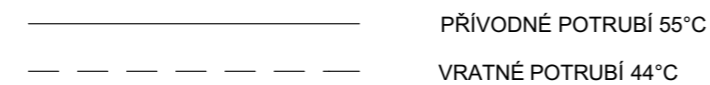
KORADO RADIK KLASIK



OZNAČENÍ POTRUBÍ

DN 15 MATERIÁL TRUBKY - vnější průměr x tloušťka trubky  
 FLEXO 22x30 TEPELNÁ IZOLACE - rozměry určeny dle velikosti trubky  
 - vnitřní průměr x tloušťka izolace

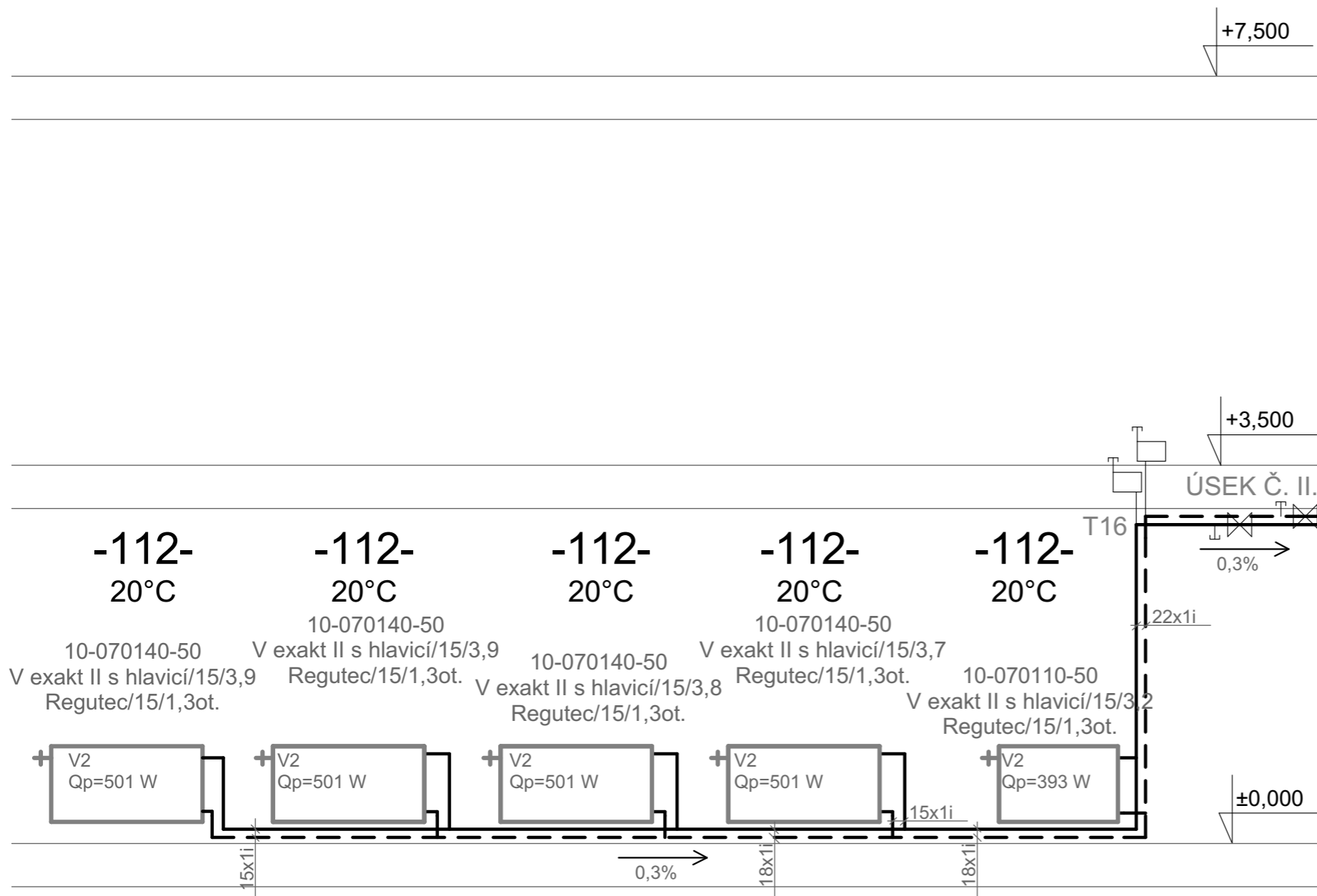
LEGENDA ČAR



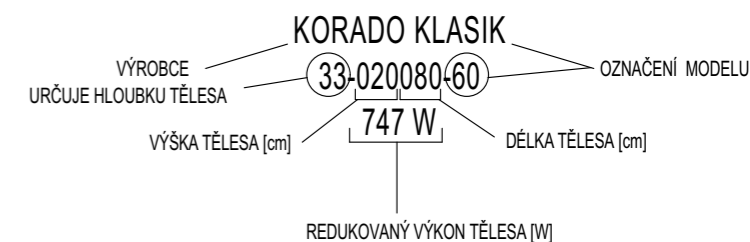
Zpracoval Eliška Gráfová	Konzultant Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	Školní rok 2017-2018	Fakulta stavební <b>ČVUT</b>	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum	5/2018
Úloha: VYUŽITÍ BIOMASY - VYTÁPĚNÍ			Meřítko	M 1:50
Výkres: VĚTEV 1. SVISLÝ ŘEZ			Číslo výkresu	3

+7,500

