

Semestrální projekt 4: Optimalizace tepelné izolace školy - teoretická studie

Základní informace

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

Charakteristika projektu

Studenti zpracují zjednodušený energetický audit školní budovy se zaměřením na tepelné ztráty a navrhnu optimalizaci tepelné izolace. Projekt kombinuje teoretické znalosti stavební fyziky s praktickou aplikací na reálnou budovu, ekonomickým hodnocením a environmentálními aspekty.

Cíle projektu

Hlavní cíl

Analyzovat tepelně-technické vlastnosti školní budovy, identifikovat kritická místa tepelných ztrát a navrhnout ekonomicky optimální řešení zateplení.

Dílčí cíle

1. Osvojit si principy přenosu tepla ve stavebních konstrukcích
2. Naučit se pracovat s normami ČSN v oblasti stavební fyziky
3. Pochopit metodiku energetického auditu
4. Rozvíjet schopnost systémového přístupu k řešení problémů
5. Získat praktické zkušenosti s hodnocením investic

Zadání projektu

1. Mapování současného stavu (25% hodnocení)

1.1 Dokumentace budovy Získání podkladů - Půdorysy všech podlaží (1:100) - Řezy budovou (1:100) - Situační plán - Rok výstavby a rekonstrukcí - Technická dokumentace (pokud existuje)

Vlastní měření a dokumentace - Ověření rozměrů - Fotodokumentace fasád - Identifikace konstrukčního systému - Orientace ke světovým stranám

1.2 Stavební konstrukce Obvodové stěny - Materiál a tloušťka - Součinitel prostupu tepla U [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$] - Plocha stěn podle orientace [m^2] - Tepelné mosty

Střecha/strop pod půdou - Typ konstrukce - Skladba vrstev - Současné zateplení - Součinitel U [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]

Výplně otvorů - Typy oken (jednoduché, dvojité, trojitě) - Materiál ráků - Součinitel U_w [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$] - Celková plocha oken [m^2]

Podlaha/strop nad suterénem - Konstrukce - Zateplení (pokud existuje) - Součinitel U [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]

1.3 Vytápěcí systém

- Zdroj tepla (typ, výkon, účinnost)
- Roční spotřeba energie [GJ/rok]
- Náklady na vytápění [$\text{Kč}/\text{rok}$]
- Otopná soustava (radiátory, podlahové)

2. Výpočet tepelných ztrát (35% hodnocení)

2.1 Tepelné ztráty prostupem Metodika výpočtu dle ČSN 73 0540

Pro každou konstrukci vypočítejte:

$$HT_{,i} = A_i \times U_i \times b_i \text{ [W/K]}$$

kde: - A_i = plocha konstrukce [m^2] - U_i = součinitel prostupu tepla [$W/m^2 \cdot K$] - b_i = teplotní redukční činitel [-]

Výpočty pro: - Obvodové stěny (S, J, V, Z) - Střecha/strop pod půdou - Podlaha/strop nad suterénem - Okna a dveře

Celková měrná ztráta prostupem:

$$HT = \Sigma HT_{,i} + \Delta HT_{,tb} \text{ [W/K]}$$

kde $\Delta HT_{,tb}$ jsou tepelné mosty (10-15% z HT)

2.2 Tepelné ztráty větráním Přirozené větrání

$$HV = 0,34 \times n \times V \text{ [W/K]}$$

kde: - n = intenzita výměny vzduchu [h^{-1}] - V = objem vytápěného prostoru [m^3]

Nucené větrání (pokud existuje) - Průtok vzduchu [m^3/h] - Účinnost rekuperace [%]

2.3 Celková tepelná ztráta

$$Q = (HT + HV) \times (t_i - t_e) \text{ [W]}$$

kde: - t_i = vnitřní teplota ($20^\circ C$) - t_e = venkovní výpočtová teplota ($-15^\circ C$)

2.4 Roční potřeba tepla Denostupňová metoda

$$E = 24 \times \times (HT + HV) \times D / 1000 \text{ [GJ/rok]}$$

kde: - = opravný součinitel (0,8-0,9) - D = počet denostupňů [$K \cdot \text{den}$]

3. Návrh úsporných opatření (30% hodnocení)

3.1 Katalog opatření Pro každé opatření určete: - Technické řešení - Zlepšení součinitele U - Investiční náklady [Kč] - Úspora energie [GJ/rok] - Prostá návratnost [roky]

Opatření 1: Zateplení fasády - ETICS 160 mm EPS/MW - U před: $1,2 W/m^2 \cdot K \rightarrow U$ po: $0,20 W/m^2 \cdot K$ - Cena: $1\,800 K\check{c}/m^2$ včetně montáže

