

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Možnosti výroby elektrické energie a tepla  
v zemědělství**

**autor: Bc. Jiří Veverka  
vedoucí práce: Ing. Petr Jindra Ph.D.**

**2012/2013**

## **Anotace**

Předkládaná diplomová práce se zabývá objasněním možností výroby elektrické energie a tepla v zemědělství.

První část práce je zaměřena na teoretické popisy a principy navržených zařízení. Je zde popsána činnost tepelného čerpadla a využívání odpadního tepla z chlazení mléka. Práce také rozebírá jednotlivé části bioplynové stanice a popisuje základní principy anaerobní fermentace organických materiálů.

Stěžejní částí práce se věnuje návrhu využití odpadního tepla stáje, možnostem využití tepla vyrobeného při kogeneraci a celkovému návrhu zemědělského provozu jako energetického celku.

## **Klíčová slova**

Tepelné čerpadlo, odpadní teplo, rekuperace, chlazení mléka, bioplynová stanice, bioplyn, kogenerace, digestát, anaerobní fermentace, fermentor, stájová budova, absorpční chlazení

## **Abstract**

Presented diploma thesis is concerned with clarifying the possibilities of production of electricity and heat in agriculture.

The first part is focused on the theoretical descriptions and principles of the proposed facilities. It describes heat pump operation and the use of waste heat from the cooling of the milk. The thesis also analyzes the individual parts a biogas plant and describes the basic principles of anaerobic fermentation of organic materials.

The main section deals with a design of utilization waste heat from stable, the possibilities of usage of heat produced in cogeneration and the overall design of the agricultural operation as energy unit.

## **Key words**

Heat pump, the waste heat, heat recovery, cooling milk, biogas station, biogas, cogeneration, the digestate, anaerobic fermentation, fermenter, stable building, absorptive cooling

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne

Jméno příjmení

.....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Jindrovi Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Dále děkuji Ing. Matějů a kolektivu ze společnosti STATEK BOR - ZEOS spol. s.r.o. za získané informace, dokumentaci a konzultace.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>6</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2 TECHNOLOGIE POŽÍVANÉ V ZEMĚDĚLSTVÍ PRO ZÍSKÁNÍ ENERGIE</b> .....	<b>9</b>
2.1 VÝZNAM A PRINCIP FUNKCE TEPELNÉHO ČERPADLA.....	10
2.1.1 Význam tepelného čerpadla.....	10
2.1.2 Princip funkce tepelného čerpadla.....	10
2.1.3 Princip funkce kompresorového tepelného čerpadla.....	11
2.2 MOŽNOSTI CHLAZENÍ MLÉKA A POPIS REKUPERACE TEPLA Z TOHOTO PROCESU .....	12
2.2.1 Důvod chlazení mléka a možnosti chlazení.....	12
2.2.2 Princip rekuperace tepla z procesu chlazení mléka pro ohřev TUV.....	13
2.3 BIOPLYNOVÁ STANICE A ZPRACOVÁNÍ BIOPLYNU.....	15
2.3.1 Bioplynová stanice (BPS) a bioplyn.....	15
2.3.2 Rozdělení BPS podle vstupů.....	15
2.3.3 Technologický proces v bioplynové stanici.....	16
2.3.4 Technologické části BPS .....	18
2.4 ZPRACOVÁNÍ BIOPLYNU V KOGENERAČNÍCH JEDNOTKÁCH .....	21
2.4.1 Popis kombinované výroby energie a tepla ze spalování bioplynu .....	23
2.5 VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA Z BPS V ZEMĚDĚLSKÝCH AREÁLECH.....	24
2.5.1 Sušení produktů.....	24
2.5.2 Sušení digestátu .....	25
2.5.3 Sušení pilin a dřevní štěpky.....	26
2.5.4 Sušení dřeva.....	26
2.5.5 Absorpční chlazení.....	27
<b>3 PŘÍNOSY A ÚSKALÍ VYUŽÍVÁNÍ ZMÍNĚNÝCH ZAŘÍZENÍ V BĚŽNÉM PROVOZU</b> .....	<b>29</b>
3.1 SWOT ANALÝZA .....	29
3.2 SWOT ANALÝZA TEPELNÉHO ČERPADLA.....	29
3.3 SWOT ANALÝZA BIOPLYNOVÉ STANICE .....	30
<b>4 MOŽNOSTI VÝROBY ENERGIE VE ZVOLENÉM ZEMĚDĚLSKÉM ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>32</b>
4.1 VYBRANÝ ZEMĚDĚLSKÝ PROVOZ .....	32
4.2 NÁVRH VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA Z PROSTORU STÁJE .....	33
4.2.1 Úvod do návrhu .....	33
4.2.2 Seznámení s prostorem stáje .....	33
4.2.3 Větrání stáje .....	34
4.2.4 Návrh a popis zařízení využívající odpadní teplo z prostoru stáje.....	35
4.2.5 Celkové zhodnocení využívání odpadního tepla stáje .....	40
4.3 VÝPOČET UŠETŘENÉ ENERGIE PŘI POUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA Z CHLAZENÍ MLÉKA .....	41
4.4 FOTOVOLTAICKÉ PANELE .....	44
4.5 BIOPLYNOVÁ STANICE A KOGENERACE.....	47
4.6 VYUŽITÍ KOGENERACE A VĚTRNÉ ENERGIE .....	48
4.7 NÁVRH ZAŘÍZENÍ VYUŽÍVAJÍCÍHO SOUČASNĚ KOGENERACI A FOTOVOLTAICKÉ PANELE .....	50
4.8 NÁVRH NA VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA Z KOGENERACE .....	51
<b>5 ZÁVĚR</b> .....	<b>53</b>

5.1	NÁVRH ENERGETICKÝCH TOKŮ UVNITŘ ZEMĚDĚLSKÉHO PROVOZU .....	54
<b>6</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>55</b>

# 1 Úvod

Již kolik tisíc let využívá člověk zemědělství, aby získal jeho hlavní produkt a to potraviny. Ty jsou určitou formou energie pro nás, abychom byli schopni žít a pracovat. Lze tedy říci, že zemědělství je producentem energie. Nic není zadarmo a i zemědělství potřebuje energii zpět, ovšem v jiné formě.

Ze zemědělských provozů lze získat i jinou energii a to například elektrickou energii či teplo. Tyto energie získáváme především díky fosilním palivům, jejichž zásoby jsou rok od roku tenčí. Snažíme se najít různé alternativy jak vyrobit elektrickou energii a teplo a přitom co nejméně poškodit životní prostředí. V nynější době si již téměř nedovedeme představit život bez elektrické energie a tepla. Ať už se jedná o životně nezbytné součásti či jen nutnost k udržení životních standardů. Tyto dva druhy energie denně využíváme a jsme na nich do jisté míry závislí.

Energie kterou je možné získat ze zemědělství, samozřejmě nemůže nahradit energii získanou z tepelné či jaderné elektrárny, ale i tato energie nám může ušetřit finance, či pomoci jinak, a proto si myslím, že stojí za využití.

V této práci se věnuji návrhu možností využití odpadního tepla z prostoru stáje a využívání odpadního tepla z chlazení mléka. Dále jsem zde navrhl určité možnosti využívání tepla, vyrobeného při kogeneraci, pro sušení jednotlivých produktů, jako je dřevo, dřevní štěpka, obiloviny atd. Další návrh se věnuje výpočtu úspor při instalaci fotovoltaických panelů na střeše stáje.

V závěru práce diskutuji možnost či širší využívání těchto technologií jako celku v České republice.



## 2 Technologie používané v zemědělství pro získání energie



Obr. 2.1 Možnosti jak získat energii v zemědělství

V úvodu této části bych chtěl přiblížit zařízení, která mohou být použita, nebo se používají pro získávání elektrické energie a tepla v zemědělských provozech. Na *Obr. 2.1 Možnosti jak získat energii v zemědělství* se snažím ukázat možnosti jak využít či získat energii v zemědělství.

Všechny tyto možnosti se pokusím navrhnout nebo popsat na konkrétním zemědělském provozu. V následujících kapitolách objasním možnosti využití odpadního tepla získaného chlazením mléka, dále představím návrh na využití metabolického tepla ustájených dojnic.

Protože je v zemědělství hodně staveb, které mají velkou střešní plochu, pokusím se zpracovat návrh na instalaci solárních či fotovoltaických panelů. V neposlední řadě bych se rád také věnoval bioplynové stanici, protože zemědělství poskytuje velké množství surovin a odpadů, které lze využít jako vstupní suroviny pro výrobu bioplynu.

## 2.1 Význam a princip funkce tepelného čerpadla

### 2.1.1 Význam tepelného čerpadla

Využití tepelného čerpadla jako netradičního zdroje energie má velký potenciál. Tepelné čerpadlo, ač je používáno jako zdroj energie, je ve své podstatě spotřebič energie, ovšem velmi efektivní spotřebič. Energii, kterou ke své činnosti potřebuje je několikrát menší než tepelný výkon předaný do topné soustavy. Poměr mezi tepelným výkonem a příkonem tepelného čerpadla se nazývá topný faktor (používá se také anglické označení COP - coefficient of performance). Čím je tato hodnota vyšší, tím je provoz tepelného čerpadla ekonomičtější.

Efektivnost a účinnost tepelného čerpadla je ve větší míře využívána převážně jednotlivci nebo menšími společnostmi. Tepelné čerpadlo se začalo hojněji využívat k vytápění teprve až začátkem sedmdesátých let, poté co došlo ke zvýšení cen energií. Tento finančně-ekonomický pohled se nám promítá i do dnešní doby, kdy investiční a provozní náklady jsou vyváženy následnými finančními úsporami.

### 2.1.2 Princip funkce tepelného čerpadla

V této části se zaměřím na popis kompresorového tepelného čerpadla, jedná se o nejčastěji užívaný typ, proto si myslím, že je vhodný pro popsání jeho funkce. Zkráceně lze říci, že tepelné čerpadlo pracuje na principu obráceného Carnotova cyklu.

V okolním prostředí (vzduch, voda, země) jsou obrovské přírodní zdroje energie o nízké teplotní úrovni. Tyto zdroje energie mohou být využity pro vytápění prostor jen tehdy, je-li jejich tepelná energie přečerpána pomocí zařízení, jako je tepelné čerpadlo, na vyšší teplotní úroveň. Tepelná čerpadla jsou tedy zařízení, která odejmou tepelnou energii tepelným zdrojům, jež jsou k dispozici a jejichž tepelný potenciál není přímo využitelný. Užité teplo se skládá z tepla, které bylo zdroji tepla odejmuto jeho ochlazením a tepla, které odpovídá pohonné energii. Užité teplo  $Q_T$  je tedy několikanásobkem vynaložené pohonné energie  $W$ .  
[1]

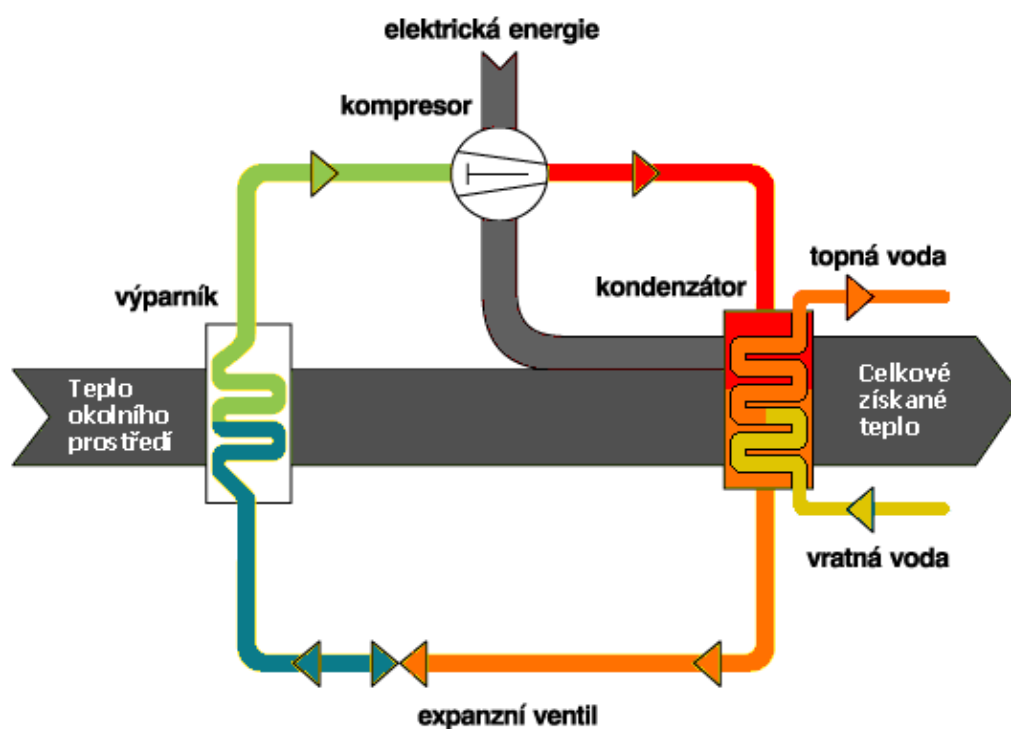
Jinak řečeno tepelné čerpadlo je zařízení, které odebírá teplo, z venkovního prostředí, o relativně nízké teplotě (tzv. nízkopotencionální tepelná energie) a přečerpává jej na teploty, které jsou již použitelné k vytápění objektů (optimální teplota topné vody 55°C). Aby tohoto bylo dosaženo je částečně potřeba elektrická energie, která je hospodárně využita při

takovémto způsobu vytápění. Tepelné čerpadlo by se neobešlo bez chladiva, jehož fyzikální vlastnosti jako pracovní látky jsou pro tento cyklus velmi důležité - chladivo, které se odpařuje i při nízkých venkovních teplotách.

Jedná se tedy o proces transformace tepla, což znamená, že použitá elektrická práce je několikanásobně menší než je hodnota tepelné energie, která je získána. Nevyužitým nezůstane ani teplo vzniklé prací kompresoru tepelného čerpadla, to se započítává do celkové získané tepelné energie. Teplota okolního prostředí přímo ovlivňuje efektivitu tepelného čerpadla.[2]

### **2.1.3 Princip funkce kompresorového tepelného čerpadla**

Ve výparníku dochází k odpaření chladiva za nízké teploty, to je dáno tím, že je zde nižší tlak. Tím dochází ke změně skupenství z kapalného na plynné a dochází ke spotřebě tepla  $Q$ . Toto teplo je to teplo, které tepelné čerpadlo odebírá ochlazené látce (např. venkovní vzduch, voda). Chladivo v plynné podobě postoupí do kompresoru, kde je stlačeno, tím vzroste tlak chladiva a tím pádem dojde i k předání další energie (konané práce kompresoru). Tato energie je získána nejčastěji od elektrického motoru, což znamená, že tuto energii je nutné hradit. Stlačená látka se v kondenzátoru ochladí, tím dojde k její kondenzaci, ovšem ne změně tlaku, látka má stále vysoký tlak. Kondenzací par vzniká teplo, které je předáno a následně odváděno ohřívanou látkou. Tato ohřívaná látka je nejčastěji voda využívaná v ústředním topení. Zkondenzované páry poté na škrtecím ventilu sníží svůj tlak a chladivo má původní hodnotu tlaku jako na začátku cyklu. Poté chladivo vstupuje do výparníku a celý cyklus se opakuje.



Obr. 2.2 Schéma principu kompresorového tepelného čerpadla [3]

## 2.2 Možnosti chlazení mléka a popis rekuperace tepla z tohoto procesu

### 2.2.1 Důvod chlazení mléka a možnosti chlazení

Mléko patří mezi živočišné výrobky, které mají pro lidskou výživu velký význam. Aby bylo dosaženo nejvyšší kvality mléka, musí dojít k jeho prvotnímu ochlazení, tj. ochlazení hned po nadojení. Chlazení patří mezi nejefektivnější a nejúčinnější způsoby, jak uchovat mléko čerstvé. Průběhy chemických procesů v mléce závisí na teplotě. Při nižších teplotách probíhají chemické procesy pomaleji a je pozdržen chemický rozklad mléka. Aby se zamezil růst mikroorganismů v mléce je potřeba mléko ochladit na 4 - 5°C.