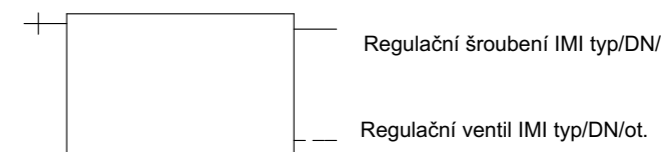
## VÝUKOVÁ VERZE ARCHICADU



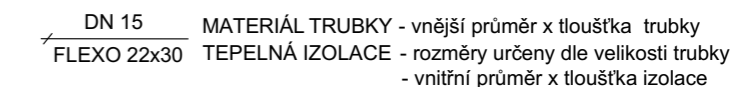
### LEGENDA POPISU OTOPNÝCH TĚLES KORADO



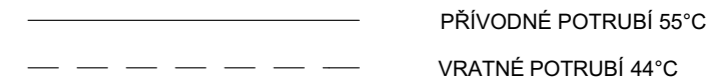
### KORADO RADIK KLASIK



### OZNAČENÍ POTRUBÍ



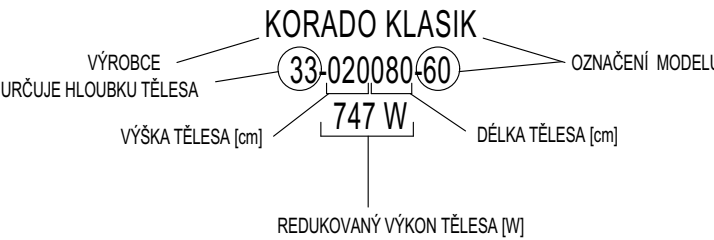
### LEGENDA ČAR



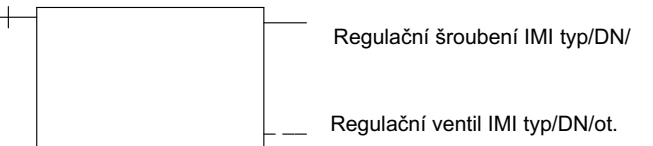
Zpracoval Eliška Gráfová	Konzultant Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	Školní rok 2017-2018	Fakulta stavební <b>ČVUT</b>	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum	5/2018
Úloha: VYUŽITÍ BIOMASY - VYTÁPĚNÍ			Meřítko	M 1:50
Výkres: VĚTEV 2. SVISLÝ ŘEZ			Číslo výkresu	4

