



Príloha č.8 Analýza skutkového stavu organizácie - Stredná priemyselná škola
technická, Trnava

k dokumentu

Koncepcia zníženia energetickej náročnosti a prevádzkových nákladov v zariadeniach TTSK

Obsah

1	Úvod	6
2	Analýza skutkového stavu organizácie – Stredná priemyselná škola technická, Trnava	6
2.1	Identifikácia popisovaného zariadenia: Stredná priemyselná škola technická, škola s právnou subjektivitou	6
2.2	Energetické vstupy a výstupy	8
2.2.1	Elektrická energia	9
2.2.2	Teplo	10
3	Budovy – stavebné konštrukcie	10
3.1	Hlavná budova školy	10
3.1.1	Popis obvodových (teplovýmenných) konštrukcií	11
3.2	Spojovací trakt	13
3.3	Spoločenská miestnosť	14
3.3.1	Popis nosného systému	15
3.3.2	Popis obvodových (teplovýmenných) konštrukcií	15
3.4	Dielne	18
3.4.1	Popis nosného systému	18
3.5	Garáž pre autobus	20
4	Technické zariadenie posudzovaných budov	20
4.1	Zdroj tepla	20
4.2	Rozvody ÚK	21
5	Vykurovací systém v budove	21
6	Zásobovanie školy TÚV	21
7	Chladenie/klimatizácia priestorov	21
8	Nútené vetranie	21
9	Osvetlenie	22
10	VYHODNOTENIE SÚČASNÉHO STAVU	23
10.1	Zhodnotenie budov	23
10.2	Vyhodnotenie zdroja tepla, vykurovacej sústavy a prípravy TÚV	23
10.3	Posúdenie energetickej efektívnosti dodávky tepla na vykurovanie	24
10.4	Porovnanie spotreby tepla ÚK s vypočítanou potrebou tepla na vykurovanie hlavnej budovy	24

11	Zhodnotenie prípravy teplej vody (TÚV)	25
12	Návrh úsporných opatrení.....	27
12.1	Hlavná budova školy.....	28
12.2	Spojovací trakt	30
12.3	Spoločenská miestnosť	30
12.4	Dielne.....	32
12.5	Komentár k prístrešku pre autobus:.....	33
13	Celkové zhrnutie	35
13.1	Modernizácia zdroja tepla - OST.....	36
13.2	Hydraulické vyregulovanie a termostatizácia.....	37
13.3	Inštalácia solárneho zariadenia na prípravu TÚV	38
13.4	Inštalácia fotovoltického systému na výrobu elektriny.....	38
13.5	Návrh opatrení pre vnútorné osvetlenie.....	38
13.6	Zavedenie systému energetického manažmentu.....	38
14	Ekonomické hodnotenie.....	40
15	Environmentálne hodnotenie	42
16	ZÁVER	43

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Základné údaje posudzovaného zariadenia TTSK.....	7
Tabuľka 3 Údaje o ročnej spotrebe elektrickej energie	9
Tabuľka 4 Údaje o ročnej spotrebe tepla	9
Tabuľka 5 Údaje o ročnej spotrebe studenej pitnej vody	9
Tabuľka 6 Technické a geometrické parametre budovy	10
Tabuľka 7 Zoznam pevných stavebných a otvorových konštrukcií	13
Tabuľka 8 Zoznam pevných a otvorových konštrukcií - spojovací trakt	14
Tabuľka 9 Tepelná strata stavebných konštrukcií	14
Tabuľka 10 Technické a geometrické parametre budovy	15
Tabuľka 11 Hodnotenie priemerného súčiniteľa prechodu tepla podľa STN 73 0540-2	16
Tabuľka 12 Technické a geometrické parametre budovy dielní	18
Tabuľka 13 Zoznam pevných stavebných a otvorových konštrukcií budovy dielní	19
Tabuľka 14 Hodnotenie priemerného súčiniteľa prechodu tepla podľa STN 73 0540 - 2	19
Tabuľka 15 Podiel konštrukcií a tepelných mostov na celkovej tepelnej strate dielne	19
Tabuľka 16 Výmenníková stanica tepla - parametre	20
Tabuľka 17 Základná ročná bilancia zdroja	23
Tabuľka 18 Popis spotreby ÚK s vypočítanou potrebou tepla na vykurovanie hlavnej budovy	25
Tabuľka 19 Základné parametre odberného miesta	25
Tabuľka 20 Rozdelenie tepelných strát administratívnej budovy-navrhovaný stav.....	29
Tabuľka 21 Vypočítaná potreba tepla na vykurovanie - navrhovaný	29
Tabuľka 22 Vypočítaná hodnota potreby tepla na vykurovanie - navrhovaný stav	30
Tabuľka 23 Rozdelenie tepelných strát hlavnej budovy - navrhovaný stav.....	31
Tabuľka 24 Vypočítaná potreba tepla na vykurovanie - navrhovaný	31
Tabuľka 25 Rozdelenie tepelných strát administratívnej budovy - navrhovaný	33
Tabuľka 26 Vypočítaná potreba tepla na vykurovanie - navrhovaný stav.....	34
Tabuľka 27 Úspora tepla na vykurovanie pred obnovou a po obnove	35
Tabuľka 28 Prehľad fixných a variabilných nákladov za teplo z CZT v Trnave	36
Tabuľka 29 Tepelné straty objektov školy pred a po opatreniach.....	36
Tabuľka 30 Ekonomické hodnotenie výmeny OST	37