Pro chlazení se používají chladicí tanky s přímým a nepřímým chlazením.

- **Přímé chlazení** - z mléka je odebráno teplo jeho kontaktem se stěnou výparníku, ve kterém dochází ke změně skupenství kapalného chladiva (freon 404A) na plyn.
- **Nepřímé chlazení** - mléko se chladí jeho kontaktem s plochou ochlazovanou ledovou vodou, která je vytvářena na dně chladicího tanku za pomoci

odpařování chladiva v měděném výparníku umístěném ve vodní lázni. Led, který se vytváří na výparníku, ochlazuje vodu, ve které je výparník ponořen. Pomocí čerpadla je tato ledová voda rozstříkována na venkovní stěnu nerezové vany, ve které je nadojené mléko. [2]



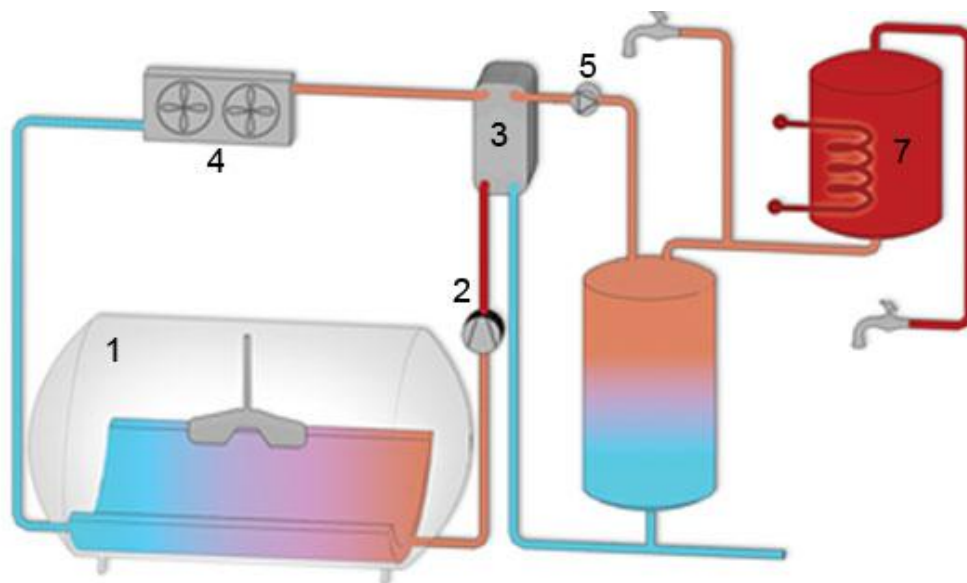
*Obr. 2.3 Uzavřený chladicí tank na mléko typ DXCE [4]*

### **2.2.2 Princip rekuperace tepla z procesu chlazení mléka pro ohřev TUV**

Mluvíme-li o rekuperaci, rozumíme tím využití tepla produktů, které potřebujeme chladit (mléka) ke zvýšení teploty látek, které potřebujeme ohřívat (např. TUV). V praxi se tento proces využívá, protože se takto dosahuje úspory finanční i energetické.

**Rekuperační systém, který se v praxi používá, se skládá z následujících částí:**

1. Chladicí nádrž
2. Kompresor
3. Tepelný výměník
4. Kondenzátor
5. Vodní čerpadlo
6. Zásobník
7. Elektrický ohřívač



Obr. 2.4 Schéma rekuperačního systému [5]

Z dojírny je ihned po nadojení mléko přiváděné do chladících tanků. Teplota tohoto mléka je cca 35°C. V chladícím tanku musí dojít k rychlému ochlazení (na cca 5°C) a optimálnímu promíchávání mléka. Při těchto procesech mléko odevzdává své teplo kontaktem se stěnou výparníku, ve které dochází ke změně skupenství z kapalného chladiva (freon 404A) na plyn. Kompresor plynné médium stlačuje a tím dochází k ohřevu plynu a následnému posunu plynu do tepelného výměníku, kde je teplo předáno vodě. Plyn je dále tlačěn do kondenzátoru, kde se průchodem přes žebrování a za pomoci ventilátoru ochladí, tím odevzdá své zbytkové teplo do okolí a v kapalné formě pokračuje opět do chladícího tanku. Voda, která přijala teplo od chladícího média je pomocí čerpadla přečerpána do zásobníku na vodu. Její teplota je závislá na množství nadojeného mléka i na aktuální spotřebě vody. Takto předeřtá voda může dosahovat teplot okolo 50 - 55 °C. [2]

## **2.3 Bioplynová stanice a zpracování bioplynu**

### **2.3.1 Bioplynová stanice (BPS) a bioplyn**

Bioplynová stanice se dá označit za rozvíjející se technologické a ekologické zařízení, které vyrábí bioplyn, který je podle zákona číslo 180/2005 Sb. označen jako obnovitelný zdroj energie. BPS zpracovává velké množství materiálů či odpadů, které jsou organického původu. To má hned několik kladných přínosů. Jeden z nejdůležitějších je rozhodně již zmíněná výroba bioplynu, což zvyšuje podíl energie, která je z obnovitelných zdrojů, tím dochází k poklesu spotřeby fosilních paliv. S tím souvisí i snížení dovozu, závislosti na fosilních palivech z jiných zemí a menší produkce nebezpečných látek při spalování, tudíž i následné řešení problematiky klimatických změn.

Dalším kladným přínosem je možnost třídění a sběr biologicky rozložitelných komunálních odpadů ve městech a obcích pro BPS, místo ukládání těchto odpadů na skládky. V neposlední řadě vytváří BPS pracovní příležitosti fyzickým i právnickým osobám. Jako je kupříkladu nová podnikatelská činnost pro zemědělce, kterým přináší příležitost, ke smysluplnému využití zemědělské půdy a tím i do budoucna možnou stabilizaci v současném nestabilním zemědělství a přispění k rozvoji venkova.

### **2.3.2 Rozdělení BPS podle vstupů**

Podle toho, jakou biomasu zpracováváme v BPS můžeme rozlišovat 3 typy stanic: zemědělské, průmyslové (kofermentační) a komunální. Zemědělská BPS zpracovává vstupy ze zemědělské prvovýroby (např. statková hnojiva a energetické plodiny). Kofermentační bioplynová stanice v jednom zařízení zužitkovává různé materiály (často rizikové vstupy – kaly z čističek odpadních vod, krev z jatek atd.). Vhodná kombinace materiálů má pak vliv na kvalitu bioplynu. Komunální bioplynová stanice zpracovává komunální bioodpady, včetně odpadů z domácností.

Na našem území převažují bioplynové stanice zemědělské, ostatní typy jsou zatím zastoupeny sporadicky. Velké zkušenosti s komunálními bioplynovými stanicemi má např. sousední Německo. Také v blízké budoucnosti se největší nárůst provozů očekává právě u bioplynových stanic zemědělského typu. Rozvoji komunálních stanic v ČR brání nedostatky ve zpracování komunálního odpadu. [6]

### 2.3.3 Technologický proces v bioplynové stanici

Jak již bylo zmíněno výše, bioplynová stanice je technologické zařízení, které využívá procesu anaerobní fermentace (jinak nazývaná také anaerobní digesce, metanizace či vyhnívání) ke zpracování bioodpadu, či jiného biologicky rozložitelného materiálu. Produktem tohoto procesu je hlavně bioplyn, ale také nerozložený zbytek digestát a fugát.

**Bioplyn** je plyn tvořen převážně metanem ( $\text{CH}_4$ ) a oxidem uhličitým ( $\text{CO}_2$ ), kde obsah metanu je okolo 50 - 75%.

**Digestát** je tuhý zbytek po vyhnití a velmi malým počtem biologicky rozložitelných látek. Pokud vyhovuje parametrům stanoveným vyhláškou Ministerstva životního prostředí, dá se použít jako hnojivo, přídatek do kompostu či úpravě povrchu.

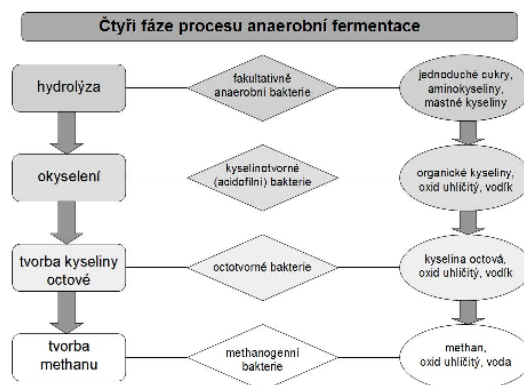
**Fugát** jinak řečeno procesní voda, jedná se o odpadní vodu z vyhnívacího procesu. Je silně zakalena a obsahuje produkty anaerobního rozkladu organických látek. Většinou je odváděna do čistírny odpadních vod.

Proces anaerobní fermentace můžeme popsat jako proces, kdy mikroorganismy rozkládají organický materiál bez přítomnosti vzduchu. Kyslík je totiž pro anaerobní bakterie jedovatý, proto by se s ním neměly dostat do styku. V přírodě se vyskytuje tento proces zcela přirozeně (např. v bažinách, na dně jezer, dokonce i ve skládkách komunálního odpadu), ale v bioplynové stanici se jedná o metodu řízenou, kvůli docílení co nejlepšího rozkladu biomateriálu a zisku co nejvíce bioplynu. Anaerobní fermentace probíhá ve čtyřech základních fázích, kdy v každé fázi vzniklý produkt skupiny mikroorganismů je substrátem pro skupinu další. Tyto fáze jsou:

1. **Hydrolýza** - během první fáze dochází působením hydrolytických enzymů k rozkladu makromolekulárních organických látek (polysacharidů, lipidů a proteinů) na jednodušší nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě jako například aminokyseliny, monosacharidy a vyšší mastné kyseliny.
2. **Acidogeneze** - produkty hydrolýzy jsou dále rozkládány na jednodušší organické látky jako těkavé organické kyseliny, alkoholy a plynný oxid uhličitý  $\text{CO}_2$  a vodík  $\text{H}_2$ . Dochází k poklesu pH v důsledku vyšších koncentrací organických kyselin.
3. **Acetogeneze** - dochází k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové.
4. **Metanogeneze** - závěrečný krok anaerobního rozkladu, kdy z kyseliny octové,  $\text{H}_2$



a CO<sub>2</sub> vzniká metan - CH<sub>4</sub>, tento krok provádějí metanogenní bakterie, což jsou striktně anaerobní organismy, podobné nejstarším organismům na Zemi. Tyto bakterie jsou citlivé především na náhlé změny teplot, pH, oxidačního potenciálu a další inhibiční vlivy.



Obr. 2.5 Fáze procesu anaerobní fermentace [7]

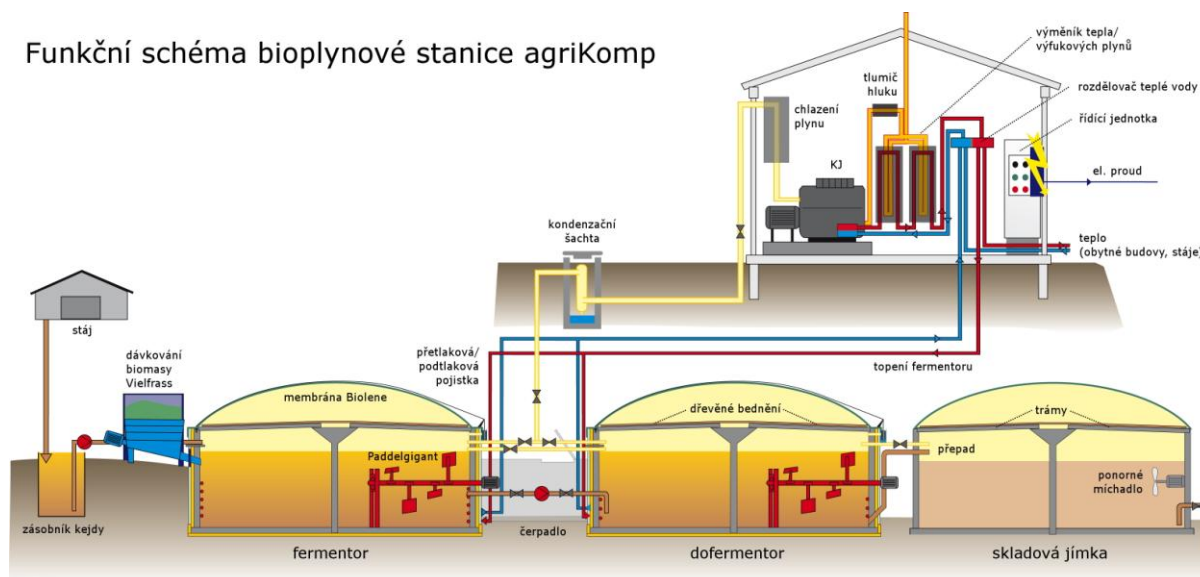
Rychlost tvorby bioplynu je na teplotě silně závislá. Dá se říci, že se zvyšující teplotou roste rozklad substrátu a tím dochází k vyšší produkci bioplynu a zkracuje se doba anaerobního vyhnívání. Metanogenní bakterie obvykle pracují při teplotách v rozmezí 0°C až 70°C. Pro mikroorganismy v bioplynových technologiích se uvádí čtyři teplotní oblasti:

- kryofilní..... 0°C až 5°C
- psychofilní..... 5°C až 27°C
- mezofilní.....27°C až 45°C
- termofilní.....45°C až 60°C

Dá se říci, že teplota uvnitř fermentoru je volena na druhu mikroorganismů, které jsou využívány pro tvorbu bioplynu a na směsi substrátu, který je ve fermentoru umístěn. Z mé zkušenosti z bioplynových stanic v Dánsku, jsou nejčastěji používány mikroorganismy termofilní a BPS dosahovali při teplotě 52,5°C vhodného rozkladu organického materiálu a tím i vyšší produkci bioplynu. Při této teplotě je už i nezanedbatelný stupeň hygienizace substrátu. V těchto BPS byla jako substrát používána kombinace zbytků potravy, hovězí a vepřová kejda a hnůj. Vše v určitém poměru, pro dosažení co nejlepších výsledků.

### 2.3.4 Technologické části BPS

Funkční schéma bioplynové stanice agriKomp



Obr. 2.6 Schéma bioplynové stanice [9]

### Fermentory

Rozlišujeme dva základní druhy fermentorů, vertikální a horizontální. Typicky mívají kruhový průřez a mají betonový, železobetonový nebo čistě ocelový plášť. Dále můžeme fermentory rozdělit na podzemní a nadzemní provedení.

Vertikální fermentory se vyznačují menším poměrem vnější plochy vztažené k objemu fermentoru a tudíž menší spotřebou materiálu. To v důsledku znamená menší spotřebu tepla a menší tepelné ztráty. Jejich nevýhodou je, že není možné zde uplatnit tzv. pístopvé proudění, které je možné u horizontálních fermentorů, které mají velký poměr délky k jejich výšce.

Pokud máme porovnat fermentory nadzemní a podzemní, tak nadzemní se vyznačují většími tepelnými ztrátami. Kdežto užití podzemních fermentorů je možné jen v místech, kde není vysoká hladina spodní vody.

Mezi důležité části fermentoru patří jistě plášť nádrže, tepelná izolace, kontrolní okénko, topné zařízení a míchadla. Nejdůležitějším prvkem je správně utěsněná fólie fermentoru v jeho horní části, čím horší utěsnění máme, tím dochází k vyšším ztrátám metanu.

### Plynojem

Plyn je možné skladovat přímo ve fermentoru, jehož strop je tvořen jednou nebo více fólií, nebo může být přečerpáván a skladován v externích plynojemech. Velikost plynojemu je závislá na denní produkci a spotřebě plynu. Plynojemy jsou standardně konstruovány jako nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké.