+7,500

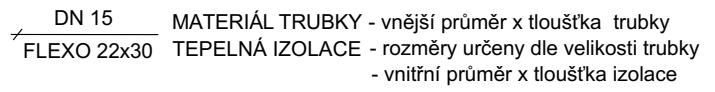
LEGENDA POPISU OTOPNÝCH TĚLES  
KORADO



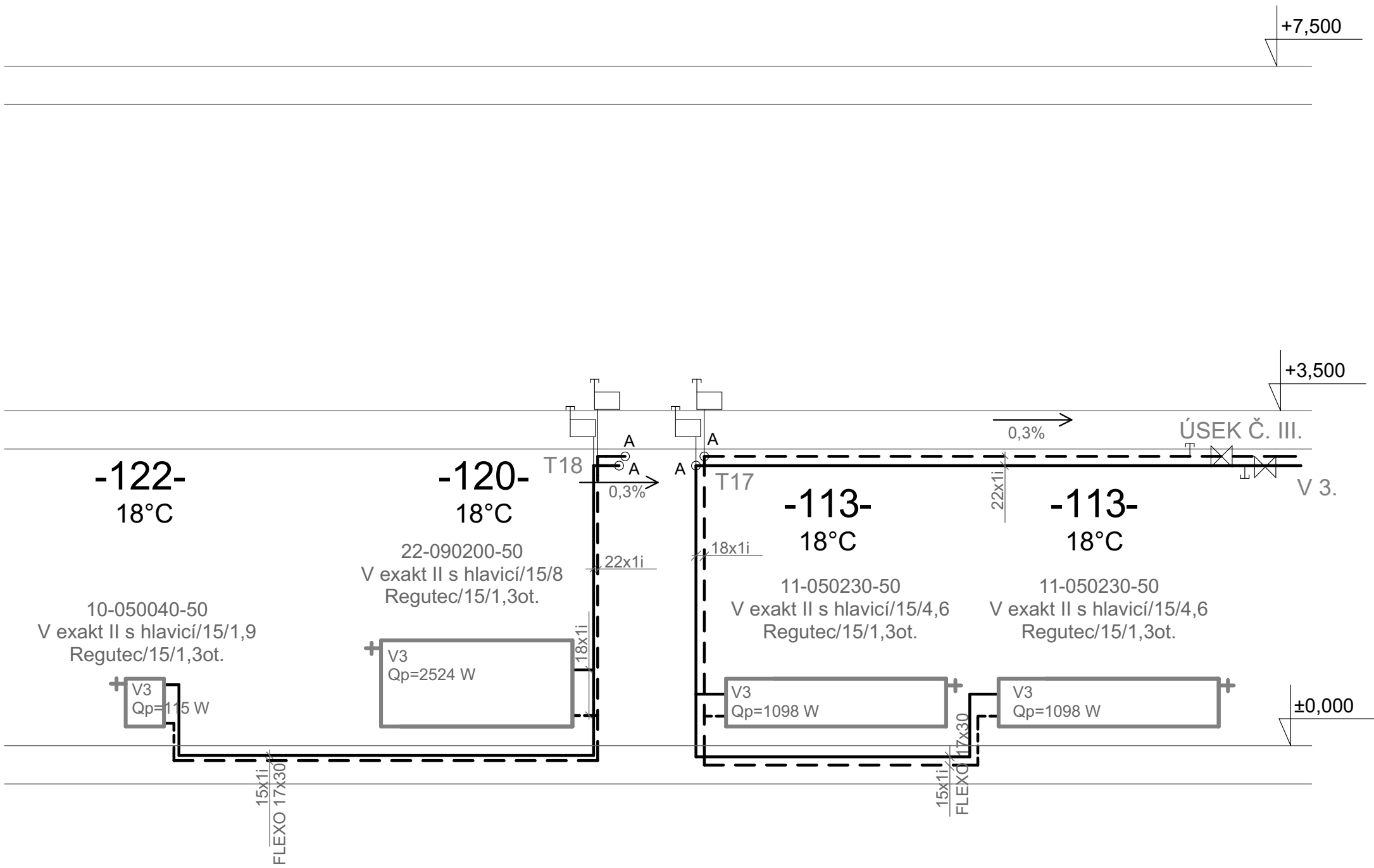
KORADO RADIK KLASIK



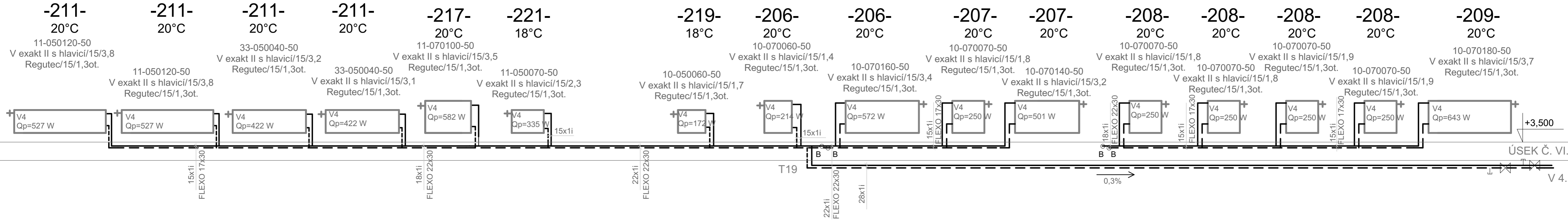
OZNAČENÍ POTRUBÍ



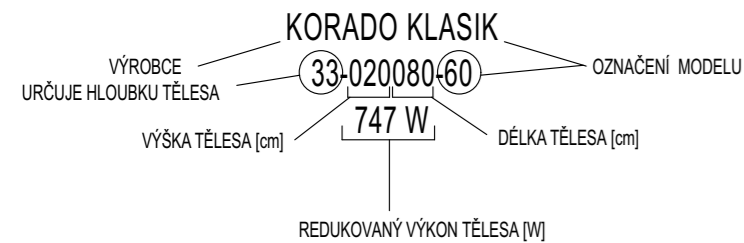
LEGENDA ČAR



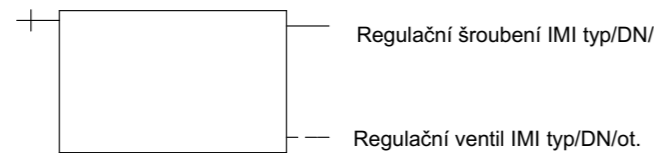
Zpracoval Eliška Gráfová	Konzultant Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	Školní rok 2017-2018	Fakulta stavební <b>ČVUT</b>	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum	5/2018
