

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 řešení (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 CO [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 $\pm 30\%$)

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 zkratk 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:** Vedte 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]