*Obr. 2.7 Plynojem v obci Vorupør v Dánsku*

Konstrukce nízkotlakých bývá nejčastěji do objemu 1000 m<sup>3</sup> a jsou fóliové. Středotlaké zásobníky jsou vyráběny z oceli a pracují s provozním tlakem 5 až 20 barů. Vysokotlaké zásobníky se z finančního hlediska nepoužívají.

### Přípravné a skladovací nádrže

Přípravné nádrže slouží ke krátkodobému skladování substrátu. Z těchto nádrží je substrát buď čerpán přímo a nebo jinak dopravován do fermentoru. Přípravné nádrže občas také slouží k rozměňování nebo míšení materiálu pro kofermentaci.

Požadavkem na tyto nádrže je pouze vodotěsnost, plynotěsnost ta zde není nutná. Důležitou částí je také zařízení pro dopravu substrátu do fermentoru. Pro tekuté substráty se používají různé modifikace čerpadel a u substrátů, které se nedají čerpat se používají hydraulické dopravníky, šneková zařízení a nebo tzv. vyplavovací šachty.



*Obr. 2.8 Přípravné a skladovací nádrže v BPS poblíž města Ulfborg v Dánsku*

Skladovací nádrže slouží ke skladování vyhnílého substrátu. Nádrže se dimenzují tak, aby jejich velikost pokryla dobu vegetačního klidu rostlin. Ta v závislosti na klimatu se pohybuje mezi 6 - 7 měsíci.

### **Potrubí, čerpadla a armatury**

Potrubí, čerpadla a armatury se používají k dopravě substrátu na určené místo, jeho kontrole a řízení.

Potrubí rozlišujeme tlaková a přepadová. Přepadová potrubí bývá větších rozměrů než tlaková a používá se jen tam, kde je materiál dopravován vlivem samovolného spádu. Provedení potrubí bývá z ocelových či plastových rour.

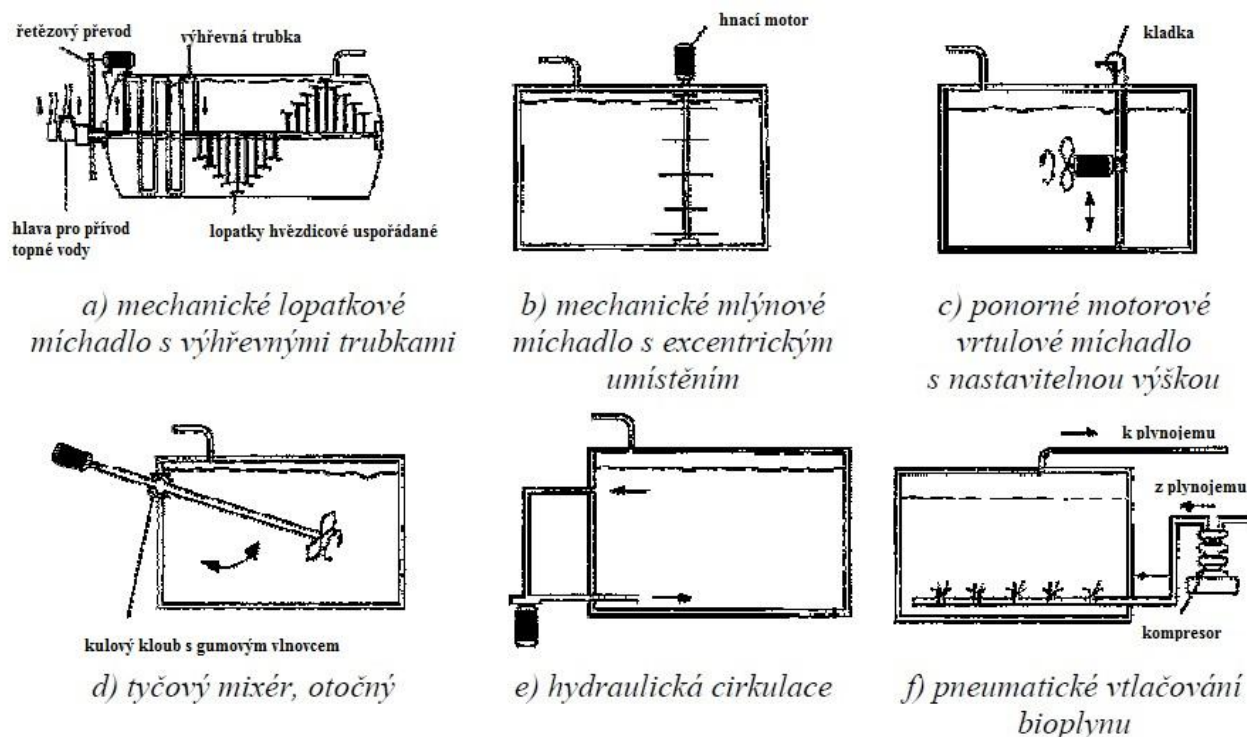
Čerpadla se používají při potřebě překonání výškových rozdílů mezi nádržemi. Můžeme je rozdělit na odstředivá (rotační) čerpadla a objemová (plunžrová) čerpadla. Použití odstředivých čerpadel je možné jen u materiálů s obsahem sušiny do 8%. Objemová čerpadla se používají pro dopravu tekutého substrátu s vyšším obsahem sušiny.

Nejdůležitější armatury jsou v potrubním systému manometry, čistící otvory, zpětné klapky, šoupátka a spojky. Zpětné klapky se používají k zabránění zpětnému chodu substrátu při čerpání s převýšením. Šoupátka slouží k uzavření potrubí a rozlišujeme otočná (rychlé uzavření, ale špatná těsnost) a nožová (těžší manipulace, ovšem větší těsnost). Spojky slouží ke spojování potrubí, za velmi dobrého utěsnění. Spojky mohou být sešroubovatelné a nebo rychle rozpojitelné zásuvné spojky.

### **Míchadla**

Míchadla jsou umístěna ve fermentoru a vyrábějí se různá provedení. To závisí na provedení fermentoru (vertikální, horizontální) a konzistenci substrátu. Míchadla zajišťují promíchávání substrátu, zabraňují vzniku povrchové krusty nebo škraloupu, udržují rovnoměrnou teplotu v celém objemu substrátu atd. Promíchávání se provádí buď mechanicky, hydraulicky či pneumaticky. Míchadla se nastavují buď na rovnoměrné míchání po celou dobu a nebo v intervalech. Pohon mechanických míchadel zajišťuje motor, který přes hřídel s příslušenstvím zajišťuje míchání. Mechanická míchadla jsou například: lopatková, tyčová, ponorná motorová vrtulová, otočné tyčové mixéry aj.

U hydraulického míchání se používá čerpadlo, které je umístěno vně fermentoru. Z toho plyne, že tento způsob lze používat jen u tekutých substrátů. Výhodou je absence jakýchkoliv pohyblivých částí ve fermentoru.



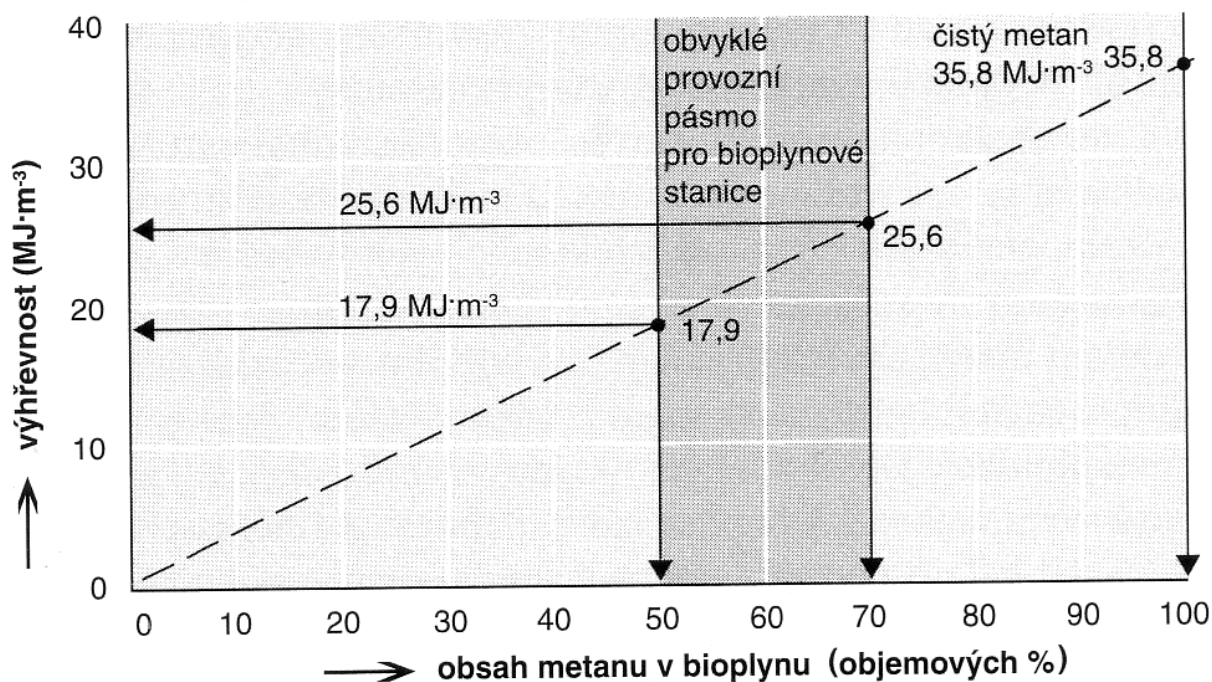
Obr. 2.9 Přehled používaných typů míchadel pro bioplynové stanice [16]

### Topná zařízení

Topná zařízení slouží k udržení požadované teploty pro použitou kulturu bakterií a pro vyrovnání tepelných ztrát. Teplota se udržuje prouděním teplé vody v trubkách nebo přes výměník tepla. Rozložení trubek je rovnoměrné v podlaze a nebo se umísťují do stěn fermentoru. Podlahové vytápění je podobné tomu domovnímu podlahovému vytápění, jen se zde pracuje s menším tlakem, tudíž lze použít slabší a tím i levnější trubky. [10]

## **2.4 Zpracování bioplynu v kogeneračních jednotkách**

O bioplynu můžeme říci, že patří k velmi dobrým nosičům energie a není problém ho skladovat. Využívat bioplyn lze v široké škále odvětví, záleží ovšem na jeho vyčištění a na obsahu metanu. Čím vyšší obsah metanu má v sobě bioplyn obsažen, tím stoupá jeho výhřevnost, což je z energetického hlediska nejdůležitější parametr. Jak je vidět z **Obr. 2.10** bioplyn má při obsahu 50% metanu výhřevnost  $17,9 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$



Obr. 2.10 Výhřevnost bioplynu v závislosti na obsahu metanu (Pastorek, 2004)

Tradiční a základní způsoby využití bioplynu jsou: - spalování v plynových kotlích pro vytápění, - pohon plynového pístového motoru generátorů elektrického proudu, včetně motorů kogeneračních zajišťujících i využití odpadního tepla. Další poměrně běžné způsoby využití bioplynu jsou:

- plynové turbíny a tzv. mikroturbíny
- plynové motory pohánějící kompresory chladicích systémů
- plynové kotle ohřívající médium absorpčních chladicích systémů
- imerzní plynové hořáky (pro odpařování, resp. zahušťování, například odpadních vod)
- čištění na kvalitu SNG (náhradního zemního plynu) a vtláčení do sítě
- komprese, případné další čištění a využití například pro pohon vozidel
- výroba elektřiny na palivových článcích

Z hlediska běžného provozu však existují i poměrně nové možnosti pro využití bioplynu:

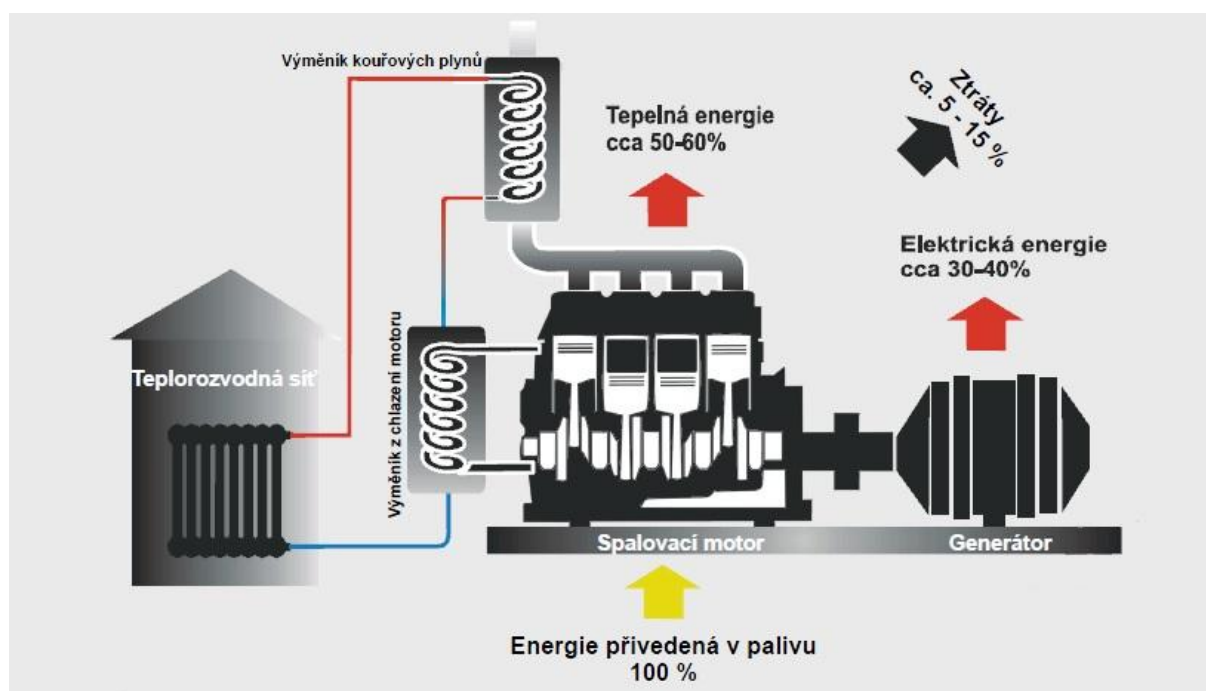
- výroba biovodíku (a s tím související využití CO<sub>2</sub> pro výživu řas)
- Organické Rankinovy cykly (ORC) [11]

### 2.4.1 Popis kombinované výroby energie a tepla ze spalování bioplynu

Kogenerace neboli kombinovaná výroba elektrické energie a tepla (KVET). Bioplyn je v těchto procesech používán jako palivo do spalovacích motorů, které pohánějí generátor a ten zajišťuje výrobu elektrické energie. Součástí kogenerační jednotky je jeden nebo více výměníků tepla. Je několik způsobů jak kapalinu procházející přes výměník využít. Ve většině případů je touto kapalinou teplá užitková voda (TUV), která má teplotu 80 až 90 °C. Touto TUV lze udržovat požadovanou teplotu ve fermentoru, jako vytápění podlahové nebo stěnou, jak již bylo zmíněno výše v topných zařízeních. Dále lze tuto teplo vodu využít pro vytápění nebo ohřev TUV přílehlých obytných domů přes další výměníky.

Takovýto způsob využití bioplynu dosahuje vysoké účinnosti přeměny energie z bioplynu na energii elektrickou a tepelnou, řádově mluvíme o 80 až 90 %.

Jak patrné z **Obr. 2.11** tak pro hrubou orientaci můžeme počítat, že 50 - 60 % energie bioplynu se přemění na tepelnou energii, na elektrickou energii se přemění 30 - 40 % a tepelné ztráty tvoří 5 - 15 %.



Obr. 2.11 Funkční schéma blokovej kogenerační jednotky [12]

Motory pro kogeneraci se používají plynové vznětové, plynové zážehové a nebo spalovací mikroturbíny. Vznětové motory bývají s výkonem od desítek kW až do několika MW. Pro vhodnou volbu motoru jsou ovšem rozhodující faktory jako je dlouhá životnost, jednoduchá

údržba, malá poruchovost, odolnost vůči vlhkosti, nízká cena a otáčky do 1500 ot/min. Mezi nejnámější výrobce takovýchto motorů lze zařadit např. Jenbacher, Motorgas, Tedom či Deutz.