Úloha: VYUŽITÍ BIOMASY - VYTÁPĚNÍ			Meřítko	M 1:50
Výkres: <b>VĚTEV 3. SVISLÝ ŘEZ</b>			Číslo výkresu	5



LEGENDA POPISU OTOPNÝCH TĚLES KORADO



KORADO RADIK KLASIK



OZNAČENÍ POTRUBÍ

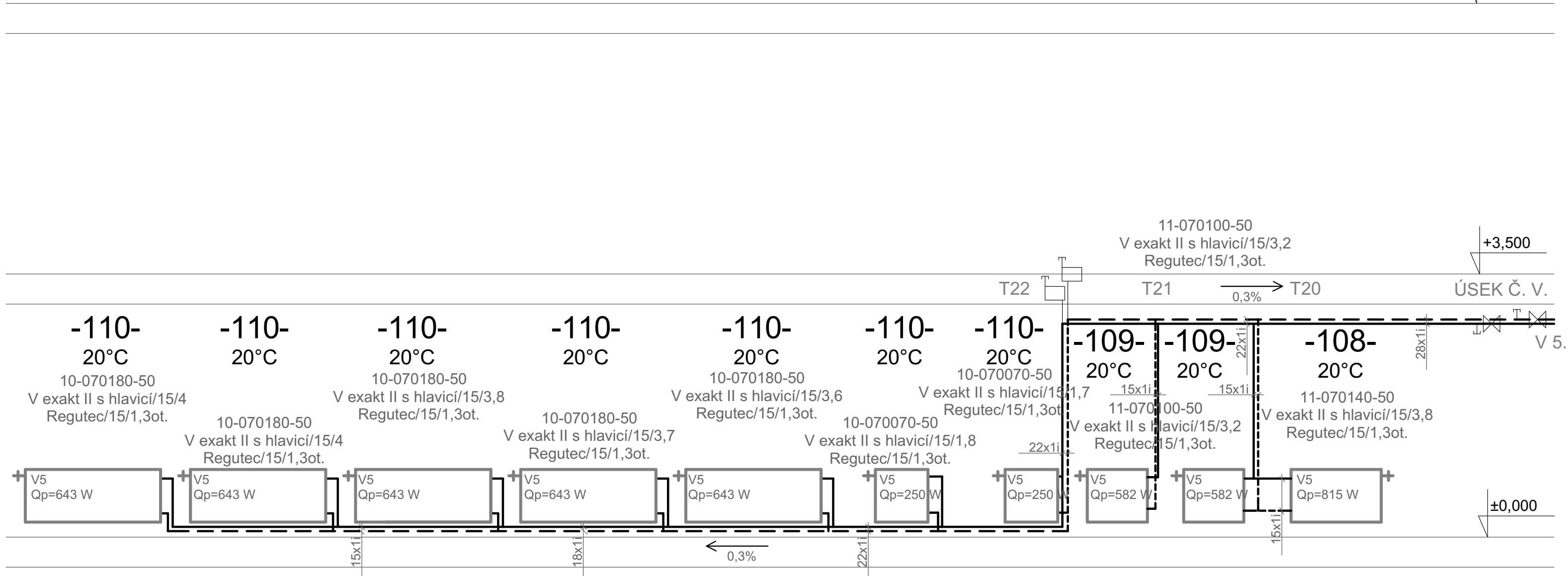
DN 15 MATERIÁL TRUBKY - vnější průměr x tloušťka trubky  
 FLEXO 22x30 TEPELNÁ IZOLACE - rozměry určeny dle velikosti trubky  
 - vnitřní průměr x tloušťka izolace

