# Semestrální projekt 2: Studie proveditelnosti rekuperace tepla ve školní jídelně

## Základní informace

* **Předmět:** Praktické použití fyziky a chemie
* **Typ projektu:** Teoretická studie s praktickými prvky
* **Časová dotace:** 16 týdnů (2 hodiny týdně + domácí příprava)
* **Práce v týmu:** 2-3 studenti

## Charakteristika projektu

Studenti zpracují komplexní studii možností využití odpadního tepla ze školní kuchyně. Projekt zahrnuje energetický audit stávajícího stavu, návrh systému rekuperace tepla a ekonomickou analýzu návratnosti investice. Práce kombinuje teoretické znalosti s analýzou reálných dat z provozu školní jídelny.

## Cíle projektu

### Hlavní cíl

Navrhnout technicky a ekonomicky optimální systém rekuperace tepla pro školní jídelnu s cílem snížení spotřeby energie a provozních nákladů.

### Dílčí cíle

1. Osvojit si principy přenosu tepla a práce výměníků
2. Naučit se provádět energetický audit
3. Pochopit ekonomické aspekty energetických úspor
4. Rozvíjet analytické a prezentační dovednosti
5. Aplikovat teoretické znalosti na reálný problém

## Zadání projektu

### 1. Analýza současného stavu (25% hodnocení)

#### 1.1 Mapování zdrojů odpadního tepla

Identifikujte a kvantifikujte hlavní zdroje: - **Varné zařízení** - Plynové sporáky (počet hořáků, výkon) - Elektrické plotny - Konvektomaty - Fritézy

* **Myčky nádobí**
	+ Typ a počet myček
	+ Spotřeba vody a energie
	+ Teplota odpadní vody
* **Vzduchotechnika**
	+ Digestoře a odsávání
	+ Průtok odváděného vzduchu
	+ Teplota odpadního vzduchu

#### 1.2 Měření a odhady

* Počet připravovaných jídel denně: 500
* Provozní doba: 6:00-14:00
* Spotřeba teplé vody: 20 l/jídlo
* Teplota odpadní vody z myček: 50-60°C
* Teplota odpadního vzduchu: 35-45°C

#### 1.3 Energetická bilance

Vypočítejte: - Denní spotřebu energie na ohřev vody [kWh] - Tepelné ztráty odpadním vzduchem [kWh] - Tepelný obsah odpadní vody [kWh] - Celkový potenciál odpadního tepla [kWh/den]

### 2. Technologická rešerše (25% hodnocení)

#### 2.1 Typy výměníků tepla

Popište a porovnejte minimálně 3 typy: - **Deskové výměníky** - Princip, účinnost, použití - Výhody a nevýhody - Cenová úroveň

* **Trubkové výměníky**
	+ Konstrukce “trubka v trubce”
	+ Shell & tube výměníky
	+ Spirálové výměníky
* **Rekuperátory vzduchu**
	+ Křížové rekuperátory
	+ Rotační rekuperátory
	+ Tepelné trubice

#### 2.2 Systémy rekuperace v gastro provozech

* Rekuperace z odpadní vody (šedá voda)
* Rekuperace z digestoří
* Rekuperace z chladicích zařízení
* Kombinované systémy

#### 2.3 Případové studie

Najděte minimálně 2 realizace v ČR: - Parametry instalace - Dosažené úspory - Investiční náklady - Zkušenosti z provozu

### 3. Výpočty a návrh (35% hodnocení)

#### 3.1 Modelová jídelna - parametry

* Počet jídel: 500/den
* Provozní dny: 190/rok
* Spotřeba teplé vody: 10 m³/den
* Teplota studené vody: 10°C
* Požadovaná teplota TUV: 55°C
* Cena zemního plynu: 1,50 Kč/kWh
* Cena elektřiny: 5,00 Kč/kWh

#### 3.2 Návrh systému rekuperace

**Varianta A: Rekuperace z odpadní vody** - Deskový výměník voda-voda - Předehřev studené vody - Výpočty: - Tepelný výkon výměníku [kW] - Účinnost rekuperace [%] - Potřebná teplosměnná plocha [m²] - Tlakové ztráty [kPa]

**Varianta B: Rekuperace z odpadního vzduchu** - Křížový rekuperátor - Předehřev přiváděného vzduchu - Výpočty: - Průtok vzduchu [m³/h] - Přenesený výkon [kW] - Účinnost výměníku [%] - Návrhové parametry

**Varianta C: Kombinovaný systém** - Kombinace variant A a B - Synergické efekty - Celková účinnost

#### 3.3 Dimenzování komponent

Pro vybranou variantu určete: - Hlavní rozměry výměníku - Průměry potrubí - Výkon čerpadel - Parametry regulace - Akumulační nádrž (objem, izolace)

### 4. Ekonomická analýza (15% hodnocení)

#### 4.1 Investiční náklady

Sestavte rozpočet obsahující: - Výměník tepla: [Kč] - Potrubí a armatury: [Kč] - Čerpadla a regulace: [Kč] - Montáž a uvedení do provozu: [Kč] - Projektová dokumentace: [Kč] - **Celkem investice:** [Kč]

#### 4.2 Provozní úspory

Vypočítejte: - Roční úspora energie [kWh/rok] - Finanční úspora [Kč/rok] - Snížení emisí CO₂ [t/rok] - Úspora vody (pokud relevantní) [m³/rok]

#### 4.3 Ekonomické vyhodnocení

* Prostá doba návratnosti [roky]
* Diskontovaná doba návratnosti (i = 4%)
* NPV za 10 let provozu
* IRR projektu
* Citlivostní analýza (ceny energií ±30%)