Tabuľka 31 Ekonomické hodnotenie - hydraulického vyregulovania vykurovacej sústavy a jej termostatizácia.....	37
Tabuľka 32 Ekonomické vyhodnotenie implementácie EMS.....	39
Tabuľka 33 Súhrnná tabuľka posudzovaných vysoko nákladových opatrení	39
Tabuľka 34 Výsledky ekonomického hodnotenia	41
Tabuľka 35 Použité emisné koeficienty.....	42
Tabuľka 36 Emisie znečisťujúcich látok	42

1 Úvod

V súlade s plnením úloh vyplývajúcich z projektu Smart región TTSK aktivity 1 – „Kvalitné a efektívne procesy, systémy a politiky v Úrade Trnavského samosprávneho kraja“, podaktivity d) - Konceptie znižovania energetickej náročnosti a prevádzkových nákladov v zariadeniach TTSK, bola vykonaná táto analýza a hodnotenie energetickej náročnosti a prevádzkových nákladov vybranej organizácie v zriaďovateľskej pôsobnosti Trnavského samosprávneho kraja – Strednej priemyselnej školy technickej Trnava.

2 Analýza skutkového stavu organizácie – Stredná priemyselná škola technická, Trnava

2.1 Identifikácia popisovaného zariadenia: Stredná priemyselná škola technická, škola s právnou subjektivitou

IČO 36082058; DIČ 2021417541 adresa: Komenského 1, 917 31 TRNAVA,

štatutárny zástupca: Ing. Ľudovít Šimun, telefón +421 33 5903513; e-mail: sps@spstt.sk

Zriaďovateľ školy je Trnavský samosprávny kraj (TTSK). Analýza objektu je vykonaná s cieľom preveriť potenciál úspor energie budov a energetického hospodárstva. Analýza popisuje skutkový stav budovy školy a budovy dielní, technických zariadení budovy, popisuje nevhodný stav a navrhuje úsporné opatrenia pre zníženie energetickej náročnosti a prevádzkových nákladov.

Areál školy pozostáva z hlavnej budovy školy a budovy dielní. Areál je vykurovaný, bez klimatizácie, slúži výhradne na vzdelávacie a výchovné účely.

Hlavná budova školského areálu bola uvedená do prevádzky 1.9.1951. Školu navštevuje v súčasnosti cca 660 študentov. Škola je rozpočtová organizácia s právnou subjektivitou od r. 2002 v zriaďovateľskej pôsobnosti TTSK.

V budovách školy okrem výmeny okien v hlavnej budove nebola realizovaná zásadná rekonštrukcia t.j. nemá zateplené obvodové steny, rovnako strecha a krov sú pôvodné, bez prídavnej hydroizolácie a tepelnej izolácie, pôvodná je aj vykurovacia sústava bez ekvitermickej a časovej regulácie výkonu. Uvedené zariadenia a časti budov sú už po svojej životnosti a vyžadujú si komplexnú obnovu.