LEGENDA ČAR

————— PŘÍVODNÉ POTRUBÍ 55°C  
 - - - - - VRATNÉ POTRUBÍ 44°C

Zpracoval Eliška Gráfová	Konzultant Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	Školní rok 2017-2018	Fakulta stavební <b>ČVUT</b>	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum	5/2018
Úloha: VYUŽITÍ BIOMASY - VYTÁPĚNÍ			Meřítko	M 1:50
Výkres: VĚTEV 4. SVISLÝ ŘEZ			Číslo výkresu	6

+7,500

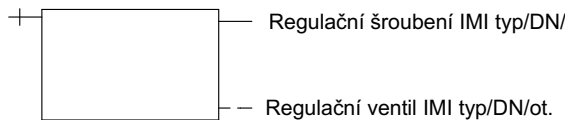
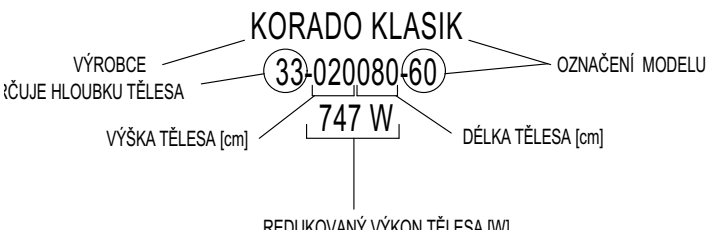


LEGENDA POPISU OTOPNÝCH TĚLES  
KORADO

KORADO RADIK KLASIK

OZNAČENÍ POTRUBÍ

Zpracoval Eliška Gráfová	Konzultant Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	Školní rok 2017-2018	Fakulta stavební <b>ČVUT</b>	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum	5/2018
Úloha: VYUŽITÍ BIOMASY - VYTÁPĚNÍ			Meřítko	M 1:50
Výkres: VĚTEV 5. SVISLÝ ŘEZ			Číslo výkresu	7



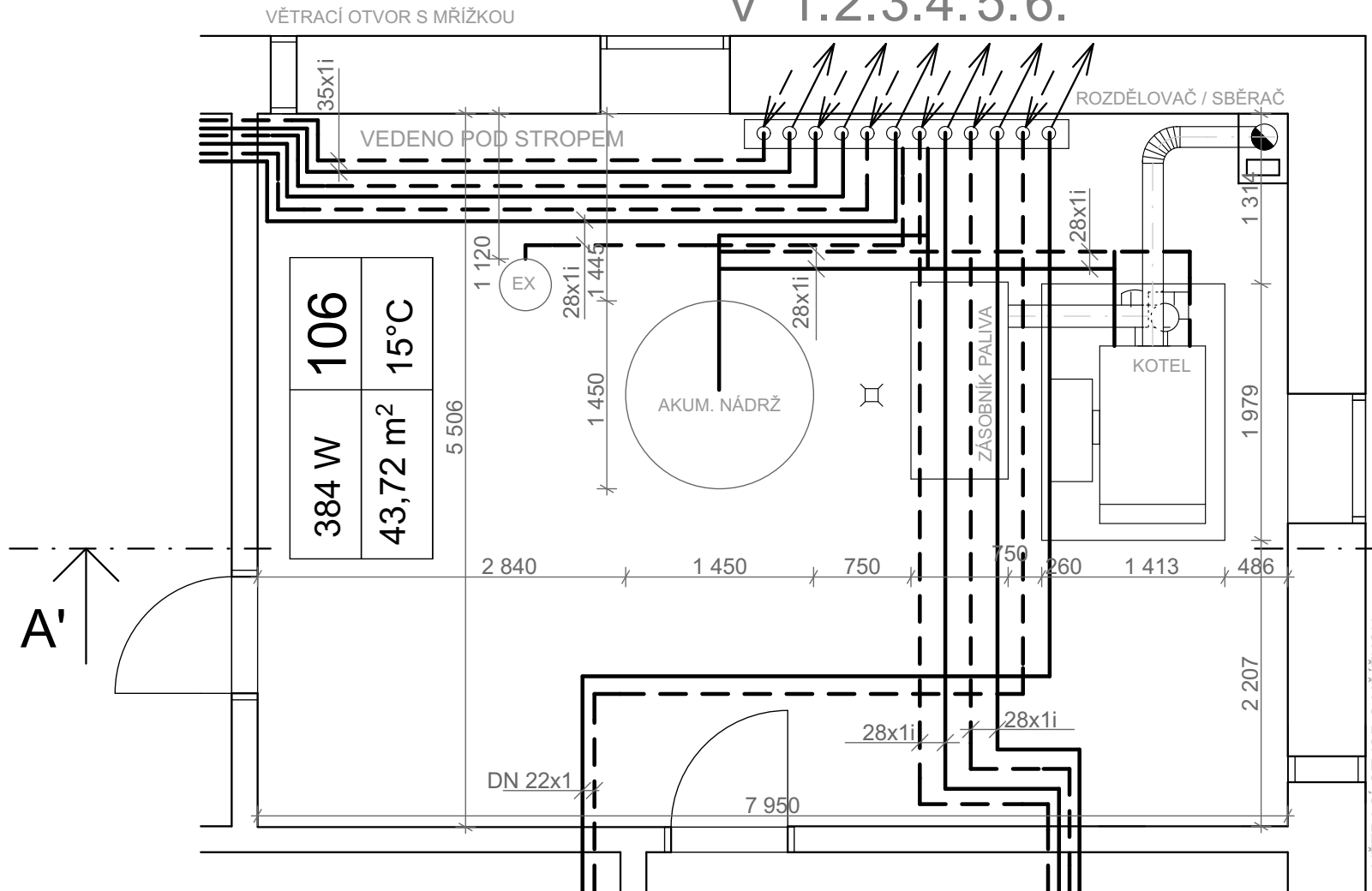
DN 15 MATERIÁL TRUBKY - vnější průměr x tloušťka trubky  
FLEXO 22x30 TEPELNÁ IZOLACE - rozměry určeny dle velikosti trubky  
- vnitřní průměr x tloušťka izolace