## Výstupy projektu

### 1. Technická zpráva (12-18 stran)

**Povinná struktura:** 1. **Titulní strana** 2. **Abstrakt** (max. 200 slov) 3. **Obsah** 4. **Seznam použitých symbolů a zkratek** 5. **Úvod** (motivace, cíle) 6. **Analýza současného stavu** - Popis jídelny - Energetické toky - Identifikace potenciálu 7. **Návrh řešení** - Varianty řešení - Výpočty - Výběr optimální varianty 8. **Ekonomické zhodnocení** 9. **Environmentální přínosy** 10. **Diskuze a doporučení** 11. **Závěr** 12. **Literatura** (min. 12 zdrojů) 13. **Přílohy** - Výpočtové tabulky - Technické výkresy - Katalogové listy

### 2. Prezentace pro vedení školy

* **Formát:** PowerPoint/Google Slides
* **Délka:** 15 minut + diskuze
* **Obsah:**
	+ Současná situace a problémy
	+ Navrhované řešení (vizualizace)
	+ Technické parametry
	+ Ekonomické přínosy (grafy)
	+ Environmentální aspekty
	+ Realizační plán
	+ Závěry a doporučení

### 3. Informační poster

* **Formát:** A1 (594 × 841 mm)
* **Obsah:**
	+ Schéma systému rekuperace
	+ Klíčová čísla (úspory, návratnost)
	+ Infografika s přínosy
	+ QR kód na detailní zprávu

## Hodnotící kritéria

### Bodové hodnocení (100 bodů)

| Kritérium | Body | Popis |
| --- | --- | --- |
| **Analýza současného stavu** | 25 | Úplnost dat, správnost bilance |
| **Technická rešerše** | 25 | Kvalita zdrojů, relevance informací |
| **Výpočty a návrh** | 35 | Správnost výpočtů, reálnost návrhu |
| **Ekonomická analýza** | 15 | Komplexnost, správnost metod |

### Bonusové body (max. 10)

* Kontakt s dodavatelem/výrobcem: +3 body
* Konzultace s provozovatelem jídelny: +2 body
* 3D model/vizualizace řešení: +3 body
* Návrh pilotního projektu: +2 body

## Časový harmonogram

| Fáze | Týdny | Činnost | Kontrolní bod |
| --- | --- | --- | --- |
| **I. Příprava** | 1-2 | Studium zadání, tvorba týmů | Registrace |
| **II. Analýza** | 3-5 | Sběr dat o jídelně, měření | Data report |
| **III. Rešerše** | 6-8 | Studium technologií | Rešeršní zpráva |
| **IV. Návrh** | 9-11 | Výpočty, dimenzování | Technický návrh |
| **V. Ekonomika** | 12-13 | Ekonomická analýza | Finanční model |
| **VI. Finalizace** | 14-15 | Zpráva, prezentace, poster | Finální dokumenty |
| **VII. Prezentace** | 16 | Obhajoby projektů | Prezentace |

## Doporučené zdroje

### Odborná literatura

1. JÍCHA, M.: Přenos tepla a látky. Brno: VUT, 2019
2. NOVÝ, R. a kol.: Technika prostředí. Praha: ČVUT, 2018
3. Směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti
4. ČSN 06 0320 - Tepelné soustavy v budovách

### Online zdroje

* www.tzb-info.cz - sekce Vytápění a Úspory energie
* www.mpo-efekt.cz - dotační programy
* www.svn.cz - Svaz výrobců nerezového nádobí (gastro)
* www.rehau.cz - systémy rekuperace

### Výpočtové nástroje

* Excel/Google Sheets pro výpočty
* www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty
* CAD software pro schémata (AutoCAD, SketchUp)

### Katalogy a ceníky

* Alfa Laval - deskové výměníky
* Secespol - trubkové výměníky
* Atrea, Mandík - rekuperační jednotky
* Grundfos, Wilo - čerpadla

## Praktické tipy

### Doporučení pro úspěch

1. **Reálná data:** Snažte se získat skutečné údaje z vaší jídelny
2. **Konzultace:** Využijte znalostí kuchařek a údržby
3. **Systematičnost:** Veďte si průběžně dokumentaci
4. **Kontrola jednotek:** Pozor na kW vs. kWh
5. **Vizualizace:** Grafy a schémata výrazně pomohou

### Časté chyby

* Nereálně vysoká účinnost rekuperace (max. 70-80%)
* Zanedbání tlakových ztrát
* Chybějící náklady na údržbu
* Podcenění instalačních nákladů
* Špatný převod jednotek

### Inspirace

* Projekt “Zelená škola” - úspory energie
* Gastro veletrhy - novinky v technologiích
* Energetické audity podobných zařízení

## Konzultace

### Pravidelné termíny

* **Středa:** 14:00-15:00 (kabinet fyziky)
* **Online:** MS Teams (nutná rezervace)

### Specialisté (po domluvě)

* Energetický auditor
* Projektant TZB
* Zástupce dodavatele technologií

## Poznámka o bezpečnosti

Při případné návštěvě kuchyně dodržujte: - Hygienické předpisy - Bezpečnostní pokyny personálu - Zákaz vstupu během přípravy jídel - Fotografování pouze se souhlasem

## Kontakt

**Vyučující:** [Jméno učitele]
**Email:** [email]
**Kabinet:** [číslo místnosti]
**MS Teams:** [odkaz na tým]