Boli analyzované tepelnoizolačné vlastnosti prevádzky hlavnej budovy školy, budovu dielní a spoločenskej miestnosti a porovnané so súčasne platnými normami a príslušnou legislatívou.

Priestory školskej jedálne a kuchyne, skladové a sociálne zázemie kuchyne a internát neboli predmetom analýzy. Pre objekty školy nie je zavedený systém energetického manažmentu.

Tabuľka 1 Základné údaje posudzovaného zariadenia TTSK

Druh činnosti a účel stavby	Budovy slúžia na vzdelávaciu, výcvikovú a výchovnú činnosť		
Počet vykurovaných budov	3		
Prevádzka (dni v týždni)	5		
Počet dní vykurovacieho obdobia	190		
Zoznam vykurovaných budov	Vykurovaný objem [m ³]	Vykurovaná plocha [m ²]	Vykurovaná výška [m]
1.Hlavná budova	19 111,50	4 932,00	3,88
1a.Spojovací trakt	469,60	107,70	4,36
2.Spoločenská miestnosť	5 450,00	1 946,40	2,80
3.Budova dielní	11 592,80	3 836,80	3,02
Spolu - areál školy	36 623,90	10 822,90	3,38

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Spotreby sa sledujú iba pre potreby fakturácie.



Obrázok 1 Posudzované objekty Strednej priemyselnej školy technickej, Trnava

Zdroj: 1 www.katasterportál.sk

2.2 Energetické vstupy a výstupy

Základným energetickým vstupom a studenou pitnou vodou budovy školy je:

- a) Elektrická energia z verejnej distribučnej siete;
- b) Teplo - vykurovanie a teplá voda;
- c) Voda, studená pitná voda.

Priemerné ročné hodnoty za roky 2016 až 2018 o energetických vstupoch a studenej pitnej vode je uvedený v nasledujúcich tabuľkách.

Tabuľka 2 Údaje o ročnej spotrebe elektrickej energie

Rok	El. energia [MWh]	Cena [EUR]	Jednotková cena [EUR/MWh]
2016	110,169	18 217,66	165,36
2017	160,069	19 053,23	119,03
2018	110,900	19 339,62	174,39
Priemer	127,046	18 870,17	148,53

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tabuľka 3 Údaje o ročnej spotrebe tepla

Rok	Teplo [MWh]	Cena [EUR]	Jednotková cena [EUR/MWh]
2016	1 024,426	58 151,68	56,765
2017	1 061,921	59 540,36	56,069
2018	997,312	62 631,18	62,800
Priemer	1027,886	60 107,74	58,48

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tabuľka 4 Údaje o ročnej spotrebe studenej pitnej vody

Rok	Voda [m ³]	Cena [EUR]	Jednotková cena [EUR/m ³]
2016	3 027	12 493,99	4,13
2017	3 232	13 433,75	4,16
2018	2 720	11 924,07	4,38
Priemer	2 993	12 617,27	4,22

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

2.2.1 Elektrická energia

Priemerná ročná spotreba nakupovanej elektrickej energie v rokoch 2016 až 2018 bola 127,046 MWh/rok s cenou 148,53 EUR s DPH. Množstvá a náklady za elektrickú energiu sú z dát GES -TTSK.

Dodávateľom elektrickej energie je spoločnosť MAGNA ENERGIA a.s., IČO: 35743565, Nitrianska 18/7555, 92101 Piešťany.

Náklady za január 2023 spolu: 4638,47 €.

Náklady za február 2023 spolu: 6 381,23 €.

2.2.2 Teplo

Priemerná cena tepla v rokoch 2016 až 2018 sa pohybovala na úrovni 58,48 EUR/MWh s DPH. Priemerná ročná spotreba tepla bola 1027,886 MWh/rok, vo finančnom vyjadrení to predstavuje 60107,74 EUR s DPH. Dodávateľom tepla bola Trnavská teplárenská, a.s.