LEGENDA ČAR

————— PŘÍVODNÉ POTRUBÍ 55°C  
- - - - - VRATNÉ POTRUBÍ 44°C

# V 1.2.3.4.5.6.

## VÝUKOVÁ VERZE ARCHICADU



384 W	106
43,72 m <sup>2</sup>	15°C

### OZNAČENÍ POTRUBÍ

DN 15 MATERIÁL TRUBKY - vnější průměr x tloušťka trubky  
 FLEXP 22x30 TEPELNÁ IZOLACE - rozměry určeny dle velikosti trubky  
 - vnitřní průměr x tloušťka izolace

### LEGENDA ČAR

————— PŘÍVODNÉ POTRUBÍ 55°C  
 - - - - - VRATNÉ POTRUBÍ 44°C

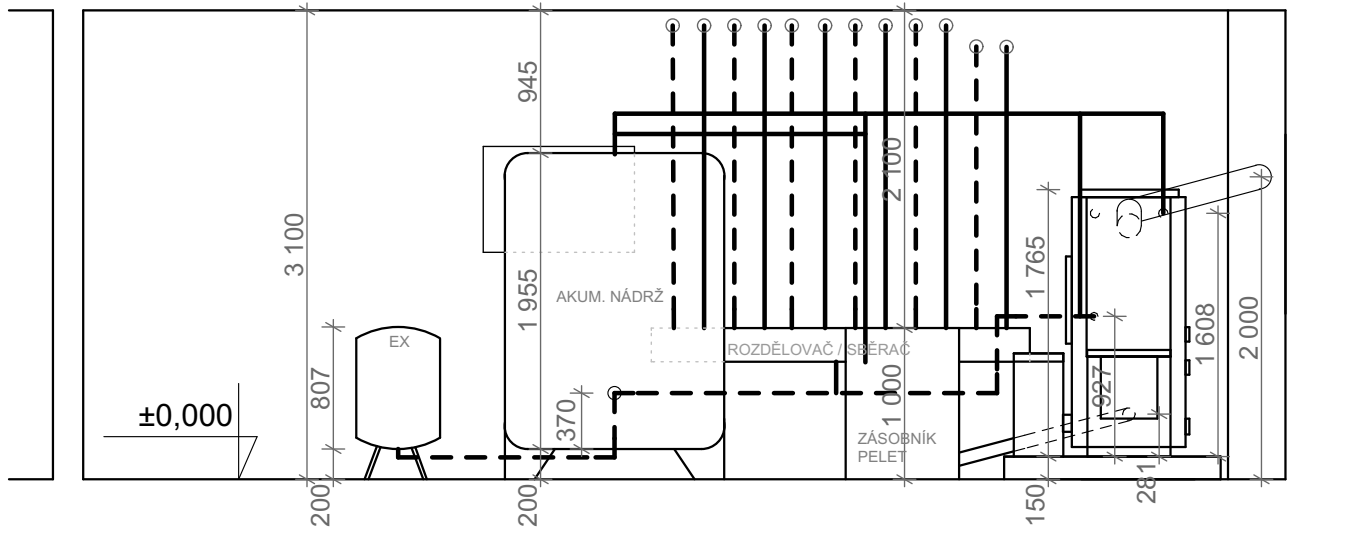
Zpracoval Eliška Gráfová	Konzultant Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	Školní rok 2017-2018	Fakulta stavební <b>ČVUT</b> 	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum	5/2018
Úloha: VYUŽITÍ BIOMASY - VYTÁPĚNÍ			Meřítko	M 1:50
Výkres: PŮDORYS KOTELNY			Číslo výkresu	8