Samotná výroba elektrické energie je obstarána generátory za pomoci již zmíněných motorů. Nejčastěji se používají asynchronní generátory, méně pak synchronní generátory. Asynchronní motory jsou vlastně trojfázové motory s kotvou nakrátko. Tyto asynchronní generátory přeměňují mechanickou energii na elektrickou v případě, že otáčky asynchronního motoru dosáhnou vyšších otáček než jsou synchronní, rotor pak předbíhá točivé magnetické pole a alternátor dodává elektrickou energii do sítě.

Výhodou asynchronního generátoru je jednoduchá konstrukce a spolehlivost při provozu.

## **2.5 Využití odpadního tepla z BPS v zemědělských areálech**

Využití odpadního tepla z kogenerační jednotky je dnes jednou z podmínek pro získání dotace na výstavbu bioplynové stanice. Současně to ovšem přináší rychlejší návratnost investice.

Pokud se rozhodneme, že teplo získané z kogenerace, jako hlavního zdroje tepla, nebudeme využívat pro vytápění, či ohřev vody v administrativních budovách, naskytá se zajímavá příležitost využít toto odpadní teplo pro dosoušení obilí, řepky, kukuřice a jiné produkty rostlinné výroby. Dále lze teplo využít pro sušení dřevní štěpky, pilin, pevných odpadů z BPS, vytápění skleníků, či odchov kuřat nebo odchov teplomilných ryb. Je ovšem velmi důležité vzít v úvahu skutečnou potřebu tepla v těchto objektech. Tzn. Dodržovat zákonné a normové požadavky na energetickou náročnost jako je např. výměna vzduchu.

### **2.5.1 Sušení produktů**

Důležitou podmínkou, pro využití odpadního tepla na sušení obilovin a olejnin (nejčastěji ječmen, řepka, kukuřice, senáž, mláto...) v halách je, aby bioplynová stanice byla umístěna přímo v zemědělském areálu. Další podmínkou je instalace kanálového aktivního větrání a to buď přímo zabudovaného v podlaze skladu a nebo mobilních tunelů.



U těchto systémů se vhání vzduch do rozvodu přes výměník tepla (voda - vzduch). Plodiny ve skladu mohou být uloženy buď volně nebo v oddělených boxech popřípadě v modulových zásobnících. Důležitá je i výška naskladněných surovin. Dle typu suroviny a uložení bývá od 3 do 8,5 m. V takovémto případě lze dosáhnout odsušek až 14%.

Další možností pro sušení obilovin a olejnin je využít odpadní teplo v tzv. sesypných sušárnách. Instalace výměníku u sušáren s přímým a nepřímým ohřevem slouží pro predehřátí vzduchu až do 60°C. Pokud je potřeba dosahovat vyšších teplot, řeší se tento problém přidáním hořáku na metan z BPS nebo jiné médium.

Mezi hlavní výhody sušáren patří úspora energie na sušení obilovin a olejnin a naskýtá se možnost na využití odpadního tepla ze spalin generátoru. A jako výhody halového sušení je potřeba zmínit úsporu na dosoušení surovin, možnost skladovat suroviny se zvýšenou vlhkostí a využívat stávající technologie aktivního větrání v halách.

### **2.5.2 Sušení digestátu**

Regulace sušárny umožňuje sušit digestát o různé vstupní vlhkosti. Podmínkou je použití separátoru, který umožní snížit vlhkost na cca 45 - 50%. Nejčastější separátory jsou síťové nebo bubnové.

Výsledný pevný zbytek (digestát) je po sušení možné použít jako hnojivo, nebo pro výrobu pelet či briket. Po zpracování se obvykle požaduje konečná vlhkost okolo 10 - 15%. Z energetického hlediska je vhodné udržet podíl sušiny okolo 88%. To je z důvodu, aby se materiál nepřesoušel a byl stabilizovaný pro skladování. Na sušení digestátu se používají pásové sušárny pracující s teplotou 80 - 120°C.

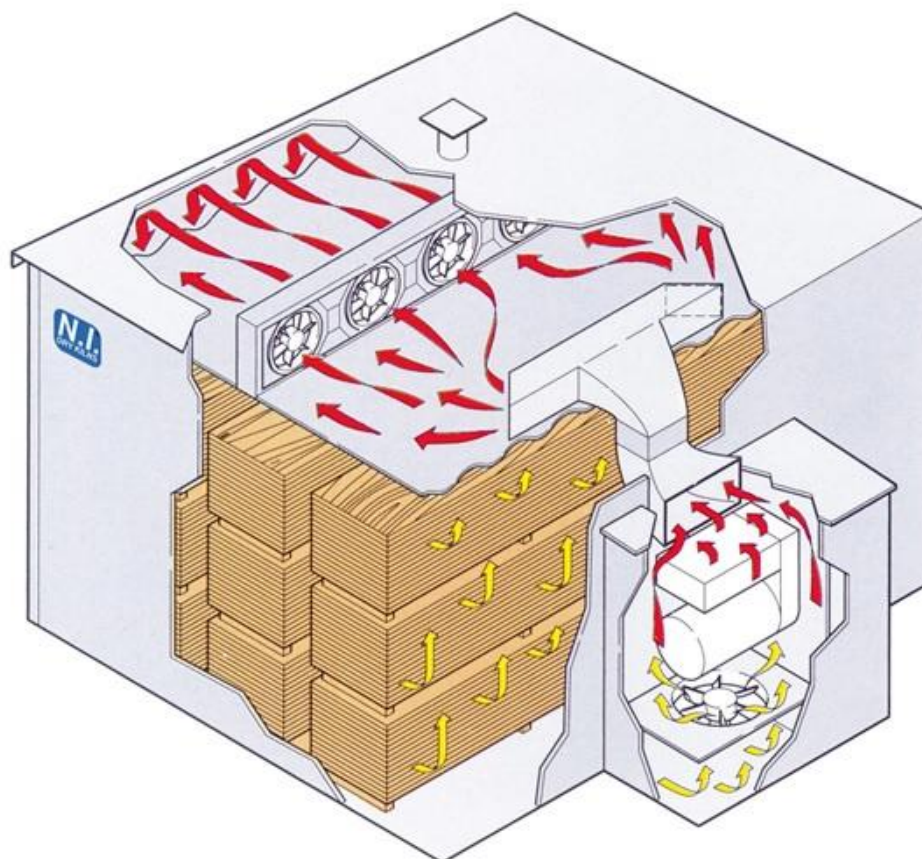
Následnou operací po sušení je například granulace digestátu. Granulovat je možné buď samotný digestát a nebo společně s dalšími surovinami (sláma, seno) se zvyšuje energetická hodnota vyráběných granulí. Výsledný produkt je možné používat jako topivo, hnojivo, podestýlku do stájí. Jde o poměr vstupních surovin a velikost granulí, které jsou o průměru 8 - 22 mm.

### 2.5.3 Sušení pilin a dřevní štěpky

Výhodou sušení pilin a štěpky oproti sezónním zemědělským produktům je možnost celoročního sušení. Hlavním požadavkem je co nejnižší obsah vlhkosti na výstupu surovin ze sušárny, jedná se zhruba o 7 - 20% vlhkosti materiálu. To znamená, že dochází k vysokému procentu odsušky vlhkosti (až 50%), to samozřejmě zvyšuje energetickou náročnost sušení vztahenou na objem suroviny. Dá se říci, že sušení těchto komodit je často energeticky náročnější než sušení zemědělských produktů. Vysušené piliny nebo štěpku je možné dále používat pro výrobu dřevních pelet či briket.

### 2.5.4 Sušení dřeva

Mezi sušením přírodním a umělým je přirozeně rozdíl. U umělého sušení se provádí v sušárně a do hráně složeného dřeva je nuceně pomocí ventilátoru přiváděn teplý vzduch. Teplota tohoto vzduchu dosahuje běžně do 100°C. Sušení kusového dřeva je provozně i logisticky náročnější než sušení plodin zemědělské produkce. Na rozdíl od sypkých materiálů nelze používat kontinuální provoz sušení, proto se nejčastěji používají sušárny komorové, ve kterých probíhá sušení v opakovaných cyklech. Při tomto způsobu sušení není ovšem zajištěn rovnoměrný kontinuální odběr tepla z BPS. Důležitým faktorem pro návrh velikosti a množství sušáren je nutné zajistit dostatečné množství dřeva k sušení. Je-li toto splněno, pak lze velikost a počet sušících jednotek optimalizovat tak, aby bylo možné využívat téměř veškeré disponibilní teplo z kogenerační jednotky.



Obr. 2.12 Schématický obrázek sušárny řeziva [15]

Pokud by u statku fungovala bioplynová stanice, myslím si, že sušárna řeziva by byla v jistém směru vhodná možnost jak rozšířit statek, pracovní pozice a možná i získat navíc nějaké finanční prostředky. Sušárna není stavbou nikterak velkou a proto se domnívám, že i prostor pro ni a připravené dřevo by nebyl problém zajistit.

### 2.5.5 Absorpční chlazení

Při kombinované výrobě tepla, elektřiny a chladu v bioplynové stanici se pro výrobu chladu používá teplo z kogenerace. Na provoz absorpčního chlazení je potřeba pouze tepelná energie a elektřina, která zajišťuje provoz oběhového čerpadla. Přeměnu tepla na chlad lze provést dvěma způsoby, absorpcí a adsorpcí. Rozdíl mezi těmito způsoby spočívá v dosažitelné teplotě chladiva a v potřebné teplotě topné vody, ta je zdrojem tepla.

Princip absorpčního chlazení spočívá v tom, že chladivo (voda) absorbuje teplo v nižší teplotě a nižším tlaku během odpařování a uvolňuje teplo ve vyšší teplotě a vyšším tlaku během kondenzace. Roztok, který pracuje jako absorbent (např. roztok Lithium Bromid - LiBr) vstřebává výpary z chladiva. Chladivo se odpařuje při nízkém tlaku. Poté se zředěný roztok, obsahující vstřebávané páry z chladiva, zahřívá na vyšší tlak. To způsobí vypařování chladiva a absorbent získá svou původní koncentraci. Cyklus se stále opakuje a tak dosahuje požadovaného mrazivého účinku.

Výhodou absorpčního chlazení je nízká nutnost údržby, malá spotřeba elektřiny a použití ekologického chladiva v porovnání s kompresorovým chlazením.

Absorpční chlazení je možné využívat pro klimatizaci v budovách, chladírnách ovoce a zeleniny, pro chlazení mléka, skladů potravin, průmyslových provozech atd.

### 3 Přínosy a úskalí využívání zmíněných zařízení v běžném provozu

V této části bych rád zmínil pozitiva a některá negativa zařízení či postupů zmíněných v předchozí kapitole. Myslím si, že vhodné a přehledné shrnutí všech vlastností zařízení může obsáhnout SWOT analýza, kterou bych rád použil a s její pomocí popsal určitá zařízení.

#### 3.1 SWOT analýza

Jedná se o jeden ze základních nástrojů strategického managementu. Její užití přichází vhod i při jiných příležitostech, jako jsou reklamy, typické výběrové řízení, projektově orientované zakázky a řada dalších.

SWOT je zkratka tvořená počátečními písmeny slov **S**trengths (silné stránky), **W**eaknesses (slabé stránky), **O**pportunities (příležitosti) a **T**hreats (hrozby). Úkolem této analýzy je donutit příslušného zpracovatele či další, kdo s ní přijdou do kontaktu, zamyslet se a vyvodit příslušné důsledky. Mezi vnitřní faktory, tzv. interní analýza, se řadí silné a slabé stránky, neboť tyto vlivy jsou definované vnitřními vlivy (kapitál, zkušenosti, duševní vlastnictví, výbava či kapacity). Oproti tomu příležitosti a hrozby jsou řazeny mezi vnější faktory, tzv. externí analýzy. Dá se ovšem říci, že tyto faktory jsou do značné míry ovlivněny faktory vnitřními. Dá se totiž ovlivnit pro příklad příležitost na trhu a tím se dá i předejít hrozbám.

#### 3.2 SWOT analýza tepelného čerpadla

V této části bych se chtěl zaměřit na pozitiva či hrozby tepelného čerpadla. Tepelné čerpadlo je zařízení o kterém je dnes možné získat spoustu informací nejen v literatuře, ale hlavně kdekoli na internetu. Pokusil jsem se shrnout myšlenky, jak své tak i zkušenosti ostatních a na základě toho, jsem zpracoval tuto SWOT analýzu tepelného čerpadla.

<b>Silné stránky</b>	<b>Slabé stránky</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• bezodpadní technologie</li> <li>• levný provoz (bezpalivové)</li> <li>• dlouhá životnost zařízení</li> <li>• více alternativ</li> <li>• snadná regulace</li> <li>• nenáročná obsluha</li> <li>• nízká provozní hlučnost</li> <li>• nezávislost na cenách energií</li> <li>• ekonomické a ekologické vytápění</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyšší investiční náklady</li> <li>• závislost na lokalitě</li> <li>• nižší účinnost při nižších teplotách</li> <li>• nutnost dalšího zdroje při extrémních teplotách</li> <li>• závislost na dodávce elektrické energie</li> </ul>
<b>Příležitosti</b>	<b>Hrozby</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• snížení závislosti na fosilních zdrojích</li> <li>• omezení emisí</li> <li>• zlepšení životního prostředí</li> <li>• snížení inverzních situací v zimě</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyčerpání zdroje vody (jen u typu voda-voda, voda vzduch)</li> </ul>

### 3.3 SWOT analýza bioplynové stanice

<b>Silné stránky</b>	<b>Slabé stránky</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• produkce tepelné a elektrické energie</li> <li>• soběstačnost a nezávislost na dodavatelích</li> <li>• získání energetické soběstačnosti na venkově</li> <li>• využití a zhodnocení odpadů z potravinářského průmyslu</li> <li>• získání organického hnojiva vhodného pro ekologické zemědělství</li> <li>• snížení emisí</li> <li>• celoroční provoz</li> <li>• využití lokálních zdrojů "paliva"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• technicky složitá výstavba</li> <li>• vysoká počáteční investice</li> <li>• ověření možností pro připojení na síť u příslušného regionálního distributora</li> <li>• náročný proces přípravy a realizace z hlediska administrativy a naplnění vztahujících se zákonů</li> <li>• možná hlučnost</li> </ul>

<b>Příležitosti</b>	<b>Hrozby</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>snížení závislosti na fosilních zdrojích</i></li><li>• <i>vykrytí výpadků ostatních obnov. zdrojů</i></li><li>• <i>zvýšení procentuelního podílu výroby el. energie z obnovitelných zdrojů</i></li><li>• <i>legislativní podpora</i></li><li>• <i>garance stability provozu a zisku bioplynu</i></li><li>• <i>odborná pomoc při spouštění zařízení do provozu</i></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>nedostatek "paliva"</i></li><li>• <i>předsudky lidí, možné protesty proti výstavbě BPS</i></li><li>• <i>technické stárnutí technologií</i></li><li>• <i>stát přestane podporovat získávání energie z obnovitelných zdrojů</i></li><li>• <i>riziko poklesu výkupní ceny</i></li><li>• <i>zvýšení cen vstupních surovin</i></li></ul>

## 4 Možnosti výroby energie ve zvoleném zemědělském zařízení

### 4.1 Vybraný zemědělský provoz

Pro návrh možných způsobů jak získat energii v zemědělství jsem si vybral zemědělský statek Bor ZEOS spol. s.r.o., patřící rodině Matějů, v Karlovarském kraji, přesněji mezi Karlovými Vary a Ostrovem. Jedná se o poměrně velké zemědělské stavení, kde chovají dojnice a masné plemeno skotu. Tento provoz není jediný, společnost STATEK BOR ZEOS, spol. s r.o. vlastní více zemědělských provozů a chovů.