Opatření 2: Zateplení střechy/stropu - 300 mm minerální vaty - U před: $0,8 W/m^2 \cdot K \rightarrow U$ po: $0,12 W/m^2 \cdot K$ - Cena: $800 K\check{c}/m^2$

Opatření 3: Výměna oken - Trojsklo s teplým rámem - U_w před: $2,8 W/m^2 \cdot K \rightarrow U_w$ po: $0,8 W/m^2 \cdot K$ - Cena: $12\,000 K\check{c}/m^2$

Opatření 4: Zateplení soklu - XPS 120 mm - U před: $1,5 W/m^2 \cdot K \rightarrow U$ po: $0,25 W/m^2 \cdot K$ - Cena: $2\,200 K\check{c}/m^2$

Opatření 5: Instalace rekuperace - Účinnost 85% - Investice: $500\,000 K\check{c}$ - Úspora větrání: 70%

3.2 Výpočet úspor Pro každé opatření:

$$\Delta E = 24 \times \times \Delta H \times D / 1000 \text{ [GJ/rok]}$$

kde ΔH = snížení tepelné ztráty [W/K]

Finanční úspora:

$$\Delta N = \Delta E \times \text{cena_tepla} \text{ [Kč/rok]}$$

3.3 Kombinace opatření Varianta A: Minimální - Pouze nejnutnější opravy - Investice do 1 mil. Kč

Varianta B: Optimální - Nejlepší poměr cena/výkon - Návratnost do 10 let

Varianta C: Komplexní - Pasivní standard - Maximální úspory

4. Ekonomické vyhodnocení (10% hodnocení)

4.1 Investiční náklady

| Opatření | Množství | Jednotková cena | Celkem |
|-------------------|----------------|-------------------|-----------|
| Zateplení fasády | m ² | Kč/m ² | Kč |
| Zateplení střechy | m ² | Kč/m ² | Kč |
| Výměna oken | m ² | Kč/m ² | Kč |
| CELKEM | | | Kč |

4.2 Hodnocení variant Pro každou variantu vypočítejte: - Celkové investiční náklady [Kč] - Roční úspora energie [GJ] - Roční úspora nákladů [Kč] - Prostá návratnost [roky] - NPV (20 let, $i = 4\%$) - IRR [%]

4.3 Prioritizace opatření Seřadte opatření podle: 1. Návratnosti (nejkratší první) 2. Absolutní úspory (největší první) 3. Technické náročnosti

4.4 Dotační možnosti

- Nová zelená úsporám
- OPŽP
- Vlastní zdroje

Výstupy projektu

1. Energetický audit (15-20 stran)

Struktura dokumentu:

1. Identifikační údaje

- Název budovy
- Adresa
- Vlastník/provozovatel
- Zpracovatel auditu

2. Executive summary (1 strana)

- Hlavní zjištění
- Doporučení
- Ekonomické ukazatele

3. Popis budovy

- Stavebně-technické řešení
- Vytápěcí systém
- Současná spotřeba

4. Výpočet tepelných ztrát

- Metodika
- Detailní výpočty
- Souhrnné tabulky

5. Návrh opatření

- Technická řešení

- Výpočet úspor
- Investiční náklady

6. Ekonomické vyhodnocení

- Varianty řešení
- Finanční analýza
- Doporučení

7. Environmentální přínosy

- Snížení emisí CO
- Úspora primární energie

8. Závěr a doporučení

9. Přílohy

- Výpočtové tabulky
- Půdorysy s vyznačením opatření
- Fotodokumentace
- Cenové nabídky

2. Prezentace pro vedení školy

PowerPoint (15 minut) - Současný stav (fotky, termovize) - Tepelné ztráty (graf rozdělení) - Navrhovaná opatření (vizualizace) - Investice vs. úspory (graf návratnosti) - Varianty řešení (srovnávací tabulka) - Dotační možnosti - Doporučený postup

3. Informační leták

A4 oboustranně - Pro studenty a rodiče - Jednoduché vysvětlení problému - Navrhovaná řešení - Přínosy (úspory, komfort, ekologie)

4. 3D vizualizace (bonus)

- Model budovy před/po zateplení
- Tepelné toky
- Kritická místa

Hodnotící kritéria

Bodové hodnocení (100 bodů)

| Část | Body | Kritéria |
|-----------------------|------|-------------------------------------|
| Analýza stavu | 25 | Úplnost dat, správnost U-hodnot |
| Výpočty | 35 | Metodika, správnost, interpretace |
| Návrh opatření | 30 | Realističnost, komplexnost, inovace |
| Ekonomika | 10 | Správnost analýzy, závěry |