+3,500

ŘEZ A-A'

V 1.2.3.4.5.6.

### VÝUKOVÁ VERZE ARCHICADU




### OZNAČENÍ POTRUBÍ

DN 15 MATERIÁL TRUBKY - vnější průměr x tloušťka trubky  
 FLEXO 22x30 TEPELNÁ IZOLACE - rozměry určeny dle velikosti trubky  
 - vnitřní průměr x tloušťka izolace

### LEGENDA ČAR

————— PŘÍVODNÉ POTRUBÍ 55°C  
 - - - - - VRATNÉ POTRUBÍ 44°C

Zpracoval Eliška Gráfová	Konzultant Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	Školní rok 2017-2018	<i>Fakulta stavební</i>	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			<b>ČVUT</b> 	
Úloha: VYUŽITÍ BIOMASY - VYTÁPĚNÍ				Datum
Výkres: ŘEZ KOTELNY			Meřítko	M 1:50
			Číslo výkresu	9

# OZNAČENÍ POTRUBÍ VÝUKOVÁ VERZE ARCHICADU

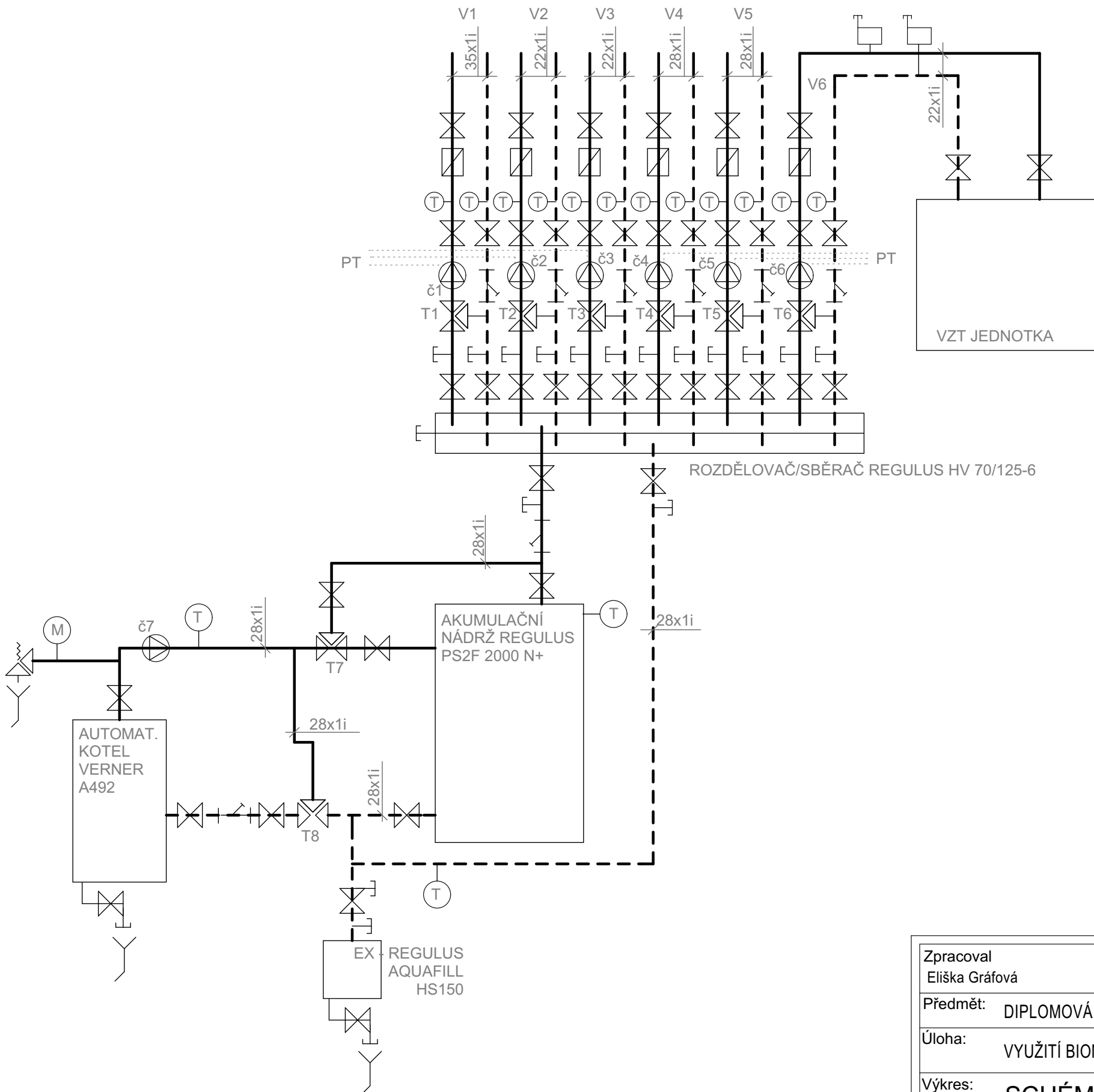
DN 15 MATERIÁL TRUBKY - vnější průměr x tloušťka trubky  
 FLEXO 22x30 TEPELNÁ IZOLACE - rozměry určeny dle velikosti trubky  
 - vnitřní průměr x tloušťka izolace