Tento provoz jsem si vybral z několika důvodů. Jednak si myslím, že má velký potenciál a je možné sem navrhnout různá zařízení na úsporu finančních prostředků a výrobu elektrické energie či tepla. Mezi další důvody jistě patří to, že majitelé mají snahu tento statek dále modernizovat a funguje zde i prodejna masných i mléčných výrobků, které získaly ocenění Regionální potravina v roce 2012.



*Obr. 4.1 Letecký pohled na statek ZEOS Bor*



## 4.2 Návrh využití odpadního tepla z prostoru stáje

### 4.2.1 Úvod do návrhu

Jedná se o možnost využívat odpadní teplo z vnitřního prostoru stáje. Doposud jsem se nesetkal s nikým, kdo by tento způsob jakkoli využíval, proto zůstává stále u teoretického návrhu, protože není možnost ověřit účinnost tohoto systému a provést měření.

### 4.2.2 Seznámení s prostorem stáje

Existuje několik typů stájových prostorů, ať už mluvíme o objektech otevřených (přístřešky), které se využívají pro ustájení skotu, ovcí, koz apod., tak o objektech s uzavřenou ustájovací částí. Těmto bych se rád více věnoval, protože jsou hlavní bodem mého návrhu.

Stájová budova je již ze začátku projektována tak, aby vyhovovala pro ustájená zvířata, od toho je odvozena její velikost i povaha. Mezi další parametry patří např. zaměření chovu (mléčná, masná užitkovost), způsob ustájení, uložení krmiva, uložení hnoje, močůvky, pozdější modernizace...

Vnitřní prostředí stáje je velmi specifickým prostorem, který je ovlivněn:

- Podmínkami venkovního klimatu
- Vlivem životních pochodů zvířat
- Činností strojů a zařízení ve stáji
- Působením řady dalších fyzikálních, chemických, a biologických procesů

Běžně se ve stájích vyskytují plynné škodliviny jako je:

- oxid uhličitý, amoniak a sirovodík.
- metan, zápašné plyny (merkaptan), indol, skatol, kyselina máselná apod.
- prach - organický - částice steliva, krmiva, chlupů, kůže, peří apod.  
- anorganický - částice zeminy, omítky, dlažby apod.

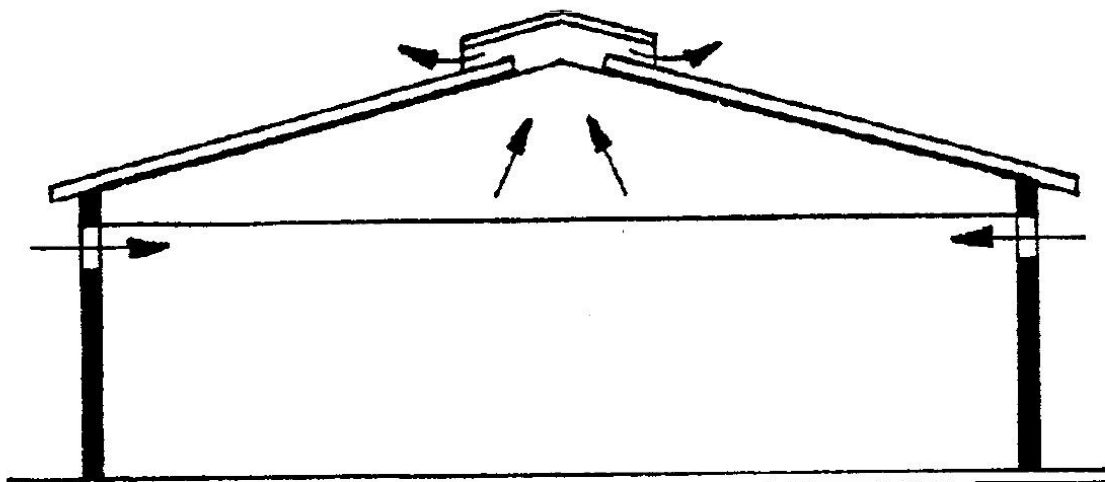
Stájové prostředí ovlivňuje:

zdravotní stav zvířat, užitkovost, spotřebu krmiv, pracovníky ve stájích, konstrukci stavby, technologické vybavení.

### 4.2.3 Větrání stáje

Výškové rozměry konstrukce stáje a sklon střechy se dimenzují pro dané stádo podle potřebné kapacity vzduchu na užitkovost chovaného stáda. Využívá se přirozený „komínový efekt“ do střešní kryté nebo otevřené štěrbiny. Výměnu vzduch v tropických dnech je možné doplnit větráním s nucenou ventilací a ochlazování vzduchu mlžením. Optimální proudění vzduchu v zóně zvířat je kolem  $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Jedním z nejznámějších používaných způsobů je větrání skrze hřeben střechy stáje.



Obr. 4.2 Přirozené větrání stáje s hřebenovou štěrbinou

Hlavní výhody takového větrání jsou naprostá nepotřebnost přívodu elektrické energie a nevznikání hluchosti ve stáji.

Nevýhodou je, že takto lze odvětrávat jen stáje s menší produkcí škodlivin, proměnlivá intenzita výměny vzduchu, nemožnost využití úprav vzduchu a využití systémů zpětného získání tepla.

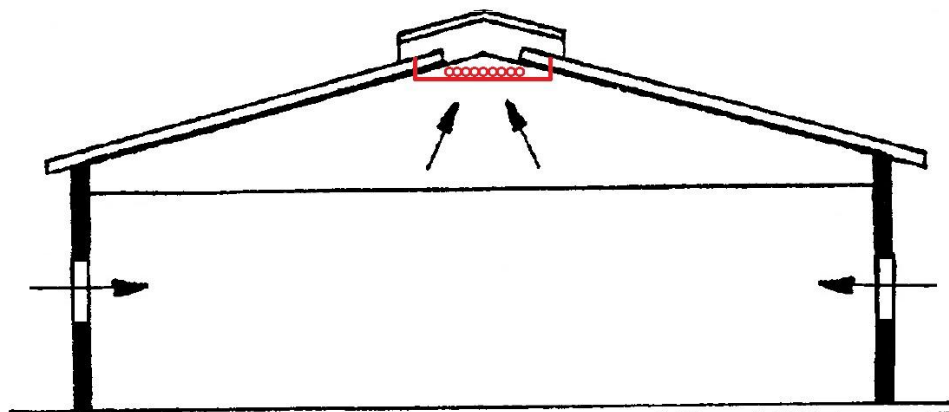
Pokud tento způsob nedostačuje potřebám stáje, přidávají se do prostoru stáje větrací zařízení. S jejich využitím je poté možné větrat stáj podle potřeby ustájených zvířat, v období vysokých teplot lze větrat vysokou výkonností. Zde ovšem narážíme na vysokou investiční náročnost, závislost na dodané energii a hluchost lokální jednotky. [2]

#### 4.2.4 Návrh a popis zařízení využívající odpadní teplo z prostoru stáje

Cílem tohoto návrhu je poukázat na možnost využití odpadního vzduchu ze stáje a to k ohřevu teplé užitkové vody a tím snížit náklady na elektrickou energii, která je potřebná k ohřevu vody v bojleru.

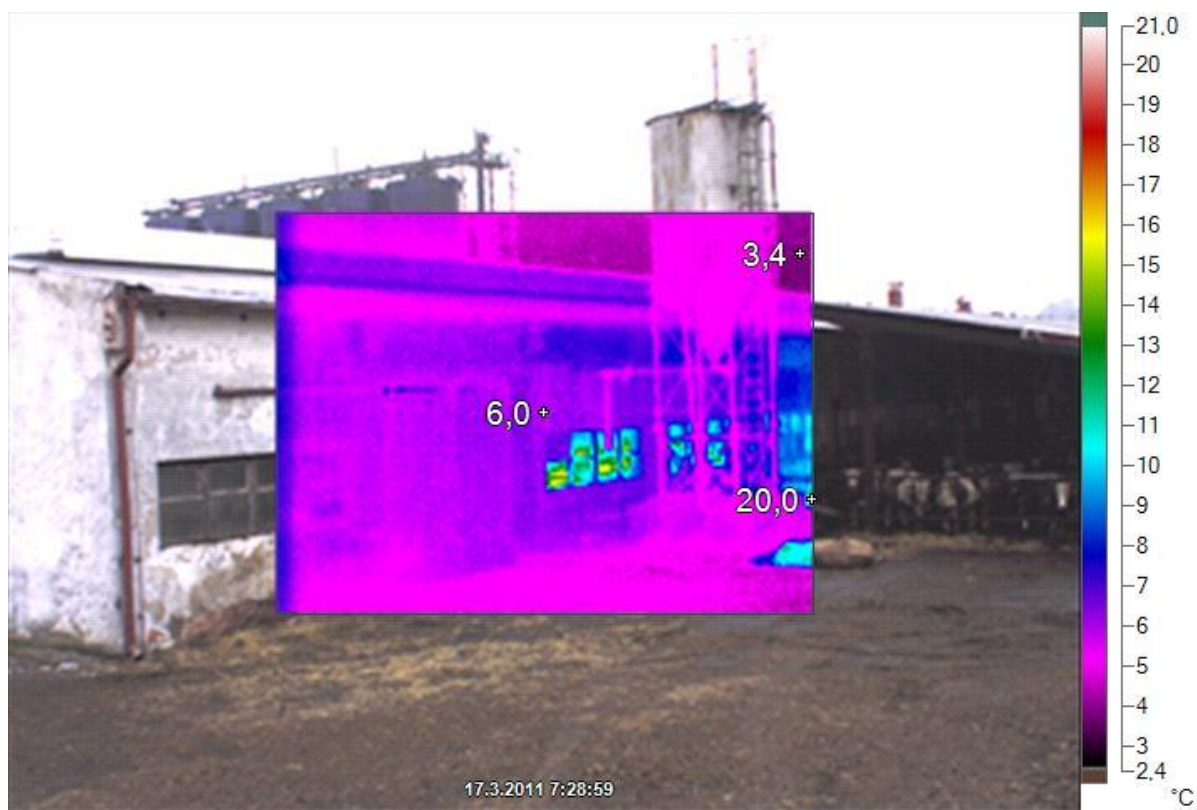
Systém využívající odpadní teplo stáje pracuje na principu tepelného čerpadla vzduch-voda. Jako výparník používám plastové trubky. Ty jsem zvolil z toho důvodu, protože v prostoru stáje je velmi agresivní prostředí. Výměník složený z kovových či měděných trubek by brzy začal korodovat či oxidovat a docházelo by tak znehodnocení materiálu a byla by nutná častější výměna.

Plastové trubky budou uloženy v roštu pod hřebenem střechy, protože tudy by mělo docházet k největšímu odvodu teplého vzduchu ze stáje.



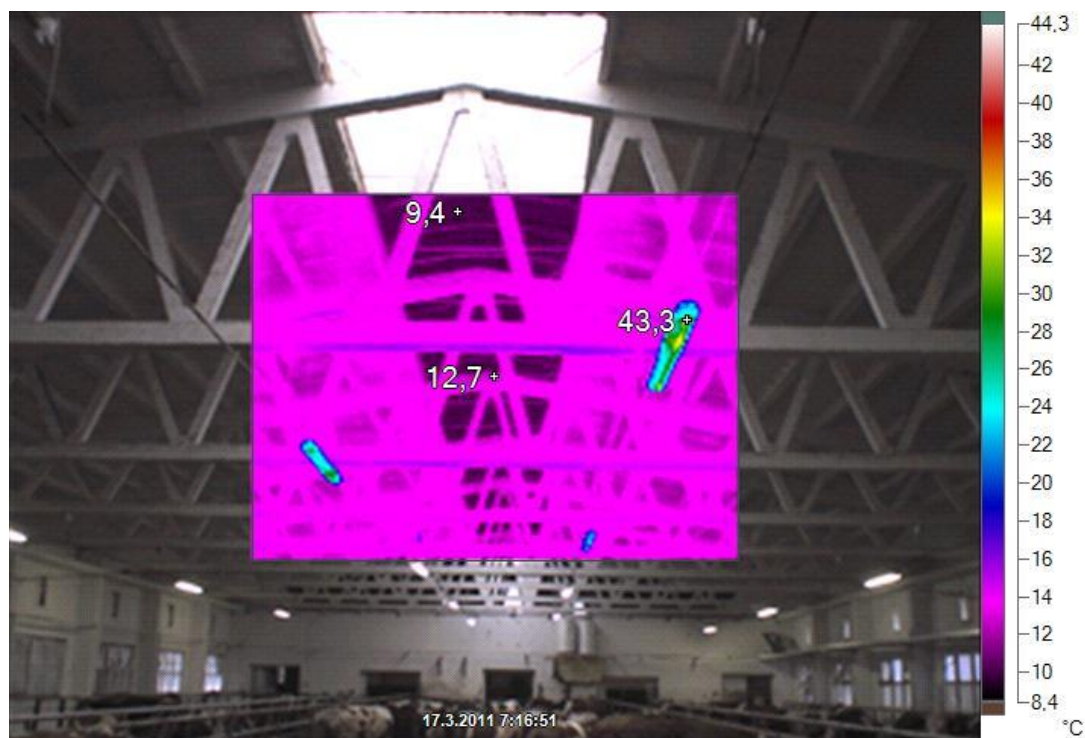
Obr. 4.3 Uložení výměníku pod hřebenovou štěrbinou

Z mého měření je ovšem patrné, že teplota pod hřebenem střechy je značně ovlivněna netěsnostmi stáje, jako je např. únik tepla okny - z termosnímků **Obr. 4.4 Termosnímek stáje ukazující únik tepla okny** **Obr. 4.4 Termosnímek stáje ukazující únik tepla okny** je patrné, že teplota na oknech je okolo 14 - 16 °C. Proto v chladnějších obdobích roku, by toto zařízení nemělo takovou účinnost, jako v měsících s vyššími teplotami.