Bonusové body (max. 10)

- Termovizní snímky: +3 body
- Konzultace s energetickým auditorem: +2 body
- 3D model/vizualizace: +3 body
- Měření infiltrace (blower door): +2 body

Časový harmonogram

| Týden | Fáze | Úkoly | Výstup |
|-------|-------------|-----------------------|---------------------|
| 1-2 | Start | Týmy, studium zadání | Plán projektu |
| 3-4 | Mapování | Dokumentace budovy | Technické podklady |
| 5-6 | Analýza | Součinitele U, plochy | Tabulka konstrukcí |
| 7-8 | Výpočty I | Tepelné ztráty | Výpočtový protokol |
| 9-10 | Výpočty II | Roční spotřeba | Energetická bilance |
| 11-12 | Návrhy | Opatření, úspory | Katalog opatření |
| 13 | Ekonomika | Hodnocení variant | Finanční analýza |
| 14-15 | Dokumentace | Audit, prezentace | Finální dokumenty |
| 16 | Prezentace | Obhajoby | Prezentace |

Doporučené zdroje

Normy a předpisy

1. ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov
2. ČSN EN ISO 13790 - Energetická náročnost budov
3. Vyhláška 78/2013 Sb. - Energetická náročnost budov
4. TNI 73 0329 - Zjednodušené výpočtové hodnocení

Literatura

1. VAVERKA, J. a kol.: Stavební tepelná technika a energetika budov. Brno: VUTIUM, 2006
2. ŘEHÁNEK, J.: Tepelná akumulace budov. Praha: ČKAIT, 2002
3. HÁJEK, P.: Pozemní stavitelství III. Praha: ČVUT, 2004

Online nástroje

- www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci
- www.isover.cz/aplikace/tep-technika
- www.knaufinsulation.cz/kalkulacka-uspor
- www.nkn.cz - Národní kalkulační nástroj

Software (volitelné)

- Teplo (Svoboda Software)
- Area (Svoboda Software)
- Energy+ (pokročilí)

Katalogy materiálů

- ISOVER, ROCKWOOL - tepelné izolace
- BAUMIT, STO - ETICS systémy
- VEKRA, INTERNORM - okna a dveře

Praktické pokyny

Získávání dat

1. **Kontaktujte správce budovy** - technická dokumentace
2. **Změřte si sami** - laser, pásmo
3. **Využijte katastr** - půdorys budovy
4. **Fotodokumentace** - všechny fasády
5. **Ptejte se** - rok rekonstrukcí, problémy

Určení součinitelů U

Pokud neznáte skladbu: - Použijte tabulkové hodnoty dle roku výstavby - Orientační hodnoty: - Nezateplená zeď 45 cm: $U = 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ - Okna dvojité stará: $U = 2,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ - Střecha nezateplená: $U = 0,8-1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Časté chyby

- Zapomenutí na tepelné mosty (+10-15%)
- Špatné jednotky (W vs. kW, GJ vs. kWh)
- Nereálné ceny (ověřte u firem)
- Zanedbání údržby a životnosti
- Podcenění přípravných prací

Tipy pro úspěch

1. **Začněte včas** - získání dat trvá
2. **Rozdělte si práci** - každý člen něco
3. **Kontrolujte výpočty** - řády veličin
4. **Používejte Excel** - snadné přepočty
5. **Konzultujte** - využijte všech možností

Rozšíření projektu

Pokročilé analýzy

- Dynamická simulace (hodinový krok)
- Tepelné zisky (sluneční, vnitřní)
- Letní přehřívání
- Denní světlo

Další opatření

- Fotovoltaika
- Tepelné čerpadlo
- Zelená střecha
- Stínění

Konzultace

Pravidelné

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

Speciální (po domluvě)

- Energetický auditor
- Projektant pozemních staveb
- Zástupce dodavatele izolací

Kontrolní body

- **Týden 4:** Dokumentace budovy
- **Týden 8:** Kontrola výpočtů
- **Týden 12:** Návrh opatření

Poznámky

Bezpečnost

- Při dokumentaci dodržujte bezpečnost

- Nevstupujte na střechn bez povolení
- Při měření používejte OOPP

Etika

- Respektujte soukromí
- Nefotografujte osoby
- Data používejte pouze pro projekt

Kontakt

Vyučující: [Jméno učitele]

Email: [email]

Kabinet: [číslo místnosti]

MS Teams: [odkaz na tým]