## LEGENDA ČAR

————— PŘIVODNÉ POTRUBÍ 55°C  
 - - - - - VRATNÉ POTRUBÍ 44°C

## LEGENDA:

- UZAVÍRACÍ KOHOUT
- VYPOUŠTĚCÍ + UZAVÍRACÍ KOHOUT
- PŘIPOUŠTĚCÍ VENTIL
- VYPOUŠTĚCÍ KOHOUT
- FILTR
- ODVZDUŠŇOVACÍ VENTIL
- ZPĚTNÁ KLAPKA
- TEPLMĚŘ
- POKOJOVÝ TERMOSTAT
- UŽITKOVÁ VODA
- MANOMETR
- POJISTNÝ VENTIL REGULUS F/F 15 397
- ČERPADLO
- č1 WILO YONOS PICO 30/1-4, h=2,78 kPa, m=0,8454 m<sup>3</sup>/h
- č2 WILO YONOS PICO 15/1-4, h=3,258 kPa, m=0,206 m<sup>3</sup>/h
- č3 WILO YONOS PICO 15/1-4, h=3,793 kPa, m=0,41582 m<sup>3</sup>/h
- č4 WILO YONOS PICO 25/1-4, h=3,623 kPa, m=0,53037 m<sup>3</sup>/h
- č5 WILO YONOS PICO 25/1-4, h=2,914 kPa, m=0,48969 m<sup>3</sup>/h
- č6 WILO YONOS PICO 25/1-5, h=4,5 kPa, m=0,66066 m<sup>3</sup>/h
- č7 WILO YONOS PICO 25/1-4, h=0,758 kPa, m=0,93372 m<sup>3</sup>/h
- TROJCESTNÝ VENTIL
- T1 REGULAČNÍ VENTIL IMI CV316RGA, DN 32, Ksv = 12,5
- T2 REGULAČNÍ VENTIL IMI CV316RGA, DN 20, Ksv = 5
- T3 REGULAČNÍ VENTIL IMI CV316RGA, DN 20, Ksv = 5
- T4 REGULAČNÍ VENTIL IMI CV316RGA, DN 25, Ksv = 8
- T5 REGULAČNÍ VENTIL IMI CV316RGA, DN 25, Ksv = 8
- T6 REGULAČNÍ VENTIL IMI CV316RGA, DN 15, Ksv = 4
- T7 REGULAČNÍ VENTIL IMI CV316RGA, DN 25, Ksv = 10
- T8 REGULAČNÍ VENTIL IMI CV316RGA, DN 32, Ksv = 12,5



Zpracoval Eliška Gráfová	Konzultant Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	Školní rok 2017-2018	<i>Fakulta stavební</i> <b>ČVUT</b>	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum	5/2018
Úloha: VYUŽITÍ BIOMASY - VYTÁPĚNÍ			Meřítko	
Výkres: <b>SCHÉMA ZAPOJENÍ KOTELNY</b>			Číslo výkresu	10