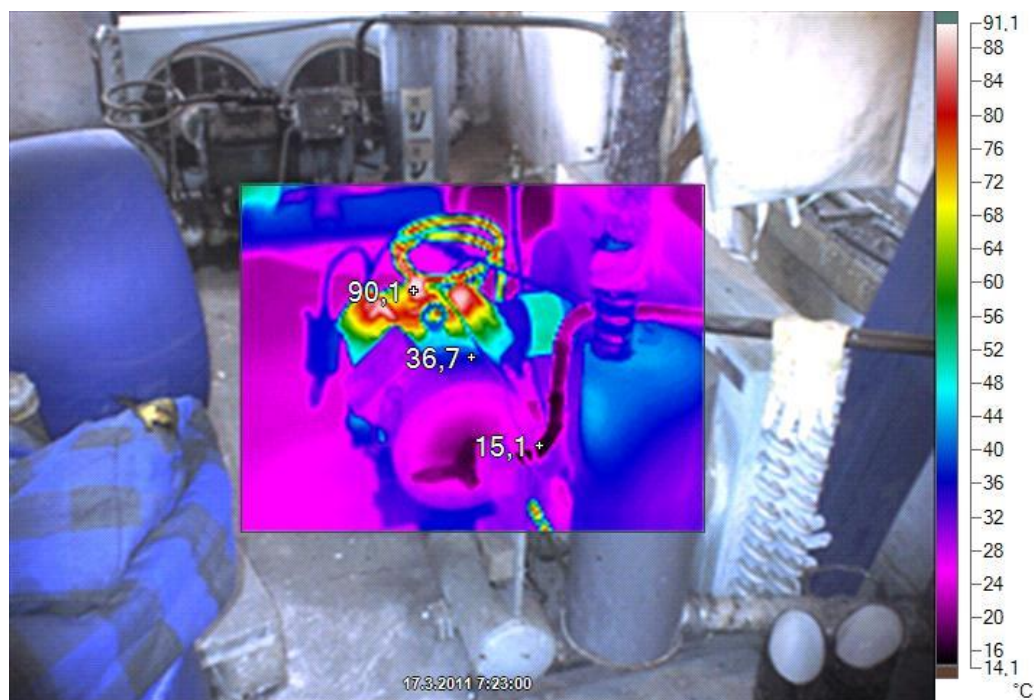
Obr. 4.4 Termosnímek stáje ukazující únik tepla okny

(Pozn. Toto měření bylo provedeno 17. 3. 2011 po 7:00 hodině na statku ZEOS spol. s.r.o., Bor při venkovní teplotě 3 °C)



Obr. 4.5 Termosnímek s teplotou ve stáji a pod hřebenovou štěrbinou

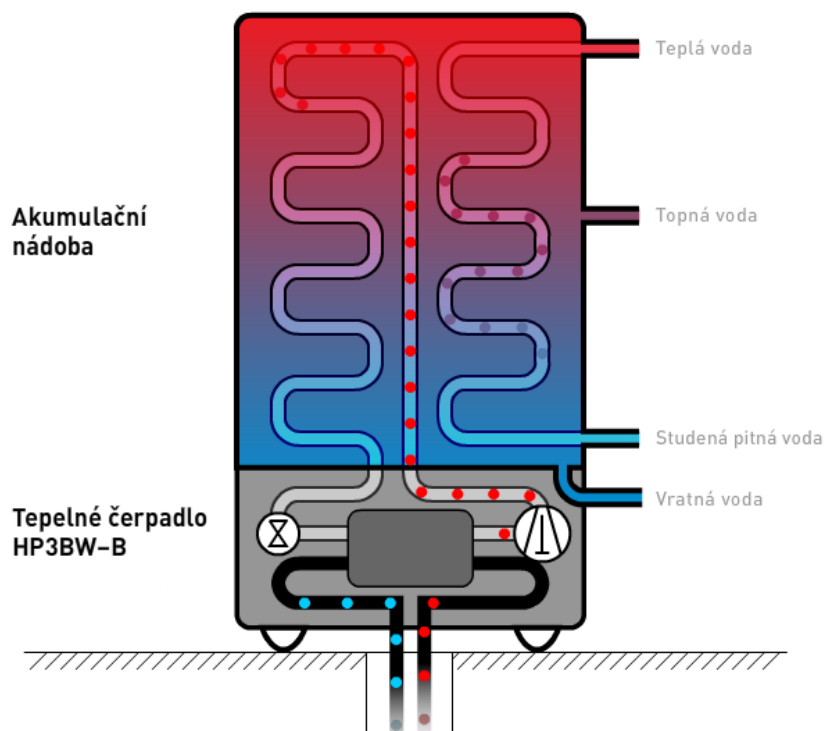
Z prostoru stáje jsou trubky tvořící výměník vedeny do dalšího prostoru a to do prostoru strojovny, kde se nachází další části tepelného čerpadla jako kompresor a kondenzátor. Výparník pokračuje i do tohoto prostoru, protože kompresor, který je zde umístěn, se svou činností zahřívá a tím vytápí tento prostor. Jeho teplota není zanedbatelná.



Obr. 4.6 Termosnímek s teplotou na pracujícím kompresoru

Jak je patrné z obrázku na stávajícím kompresoru jsme v určitých částech naměřili i 90 °C. Teplota v celém tomto prostoru se pohybovala okolo 20°C. Což už je vhodnější teplota pro ohřev média ve výparníku, než je teplota ve stáji, kde se pohybuje okolo 10°C. Pokud by se podařilo zvednout teplotu ve výparníku jen o pár jednotek stupňů, je to lepší, než se spokojit se stávajícími 10°C.

Na výparník bude dále připojena akumulární nádoba typu HP3BW-B od společnosti TECHTRANS PT. Jedná se o moderní zařízení, jehož řešení je velmi jednoduché a praktické. Toto zařízení využívá efektu vyšších teplot přehřátých par, než jaká je jejich kondenzační teplota. Pracovní médium tepelných čerpadel bývá obvykle přehříváno až nad 90°C. Efektivita tepelného čerpadla bývá nepříznivě ovlivňována požadavkem na vyšší výstupní teploty. U většiny těchto tepelných čerpadel se tento problém řeší jediným východiskem a to přímotopným dohřevem, což přirozeně degraduje účinnost takového zařízení.



Obr. 4.7 znázornění akumulční nádoby [8]

Jak je patrné z obrázku (**Obr. 4.7**) kondenzátor tepelného čerpadla je uložen v akumulční nádrži. Trubkový výměník tepla, což je vlastně kondenzátor tepelného čerpadla, který se rozkládá po celé výšce akumulční nádoby.

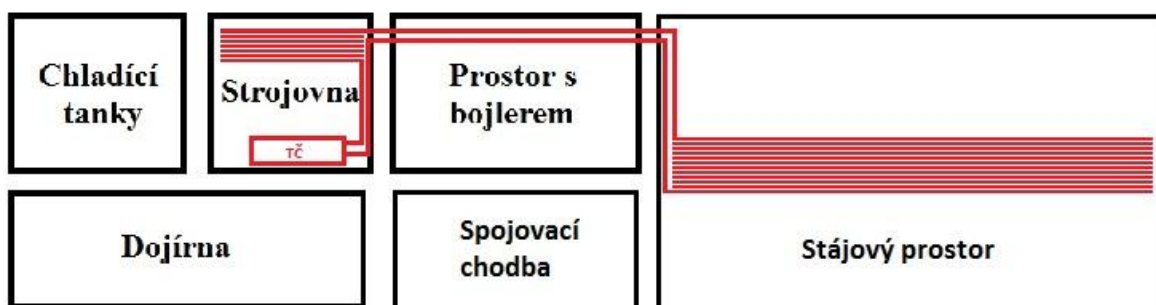
Přehřátá pára se ochlazuje v horní části nádrže a to až na její kondenzační teplotu.

Ohřev teplé vody probíhá tak, že průtok v protiproudém hadovém výměníku tepla, který je taktéž po celé výšce nádoby.

Toto zařízení má ve srovnání s bojlerem několik předností, co se týče ohřevu teplé vody.

- Toto zařízení je jednodušší a nepotřebuje dělicí okruh s deskovým výměníkem tepla s oběhovým čerpadlem a potřebným dalším zařízením
- Jsou zde menší nároky na zastavěný prostor nebo plochu.
- Ohřev teplé vody využívá již nízkoteplotní dolní oblast nádoby otopné vody. Horní teplejší část slouží pouze k dohřevu teplé vody, nedochází zde tedy k degradaci studenou vodou z vodovodního řádu.
- Je možné připojit i další libovolné zdroje tepla jako jsou například sluneční kolektory.

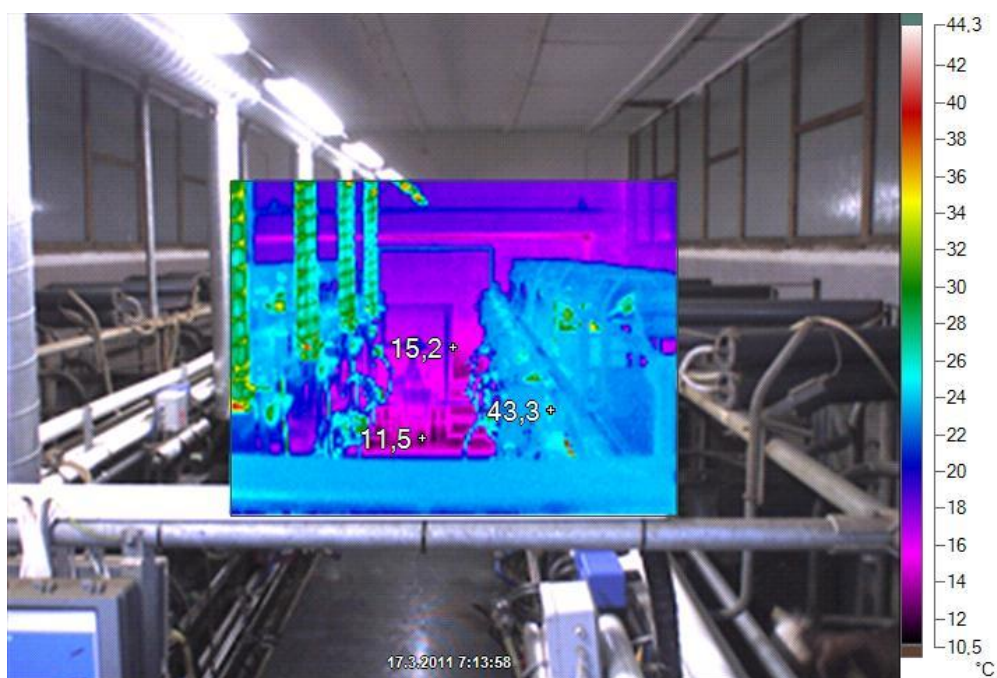
Celkový okruh zařízení by poté mohl vypadat nějak takto:



Obr. 4.8 Schéma okruhu výměníku tepelného čerpadla

Další alternativou by byla možnost prodloužení výměníku i do prostoru dojírny, protože v tomto prostoru se teplota, dle mého měření, pohybuje okolo 16 °C. Pokud by okruh vedl ze stájového prostoru do prostoru dojírny (*Obr. 4.9*) a až nakonec do prostoru strojovny, bylo by možné, že by se povedlo teplotu ještě o nějaký stupeň zvýšit.

Ovšem by toto řešení bylo o dost náročnější než toto stávající. Kvůli pár stupňům Celsia bychom byli nuceni investovat do několika metrů trubek výměníku navíc, tím bychom potřebovali i více oběhového média a samozřejmě i další konstrukční materiál. Což si myslím, že je nevhodné, protože takováto investice navíc nepřispěje k razantnímu zlepšení oběhu a toto prodloužení trasy výměníku nedoporučuji. [2]



Obr. 4.9 Prostor dojírny

#### 4.2.5 Celkové zhodnocení využívání odpadního tepla stáje

Ve stájovém prostoru, pro který vytvářím tento návrh, jehož plocha se pohybuje okolo 360 m<sup>2</sup>, je ustájeno přibližně 80 - 120 kusů dobytka. Nejsou zde ustájeny jen dojnice, ale i březí krávy, proto není počet kusů stálý. Zanedbám-li to a budu uvažovat průměrné množství 100 kusů dobytka, při přibližně stejné váze, získám tyto hodnoty:

Počet zvířat	100 krav
Tepelný výkon vydávaný zvířaty	
(á 600 kg)	120 kW
Tepelný výkon v odpadním vzduchu	48,0 kW
Při průtoku vzduchu nejméně	3750 m <sup>3</sup> /h
Přebytek tepla ve stáji	72 kW
Tepelný výkon - ztráty stavby*)	30 kW
Využitelný tepelný výkon	42kW

Tab. 1 Tepelné výkony ve stáji se 100 dojnicemi

\*) ztráty, které představují součinitel prostupu tepla objektu (včetně oken a dveří), jsou definovány koeficientem  $k = 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tepelný výkon vydávaný zvířaty určuje maximální hodnotu tepelného výkonu, který zvířata uvolní do prostoru. Přebytek tepla ve stáji je tepelným výkonem, který zbývá po odečtení tepelného výkonu v odpadním vzduchu, ten se ztrácí při ideálním proudění vzduchu. V tabulce jsou uvedeny hodnoty výměny vzduchu, které jsou vztaženy ke konkrétnímu prostoru. Využitelný tepelný výkon ve stáji je tepelný výkon, který máme k dispozici. Jedná se o přebytek tepla ve stáji, od kterého jsou odečteny ztráty stavby. [2]

Jak je patrné z tabulky tak množství tepelného výkonu je přibližně třetinové, z celkového tepelného výkonu vydaného ustájenými zvířaty.

Celková cena navrhovaného způsobu využití odpadního tepla je přibližně 700 000 Kč. V této ceně jsou zahrnuty náklady na materiál, práci a sestavu tepelného čerpadla. Jak je patrné z návrhu, investice 700 000 Kč do systému, který by využíval tepelný výkon 42 kW je příliš vysoká.

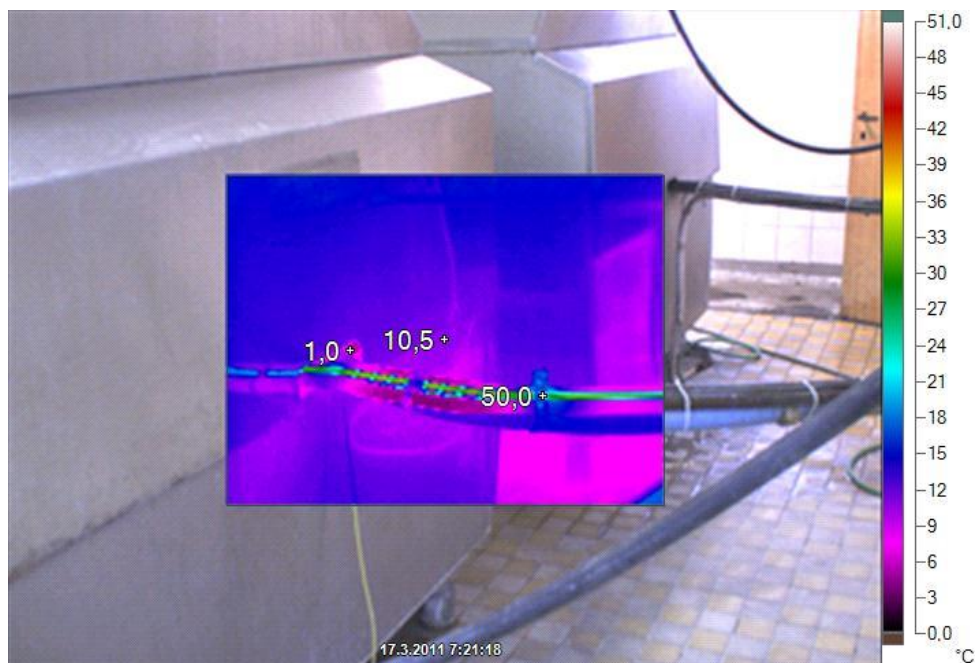


### 4.3 Výpočet ušetřené energie při použití odpadního tepla z chlazení mléka

Tento proces je popsán v kapitole 2.2 Možnosti chlazení mléka a popis rekuperace tepla z tohoto procesu.

Protože moderní zemědělství počítá s každou ušetřenou korunou, kde každá investice se musí vyplatit, tak i na statku v Boru se setkáme s využíváním odpadního tepla z chlazení mléka.

Jak jsem již popsal v kapitole 2.2, teplá voda na výstupu z chladicího tanku dosahuje teplot 50 - 55°C. Se zapůjčenou termovizní kamerou jsem se pokusil ověřit tyto hodnoty a jak je patrné z obrázku *Obr. 4.11* teplota na povrchu odvodní trubky je 50°C. Čímž jsem tyto hodnoty potvrdil.



*Obr. 4.10 Termosnímek výstupu ohřáté vody z chladicího tanku Packo*

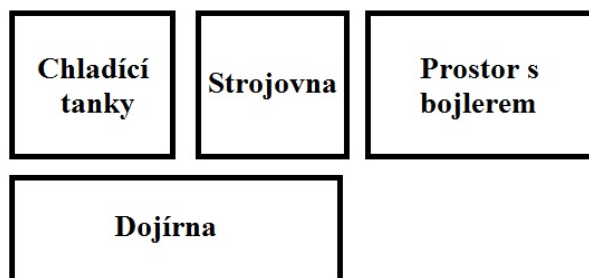
Ohřátou vodu je možné hned používat. Případně pokud je potřeba je možné takto předeřátou vodu dále přepouštět do bojleru, kde je pomocí plynu nebo elektrického proudu dále ohřívána na požadovanou teplotu 80 °C nebo vyšší.



Obr. 4.11 Nádrž s předehřátou vodou

Důležité u takto postaveného systému je blízkost jednotlivých bloků, tzn. dojírna musí být sousední místností s prostorem, kde jsou umístěny tanky na ochlazení mléka. Vedle tohoto prostoru by měla být umístěna strojovna, ve které budou umístěny tepelné výměníky, kompresory, kondenzátory a může zde být i zásobník s vodou. Do další místnosti by měl být umístěn bojler s dohřátou vodou. Takovéto rozdělení je z hygienických i praktických důvodů. V prostorech strojovny, pokud to prostor a situace zařízení dovolí, mohou být umístěny sušáky, na kterých si zaměstnanci mohou sušit své pracovní svršky a holinky. Toto je voleno do tohoto prostoru záměrně, protože zde dochází k uvolnění zbytkového tepla z výměníků, jak bylo již výše zmíněno. [2]

Toto uspořádání a tato technologie je využívána na statku ZEOS Bor, kde využívají odpadní teplo z chlazení mléka a odpadní teplo, které vzniká na kompresoru je ve strojovně využíváno jako vytápění této místnosti. Návrh řazení prostorů (*Obr. 4.12*) je převzatý ze statku v Boru, kde je takto řešeno stavební uspořádání budovy.