V súčasnosti je dodávateľom tepla: MH Teplárenský holding, a.s, IČO:36211541, Turbínová 3, 831 04 Bratislava

Za január 2023 bola účtovaná cena za teplo 5 374,40 €

Za február 2023 bola účtovaná cena za teplo 5 338,19 €

Spolu: 10 712,59 €

Pitná studená voda

Priemerná cena vody v rokoch 2016 až 2018 sa pohybovala na úrovni 4,22 EUR/m³ s DPH. Priemerná ročná spotreba vody bola 2 993 m³/rok, vo finančnom vyjadrení to predstavuje 12 617,27 EUR s DPH.

Vodné, stočné a dažďovú vodu fakturuje a dodáva Trnavská vodárenská spoločnosť, IČO:36252484, Kukučínova 13, 921 79 Piešťany.

Za január 2023 účtovali vodné, stočné v sume 487,45 €.

Cena za studenú vodu je v porovnaní s priemerom zostávajúcich škôl značne vysoká, keď priemer ceny všetkých škôl je 2,36 EUR/m³.

Spotreba vody na žiaka je pri 190 vyučovacích dňoch a 660 žiakoch je 23,86 l/deň, čo sa približuje normovanej spotrebe 25 l/deň.

3 Budovy – stavebné konštrukcie

3.1 Hlavná budova školy

Hlavná budova má obdĺžnikový pôdorys rozmerov 68,95m x 18,00m. Budova je orientovaná sever - juh. (Väčšina okien budovy a sklony sedlovej strechy sú orientované východ - západ.) Budova má jedno podzemné podlažie (1.PP) a 5 nadzemných podlaží (1.-5.NP). Budova je celá podpivničená. Na 1.PP sú najmä kryty CO a sklady. Na 1.-4.NP sú učebne, technické učebne, kabinety, zborovňa a zázemie školy. 5.NP je nevykurovaný podstrešný priestor, ktorý v súčasnosti slúži ako veľkokapacitný sklad. Strecha je valbová.

Pre zhodnotenie obalových konštrukcií bola použitá dostupná dokumentácia, fotodokumentácia a vlastná obhliadka objektu.

Tabuľka 5 Technické a geometrické parametre budovy

Celková zastavaná plocha	Obvod zastavanej plochy	Obstavaný vykurovaný objem	Celková podlahová plocha	Ochladzovacia obalová konštrukcia	Faktor tvaru budovy	Počet nadzemných podlaží	Priemerná konštrukčná výška podlažia
A	P	V _b	A _b	ΣA _i	ΣA _i /V _b		h _{k,p}

[m ²]	[m]	[m ³]	[m ²]	[m ²]	[m ⁻¹]	-	[m]
1 241,10	173,9	19 111,50	4932	5 088,40	0,27	4	3,9

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Popis nosného systému

Dispozične je hlavná budova klasický školský trojtrakt (učebne, stredná chodba, učebne). Staticky sa jedná o zvislý nosný pozdĺžny stenový systém. Steny sú založené na betónových pásových základoch. Vodorovné nosné konštrukcie tvoria železobetónové monolitické trámové stropy. Nosná konštrukcia strechy je drevený krov, ktorý je v dobrom stave. Strešná krytina je plech, ktorý je na celoplošnom debnení.

Popis obvodových (teplovýmenných) konštrukcií

Podlaha na teréne (podlaha 1.NP): betónová mazanina, bez tepelnej izolácie.

Obvodová stena pod terénom: Železobetónová stena, hydroizolácia, primurovka z tehly plnej pálenej ako mechanická ochrana hydroizolácie a tepelná izolácia.

Obvodová stena nad terénom: Murivo hr. 450mm z tehly plnej pálenej, ktoré je na vnútornej a vonkajšej strane opatrené omietkou.

Strop 4.NP (podlaha podstrešného priestoru).

Poradie vrstiev zvnútra :

SDK (sadrokartón) (niektoré priestory, napr. WC),

vzduchová medzera hrúbky (hr.) 100mm (niektoré priestory, napr. WC),

omietka hr.20mm,

drevené dosky hr.20mm,

vzduchová dutina na výšku železobetónového trámu (350mm),

železobetónová doska hr. cca 200mm,

škvara hr. cca 100mm,

betónový poter hr.50mm,

Výplne otvorov

a) Okná v učebniach.