Obr. 4.12 Blokové schéma - návrh řazení prostorů [2]

Uvádí se, že ochlazením 1 litru nadojeného mléka lze ohřát 0.7 litru vody na teplotu 50 - 55 °C. Pokud budeme brát v úvahu 100 ustájených dojnic a každá má denní produkci 35 litrů mléka, dostáváme 3500 litrů mléka denně, které je potřeba ochladit. Po ochlazení mléka získáme 2450 litrů teplé vody. Uvádí se, že denní spotřeba vody ve statku o 100 kusech dojnic je přibližně 100 litrů horké vody a 250 litrů vlažné vody.

Jak je zde patrné množství vody spotřebované za den není malé, je už teď jasné, že se tímto způsobem dosáhne úspory energie na dohřátí vody v bojleru na vyšší teplotu.

Pro lepší pochopení přikládám konkrétní hodnoty spočtené pomocí výpočetního programu [13].

Zde jsou uvedeny hodnoty potřebné pro ohřev celkového množství, tj. 2450 litrů vody, na 80°C pomocí elektrického bojleru. Výpočet ohřevu celého množství vody jsem uvažoval záměrně, protože v objektu statku jsou i další provozy, kde se dá TUV použít.

- Při ohřevu vody z přímého dopouštění do bojleru:

Vstupní voda: 13°C

Výstupní voda: 80°C

**Energie potřebná k ohřevu vody: 192,7 kWh**

- Při ohřevu předeřáté vody v bojleru:

Vstupní voda: 50°C

Výstupní voda: 80°C

**Energie potřebná k ohřevu vody: 85.5 kWh**

Z výsledků je vidět, že rozdíl činí 107.2 kWh. Při průměrné ceně 4.55kč/kWh denně statek dosahuje úspory 488 Kč, což při ročním provozu činí 178 120 Kč. Myslím si, že to není zanedbatelná částka a tento způsob využití odpadního tepla je vhodný pro použití i v jiných provozech.

Pokud vezmeme v úvahu pouze potřebné denní množství TUV pro 100 ks dojnic (tj. 100 litrů horké a 250 litrů teplé vody) . Tak jsem spočítal, že při ohřevu vody v bojleru bez použití předeřáté vody, je:

- pro ohřev 100 litrů vody ( ze 13°C na 80°C) potřebná energie **8,3 kWh**
- pro ohřev 250 litrů vody (ze 13°C na 50°C) potřebná energie **11,5kWh**

To dohromady činí **19,8kWh** což odpovídá téměř **90 Kč denně**.

Při použití přehřáté vody, získané z chlazení mléka, tedy počítám jen ohřev 100 litrů vody, protože zbylé množství vody již teplotu 50°C má.

- pro ohřev 100 litrů vody (z 50°C na 80°C) je potřebná energie **3,7 kWh**

Cena této potřebné energie činí **17 Kč denně**.

Je patrné, že rozdíl mezi jednotlivými částkami není příliš velký, jedná se o 73 Kč. Ovšem jedná se o denní spotřebu. Podíváme-li se na tuto částku za celý rok zjistíme, že úspory dosahují více jak 26 000 Kč. Tato částka již zanedbatelná není.

#### **4.4 Fotovoltaické panely**

Zemědělská stavení představují určitý okruh potenciálních míst pro umístění solárních systémů, či fotovoltaických panelů. Tato místa nabízejí vlastníkům těchto stavení využití pro dlouhodobé a podnikatelsky finančně stabilní zajištění. Protože zemědělská stavení obvykle disponují většími plochami, nebývá v těchto případech prioritním požadavkem při návrhu dosažení maximálního instalovaného výkonu. To by směřovalo k použití dražších PV modulů. V těchto případech se hledá varianta s minimálními pořizovacími náklady. Jako u rodinných domů se zde předpokládají hlavně klasické PV moduly, tj. fotovoltaické panely 1. generace, které jsou na bázi především monokrystalického nebo i polykrystalického křemíku. Tyto panely dosahují účinností okolo 12.5 - 14.5 %.

Umístění panelů na takovéto zařízení a jejich připojení do sítě je vhodné v režimu zelených bonusů. Tento režim znamená, že vyrobenou elektřinu si primárně zpracovává vlastník uvnitř objektu či areálu a teprve potom případné přebytky prodává do sítě. Z toho je patrné že čím více vlastní energie je vlastník schopen sám využít, tím rychleji dochází ke splacení prvotní investice.

Při samotném návrhu je ovšem velmi důležité neopomenout fakt, že zemědělská stavení, s chovem hospodářských zvířat, jsou provozy s velmi náročnými provozními podmínkami. Na trhu jsou k dostání moduly, které jsou přímo certifikované a testované pro tyto provozy. Pro příklad jedná se o moduly Schüco, jsou různých výkonů a jedná se o

polykrystalické moduly a tenkovrstvé mikromorfní moduly. Tyto panely prokazují dlouhodobou odolnost vůči korozi a funkčnost v prostředích se zvýšenou vlhkostí, solnými výpary a výskytem plynného čpavku.




Obr. 4.13 Letecký snímek statku ZEOS Bor [2]

Na **Obr. 4.13** je vyznačená stáj, pro kterou je tento způsob získání energie navržen. Jedná se o stájovou budovu se sedlovou střechou o rozměrech 50 x 15 m. Pro možnou instalaci PV panelů je k dispozici plocha cca 50 x 7 m, což odpovídá ploše 350 m<sup>2</sup>. Tato plocha střechy je orientovaná na jih.

Pro výpočet a hrubý návrh jsem využil kalkulačka zisku a návratnosti fotovoltaické elektrárny na střeše od firmy GS ENERGY. [14]

Jako vzorový panel zde slouží panel Renesola 240W poly, umístěný na jižně orientované střeše se sklonem 35°. Tento panel má rozměry 1640x992x40 mm. Pokud by byly panely na střeše umístěny na výšku ve 3 řadách po 45 panelech celkově by zabíraly plochu 280 m<sup>2</sup>. V této ploše jsou započítány i mezery mezi jednotlivými panely. Celková plocha pouze panelů by byla 220 m<sup>2</sup>.

Jedná se pouze o orientační výpočet, takže výsledek nebude zcela přesný a slouží jen jako informační.

PLOCHA STŘECHY:	<input type="text" value="280"/> m <sup>2</sup>	
REŽIM PŘIPOJENÍ:	<input checked="" type="radio"/> Zelený bonus <input type="radio"/> Přímý prodej	
VLASTNÍ SPOTŘEBA:	<input type="text" value="50"/> % <span style="margin-left: 20px;">Odpovídá roční spotřebě: <b>16635.75 kWh.</b></span>	
 <p>Tip: Tažením posuvníku změňte % spotřeby.</p>		

### Výpočet zisku a návratnosti

VÝKON ELEKTRÁRNY	32.46 kW	
POČET PANELŮ	135	
CENA ELEKTRÁRNY	1363320 Kč	
CELKOVÁ PRODUKCE / 1 ROK	33271.5 kWh	
VÝNOS ZE ZELENEHO BONUSU / 1 ROK	75859 Kč / rok	
VÝNOS Z PRODEJE / 1 ROK	10813 Kč / rok	
ÚSPORA / 1 ROK	83179 Kč / rok	
CELKEM VÝNOSY A ÚSPORA ZA 1 ROK	169851 Kč / rok	
CELKEM VÝNOSY A ÚSPORA ZA 20 LET	3397025 Kč	
NÁVRATNOST INVESTICE	9 let	

Obr. 4.14 Orientační výpočet fotovoltaických panelů při 50% roční spotřebě [14]

Protože se mi nepodařilo zjistit přesnou hodnotu vlastní roční spotřeby elektrické energie v areálu statku zvolil jsem přibližně 16 600 kWh/rok jako příklad. Důležité ovšem jsou jiné hodnoty. Jak je vidět tak instalací PV modulů by bylo možné získat fotovoltaickou elektrárnu o výkonu až 32 kW při 135 PV panelech. Výše uvedená investice by nebyla malá, jedná se téměř o 1.4 milionu korun s návratností cca 9 let.

Při garanci 25 let záruky panelů a stejných ekonomických podmínkách můžeme říci, že zbylých 16 let budou panely už jen vydělávat. To by podle tabulky mohlo v těchto 16 letech přinést výnos z prodeje elektrické energie přibližně 170 000,- Kč a úsporu 1,33 milionu korun.

Pro porovnání přikládám ještě jeden výpočet, který ukazuje situaci, pokud by tento zemědělský provoz měl vlastní roční spotřebu 100% vyrobené energie. Je zde patrné, že doba návratnosti investice by klesla o 3 roky na 6 let, což je již zase o něco přijatelnější.

PLOCHA STŘECHY:	<input type="text" value="280"/> m <sup>2</sup>	
REŽIM PŘIPOJENÍ:	<input checked="" type="radio"/> Zelený bonus <input type="radio"/> Přímý prodej	
VLASTNÍ SPOTŘEBA:	<input type="text" value="100"/> %    Odpovídá roční spotřebě: 33271.5 kWh.	

Tip: Tažením posuvníku změňte % spotřeby.

### Výpočet zisku a návratnosti

VÝKON ELEKTRÁRNY	32.46 kW	
POČET PANELŮ	135	
CENA ELEKTRÁRNY	1363320 Kč	
CELKOVÁ PRODUKCE / 1 ROK	33271.5 kWh	
VÝNOS ZE ZELENEHO BONUSU / 1 ROK	75859 Kč / rok	
VÝNOS Z PRODEJE / 1 ROK	0 Kč / rok	
ÚSPORA / 1 ROK	166358 Kč / rok	
CELKEM VÝNOSY A ÚSPORA ZA 1 ROK	242217 Kč / rok	
CELKEM VÝNOSY A ÚSPORA ZA 20 LET	4844340 Kč	
NÁVRATNOST INVESTICE	6 let	

Obr. 4.15 Orientační výpočet fotovoltaických panelů při 100% roční spotřebě [14]

Myslím si, že instalace solárních panelů na tuto stájovou budovu by stála za zamyšlení a já osobně bych ji doporučil.

## 4.5 Bioplynová stanice a kogenerace

Pokud hledám možnosti jak získat elektrickou energii a teplo v zemědělství, nemohu samozřejmě opomenout bioplynovou stanici. Jejím popisem jsem se zabýval v kapitole 2.3 Bioplynová stanice a zpracování bioplynu.

Výstavba bioplynové stanice je náročná samozřejmě jak z finančního hlediska, tak samozřejmě z pohledu vyřízení povolení, vypracování a schválení projektu a v poslední řadě samotnou realizací stavby. Celkové náklady se pohybují v řádech deseti miliónů korun. Návratnost investic se pohybuje od 12 do 16 let, bez započtení dotace. Důležitým faktorem je ovšem jak se podaří projekt dobře začlenit do infrastruktury a využít produkované teplo.

Nyní bych se rád zaměřil spíše na další možnosti jak využít teplo získané z této stanice. Jelikož teplo, vzniklé při kogeneraci, tvoří přibližně 50 - 60 % z celého množství energie, nejedná se o zanedbatelné množství.

V zimních měsících je využití tohoto tepla daleko snazší než v letních. Pokud pomínu fakt že určitá část tepla bude využívána na ohřev TUV, kterou potřebují pro zajištění určitého stálého provozu ve stájích, zbývá stále velké množství tepla, které by bylo škoda jen tak bez užitku vypustit do okolního prostředí.

#### 4.6 Využití kogenerace a větrné energie

S tímto způsobem využívání energie jsem se setkal v Dánsku v obci Vorupør. Nejednalo se o zemědělský provoz, ale o službu, kterou zajišťovala obec lidem. Dánové tuto elektrárnu/teplárnu nazývají kraftvarmeværk, což v překladu přímo znamená kogenerace. Chod tohoto provozu zajišťuje pouze jediná osoba, jinak je zde vše řízeno počítačem.



Obr. 4.16 Pohled na budovu kogeneračního provozu

Tato kogenerační stanice vznikla díky iniciativě občanů, kteří chtěli zdroj energie, který je šetrný k životnímu prostředí a přitom konkurence schopný. Provoz funguje od roku 1995 a zásobuje přibližně 350 rodinných domů ve městě teplem a teplou vodou, dodávanou do sítě dálkového vytápění a vyrobenou elektrickou energii dodává do elektrické sítě.

V praxi to funguje tak, že tato teplárna je přímo napojena na větrné elektrárny a dále obsahuje dva totožné motory každý o výkonu 255kW od firmy Varneboronen. Pokud elektrická energie získaná z větrných elektráren pokrývá všechny elektrické odběry a elektrické energie je "nadbytek", využívá se tento "nadbytek" energie k ohřevu vody v bojlerech. Při nedostatečném množství elektrické energie z větrných elektráren je uveden do provozu jeden nebo oba motory a ty tento nedostatek pokrývají. Bioplyn je jímán v ve dvou plynojemech, které jsou umístěny za budovou.

Z našeho pohledu je využití elektrické energie z větrných elektráren pro ohřev vody



neefektivní a spíše by se vyplatilo tuto energii prodat do sítě. Pro Dány je ovšem jejich způsob využití energie přijatelnější, protože tímto způsobem i regulují denní produkci elektrické energie. V chladnějších měsících je pak více využíváno odpadní teplo vzniklé při spalování bioplynu v motorech pro ohřev vody.

Teplou vodu poté z tohoto provozu distribuují pomocí trubek, které jsou umístěny v izolační pěně, viz. **Obr. 4.17**, do rodinných domů, kde přes výměníky dochází k předání tepla do TUV používané v domácnostech. Druhou trubkou je tato již o něco chladnější voda přiváděna nazpět do tohoto provozu.



*Obr. 4.17 Trubky sloužící pro transport teplé vody k odběratelům a zpět do provozu*

Teplo, které se využívá k ohřevu vody je ve své podstatě vedlejší produkt při výrobě elektřiny. Tím, že se toto teplo využije, zvyšuje se účinnost a úspora energie. Účinnost tepelné elektrárny se tím pádem zvyšuje ze 30 až 40 % (při výrobě elektřiny) na 90 %. V Dánsku jsou na rozdíl od zbytku světa široce používány kogenerační jednotky. Velký poměr kombinované výroby elektrické energie a tepla v Dánsku, je kvůli potřebě tepla v domácnostech, a také kvůli vyvíjení velkého technologického úsilí v rozvoji tepláren a zvýšení jejich účinností.

U nás v České republice by tento způsob v této formě dle mého názoru nefungoval, protože Česká republika díky svojí poloze není pro větrnou energetiku zrovna ideální oblastí.

Máme kontinentální klima, které se projevuje sezónním kolísáním rychlosti větru. Což způsobuje, že síla větru v nížinách mnohdy nedosahuje potřebné úrovně a ve vyšších polohách dochází k namrzání listů elektráren, což buď naruší chod elektrárny a nebo ji rovnou vyřadí.

#### **4.7 Návrh zařízení využívajícího současně kogeneraci a fotovoltaické panely**

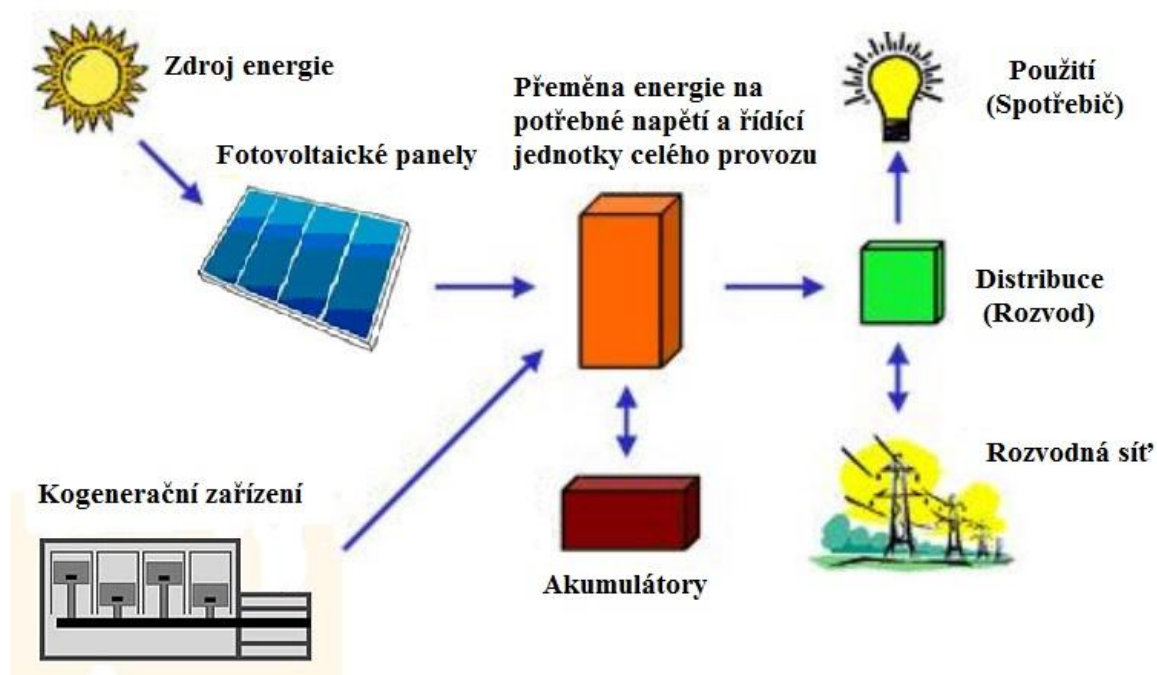
Návrh tohoto zařízení mě inspiroval použitou dánskou technologií (kapitola 4.6), která využívá kogenerační jednotku a větrné elektrárny. Jak jsem již výše zmínil, použití větrných elektráren není v České republice možné v takovém rozsahu, jako v Dánsku. Podmínky zde nejsou tak ideální. Ovšem použití fotovoltaických panelů, by mohlo fungovat jako jistá alternativa za větrné elektrárny.

Přestože můžeme produkci elektřiny fotovoltaických panelů v krátkém časovém horizontu předpovědět, jsme ovšem daleko více závislí na klimatických podmínkách, které se mohou rychle změnit.

Tento systém by sloužil pro zálohování energie v akumulátorech, ze kterých by se odebírala energie pro chladicí boxy, v již výše zmíněné prodejně statku ZEOS Bor. Protože tyto chladicí boxy nepotřebují nepřetržitou dodávku elektrické energie, ale jen párkrát denně, mohla by tato energie být dodávána z akumulátorů nabíjených fotovoltaickými panely.

Při poklesu energie na stanovenou hodnotu, by byly akumulátory automaticky odpojeny a potřebná energie by byla dodávána kogenerační jednotkou. V opačném případě, když by nebyla potřeba odběru energie z akumulátorů a akumulátory by byly nabitě, elektrická energie z fotovoltaických panelů by byla dodávána do elektrické sítě.

Pro takovéto využívání energie bych volil sériově-paralelní zapojení fotovoltaických panelů. Toto pospojování splňuje požadavky pro získání potřebného výstupního napětí a proudu. Sériové zapojení panelů se hodí zejména u systémů, které dodávají elektrickou energii do rozvodné sítě. Zde je totiž nutné generovat napětí až několik set voltů. Naopak tam, kde se energie zálohuje v akumulátorech 12 nebo 24 V DC, se používá paralelní zapojení. To umožňuje zvýšit generovaný elektrický výkon, při zachování nízkého výstupního napětí, zvýšením hodnoty dodávaného proudu.



Obr. 4.18 Schéma navrženého systému fotovoltaických panelů a kogenerační jednotky

Návrh tohoto systému má ovšem pár nevýhod, které je potřeba zmínit. Jednou z velkých nevýhodou bude řídicí proces, který bude muset ovládat počítač. To přináší prodražení systému a potřebu kvalifikované osoby, která bude umět celý systém ovládat, nastavit či uvést do chodu v případě poruchy. Další místo, které je diskutabilní jsou akumulátory. Aby byly schopné zajistit napájení chladících boxů, případně i jiných zařízení v prodejně je potřeba velká kapacita baterií, které jsou velmi drahou záležitostí a je otázkou, jestli by se investice do tohoto systému vrátila.

#### 4.8 Návrh na využití odpadního tepla z kogenerace

Návrh na využití tohoto tepla z kogenerace, by byl pro tento systém, který by fungoval na statku velmi důležitý. Protože jak je vidět z předchozích návrhů, nachází se zde velké množství tepla, pro které jsem se snažil najít možnosti jak ho odebrat a navrhnout jeho další možná využití.

Nyní z návrhem kogenerační jednotky přichází další velké množství tepla, které by bylo škoda v takovémto zemědělském provozu nevyužít. Protože se majitelé tohoto statku nezaměřují pouze na živočišnou výrobu, ale i na rostlinou navrhuji bych investici ještě do sušárny. Tato sušárna by dle mého návrhu měla být zaměřená na sušení obilovin a senáže.

U obilovin by se tak díky sušárně omezili ztráty vznikající hnilobou nedobře vysušených zrn a senáž se ve statku s několika desítkami kusů dobytka také uplatní.

Pokud by majitel neměl potřebu sušáren těchto surovin, navrhol bych sušičku digestátu z bioplynové stanice. Vysušením digestátu by získal peletované biologické hnojivo, které by mohl dále prodávat.

## 5 Závěr

V této diplomové práci jsem se snažil objasnit některé možnosti výroby tepla a elektrické energie v zemědělství. Zaměřil jsem se na technologie, které se již používají, ale také jsem se snažil navrhnout další možnosti jak tyto energie využívat.

V úvodu jsem se snažil popsat odpadní teplo vzniklé z chlazení mléka, tento způsob využití tepla se nepoužívá jen na mnou zvoleném statku v Boru, ale jedná se o rozšířenou technologii, kterou se zabývají i společnosti vyrábějící chladicí tanky na mléko. Z mého pohledu je to velmi vhodné řešení jak ušetřit nějaké finanční prostředky a navíc se jedná i o energeticky a ekologicky vhodné zařízení.

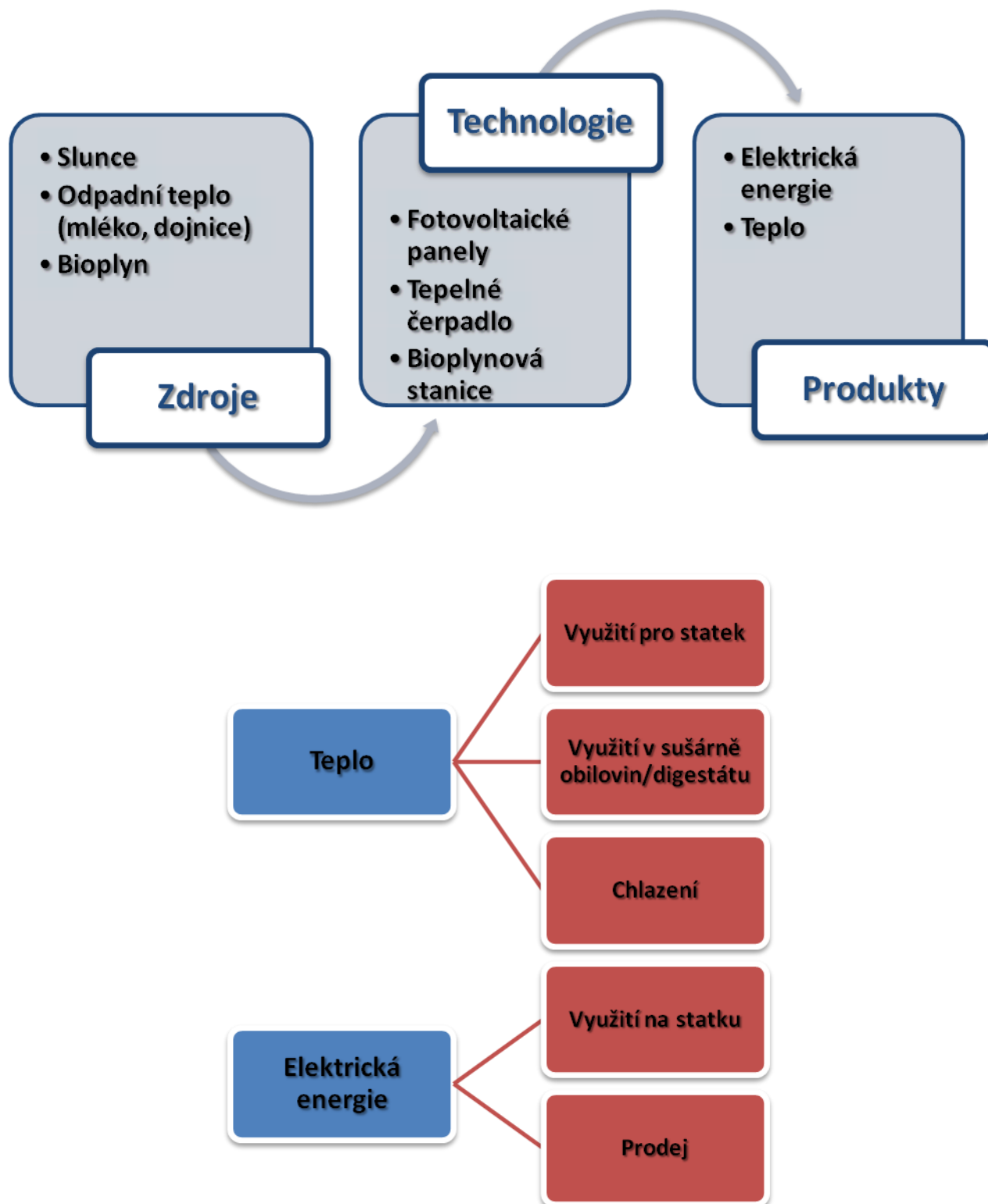
Dalším zařízením, které se vztahuje konkrétně ke stájovému prostředí je můj návrh na využití odpadního tepla stáje, vzniklého metabolickými pochody. Tento způsob využívání odpadního tepla se ukázal jako nevhodný. Protože pořizovací cena okolo 700 000 Kč je velmi vysoká. Porovná-li tento návrh se standardním vhodně navrženým tepelným čerpadlem, které by bylo schopné dodat stejnou energii na výstupu, vynaložím poloviční až třetinové pořizovací náklady. Na základě výsledku nedoporučuji instalaci tohoto zařízení do stávajících prostorů stáje.

Návrh fotovoltaických panelů na budovu stáje shledávám i přes vyšší pořizovací náklady, jako vhodný způsob výroby elektrické energie a tím i dosažení určitých finančních úspor. Úspory se zde pohybují v desetitisících, což jistě není zanedbatelné. Navíc stavba této fotovoltaické elektrárny by nezabírala žádnou užitnou plochu, což by bylo velké pozitivum.

Popsaný způsob společného využívání energie z větrných elektráren a kogeneračních jednotek je vynikající způsob jak získat elektrickou energii a teplo s minimálním dopadem na životní prostředí. V mém návrhu jsem se snažil nahradit větrné elektrárny fotovoltaickými panely. Tento systém je rozhodně zajímavý. Jistou překážkou pro realizování jsou vyšší pořizovací náklady akumulátorů a otázka je, jestli návratnost systému pokryje cenu těchto akumulátorů.

Veškeré tyto návrhy mají přiblížit statek jako energeticky dokonalé zemědělské prostředí, které je díky teplu a elektrické energii, které by zde byly vyráběny či produkovány, téměř nezávislý na okolním prostředí.

## 5.1 Návrh energetických toků uvnitř zemědělského provozu



Obr. 5.1 Návrh celkové mapy energeticky dokonalého statku

## 6 Literatura

- [1] Princip tepelných čerpadel: Princip tepelných čerpadel. Kostečka Group [online]. [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://www.kostecka.net/tepelna-cerpadla/princip-tepelnych-cerpadel>
- [2] VEVERKA, Jiří. Využití odpadního tepla stájí. Plzeň, 2011. Bakalářská práce (Bc.). Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická
- [3] V čem jsme lepší?: Jak fungují tepelná čerpadla?. In: EKOVOY [online]. 2013. vyd. 24. 2. 2013 [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: <http://www.ekovy.cz/>
- [4] DeLaval [online]. [cit. 24.2.2013]. Dostupný na WWW: [http://www.delavalczech.cz/ImageVaultFiles/id\\_1651/cf\\_5/DXCE.jpg](http://www.delavalczech.cz/ImageVaultFiles/id_1651/cf_5/DXCE.jpg)
- [5] Delavalczech.cz [online]. 2011 [cit. 2011-05-01]. DeLaval. Dostupné z WWW: <[http://www.delavalczech.cz/NR/rdonlyres/5BB3B5C2-FD71-499E-B4ED-8384E69BC532/0/Heat\\_click\\_0.jpg](http://www.delavalczech.cz/NR/rdonlyres/5BB3B5C2-FD71-499E-B4ED-8384E69BC532/0/Heat_click_0.jpg)>
- [6] Bioplynová stanice. Bioplynová stanice: Bioplynové stanice podle vstupů [online]. 2008 [cit. 2013-03-11]. ISSN 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/bioplynova-stanice.dic>
- [7] Schulz, H., Eder, B.: *Bioplyn v praxi*. Ostrava: HEL s.r.o., 2004, s. 167
- [8] Techtranspt.com [online]. 2006-2010 [cit. 2011-05-10]. Techtrans pt. Dostupné z WWW: <<http://www.techtranspt.com/tepelne-cerpadlo.aspx>>.
- [9] AGRIKOMP BOHEMIA S.R.O.. agriKomp [online]. [cit. 24.3.2013]. Dostupný na WWW:[http://www.agrikomp.de/images/stories/processed/CZ/pdf/Schema\\_BPS\\_komp\\_let-cs-CZ.jpg](http://www.agrikomp.de/images/stories/processed/CZ/pdf/Schema_BPS_komp_let-cs-CZ.jpg)
- [10] Sledování provozních parametrů bioplynové stanice. Brno, 2010. Dostupné z: <http://www.af.mendelu.cz/lide/clovek.pl?id=2824;zalozka=13;studium=35998>. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Martin Fajman, Ph.D.
- [11] STRAKA, František, DOUCHA, Jiří : Nové možnosti energetického využití bioplynu. Biom.cz [online]. 2011-07-11 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nove-moznosti-energetickeho-vyuziti-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- [12] Ekomonitor spol. s r.o.: Vodní zdroje. ING. KÁRA, CSC., Jaroslav. VÝZKUMNÝ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY. Zemědělské bioplynové stanice [online]. U Milína 2011. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: [http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/file/seminare/2011-06-04/prezentace/02\\_Kara.pdf](http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/file/seminare/2011-06-04/prezentace/02_Kara.pdf)
- [13] REINBERK , Zdeněk . Vytapeni.tzb-info.cz [online]. 2005 [cit. 2011-05-26]. Tzb info.

Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/97-ohrev-vody>>.

- [14] GS ENERGY EUROPE DISTRIBUTION S.R.O. GS ENERGY: Kalkulačka zisku a návratnosti fotovoltaické elektrárny na střeše [online]. 2013. vyd. Praha 8, 2013 [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: <http://www.gsenenergy.eu/cs/kalkulacka.html>
- [15] EPIMEX [online]. [cit. 10.4.2013]. Dostupný na WWW: <http://www.epimex.cz/nove-stroje/Nardi-Susici-a-parici-komory>
- [16] Schulz, H., Eder, B.: *Bioplyn v praxi*. Ostrava: HEL s.r.o., 2004, s. 167.