Pôvodné okná s dreveným rámom a dvojsklom boli vymenené za okná s plastovým rámom, izolačným dvojsklom s hliníkovým distančným rámikom. (Výnimku tvoria okná v Peugeot učebniach, kde je hliníkový okenný rám s prerušeným tepelným mostom a izolačným dvojsklom.)

b) Pivničné okná či iné okná pomocných prevádzok.

Tu sú stále pôvodné okná s dreveným okenným rámom a dvojsklom (ktoré je často poškodené, teda s podstatne zníženou alebo nulovou tepelnoizolačnou schopnosťou).

c) Komunikačné schodiskové priestory – sklobetón.

Osvetlenie centrálnych komunikačných uzlov pomocou sklobetónových stien.

Súčet plôch pevných stavebných konštrukcií je 4 248,60 m² a všetkých typov otvorových konštrukcií predstavuje 839,8 m².

Merná tepelná strata obalových konštrukcií vrátane mernej tepelnej straty vplyvom tepelných mostov a vetraním je 11 275 W.K-1. Splnenie minimálnej požiadavky priemerného súčiniteľa prechodu tepla všetkých obalových konštrukcií budovy podľa STN 73 0540-2 je uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 6 Zoznam pevných stavebných a otvorových konštrukcií

Stavebná konštrukcia	Plocha	Súčiniteľ prechodu tepla	Normalizovaná hodnota U podľa STN 730540-2
	A _i	U _i	U _N
	[m ²]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Strop 1.PP	1 233,0	2,29	0,2
Obvodová stena	1 782,6	1,28	0,22
Strop 4.PP	1 233,0	0,66	0,15
Okno - plastové, hliníkové	774,0	1,34*	1,7
Dvere	4,9	1,8	1,7
Dvere - hlavný vstup	21,9	2,4	1,7
Sklobetón	39,0	5,0	1,7

*vyhovuje

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tepelná strata budovy je vypočítaná pri vonkajšej teplote te=-12°C a vnútornej teplote ti=20°C a predstavuje 360,8 kW.

Výpočet potreby tepla na vykurovanie bol vykonaný na základe výpočtu tepelných strát prechodom tepla konštrukciami a tepelných strát vetraním, ktoré boli znížené o tepelné zisky. Celková potreba tepla pre krytie tepelných strát prechodom a vetraním predstavuje 882 041 kWh. Na celkovej potrebe sa pokrytie tepelnej straty prechodom obalovými konštrukciami podieľa 58%, podiel vetrania je 42%. Celková spotreba tepla je redukovaná tepelnými ziskami budovy vo výške 235 183,33 kWh.

Výsledná potreba tepla na vykurovanie budovy so započítaním tepelných ziskov je Q_h = 646 858 kWh tzn. že súčasná merná potreba na vykurovanie budovy je 131 kWh/m².rok

3.2 Spojovací trakt

Prechodová časť medzi hlavnou budovou školy a spoločenskou miestnosťou je spojovací trakt, ktorý sme posúdili samostatne.

Tabuľka 7 Zoznam pevných a otvorových konštrukcií - spojovací trakt

Stavebná konštrukcia	Plocha	Súčiniteľ prechodu tepla	Normalizovaná hodnota U podľa STN 730540-2
	A_i	U_i	U_N
	[m ²]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Podlaha 1.NP	55,9	0,44	
Obvodová stena	61,9	1,28	0,22
Strecha	55,9	0,974	0,15
Sklobetón	54,0	5,0	1,7

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Súčet plôch pevných stavebných konštrukcií je 173,7 m² a všetkých typov otvorových konštrukcií predstavuje 54,0 m².

Tabuľka 8 Tepelná strata stavebných konštrukcií

Typ konštrukcie	Tepelná strata [kW]
Steny	2,5
Strecha	1,7
Okna a dvere	8,6
Podlaha	0,8
Tepelné mosty	0,7
Vetranie	1,9
SPOLU	16,3

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tepelná strata budovy spojovacieho traktu bola vypočítaná pri vonkajšej teplote $t_e = -12^\circ\text{C}$ a vnútornej teplote $t_i = 20^\circ\text{C}$ je 16,3 kW.

Výsledná potreba tepla na vykurovanie budovy so započítaním tepelných ziskov je $Q_h = 26\,240\text{ kWh}$ tzn. že súčasná merná potreba na vykurovanie budovy je $244\text{ kWh/m}^2\cdot\text{rok}$

3.3 Spoločenská miestnosť

Budova má obdĺžnikový pôdorys rozmerov 48,6m x 13,4m. Budova je orientovaná v smere východ - západ (väčšina okien budovy a sklony sedlovej strechy sú orientované sever – juh). Budova má jedno podzemné podlažie (1.PP) a jedno nadzemné podlažie (1.NP). Na 1.PP sú šatne, malá telocvičňa, CNC učebňa a jazykové učebne. Na 1.NP je spoločenská miestnosť so svojim zázemím (WC, kuchyňa).

Budova je celá podpivničená. Strecha je sedlová. Pre zhodnotenie obalových konštrukcií bola použitá fotodokumentácia a vlastná obhliadka objektu.

Tabuľka 9 Technické a geometrické parametre budovy

Celková zastavaná plocha	Obvod zastavanej plochy	Obostavaný vykurovaný objem	Celková podlahová plocha	Ochladzovaná obalová konštrukcia	Faktor tvaru budovy	Počet nadzemných podlaží	Priemerná konštrukčná výška podlažia
A	P	Vb	Ab	ΣA_i	$\Sigma A_i/Vb$		hk,pr
[m ²]	[m]	[m ³]	[m ²]	[m ²]	[m ⁻¹]	-	[m]
651,00	124	5 450,00	1946	2 253,00	0,41	3	2,8

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

3.3.1 Popis nosného systému

Dispozične je budova dielní trojtrakt (dielňa, chodba a dielňa). Staticky sa jedná o skeletový (stĺpový) železobetónový monolitický systém. Obvodové steny sú výplňové. Vodorovné nosné konštrukcie tvoria železobetónové trámové monolitické dosky.

3.3.2 Popis obvodových (teplovýmenných) konštrukcií

- Podlaha na teréne (podlaha 1.NP): betónová mazanina, bez tepelnej izolácie.
- Obvodová stena pod terénom: Železobetónová stena, hydroizolácia, primurovka z tehly plnej pálenej ako mechanická ochrana hydroizolácie a tepelná izolácia.
- Obvodová stena nad terénom: Murivo hr.450mm a stĺpy, oboje z tehly plnej pálenej.
- Strop 1.NP.
- Predpokladané poradie vrstiev zvnútra :
 - omietka hr.20mm,
 - drevo cementová doska Heraklit hr.30mm,
 - drevené dosky hr.20mm.
- Výplne otvorov.

3.3.2.1 Okná v spoločenskej miestnosti

Pôvodné okná s dreveným rámom a dvojsklom boli kompletne vymenené za okná s plastovým rámom, izolačným dvojsklom s hliníkovým distančným rámikom.

3.3.2.2 Pivničné okná či iné okná pomocných prevádzok (napr. sklady)

Sú tu stále pôvodné okná s dreveným okenným rámom a dvojsklom (ktoré sú často poškodené, a teda s podstatne zníženou alebo nulovou tepelnoizolačnou schopnosťou).

Tabuľka 10 Zoznam pevných stavebných a otvorových konštrukcií - Spoločenská miestnosť

Stavebná konštrukcia	Plocha	Súčiniteľ prechodu tepla	Normalizovaná hodnota U podľa STN 730540-2	Hodnotenie podľa STN 730540-2
	A_i	U_i	U_N	U_N
	m^2	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
Podlaha 1.NP	648,8	0,33		
Obvodová stena	798,8	1,28	0,22	nevyhovuje
Strop 2. NP	648,8	2,025	0,15	nevyhovuje
Okno pôvodné	75,8	3	1,70	nevyhovuje
Okno	80,8	1,3	1,70	vyhovuje

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Súčet plôch pevných stavebných konštrukcií je 3007,1 m² a všetkých typov otvorových konštrukcií predstavuje 432,0 m².

Merná tepelná strata obalových konštrukcií vrátane mernej tepelnej straty vplyvom tepelných mostov a vetraním je 3 739,7 W.K⁻¹. Splnenie minimálnej požiadavky priemerného súčiniteľa prechodu tepla všetkých obalových konštrukcií budovy podľa STN 73 0540-2 je uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 10 Hodnotenie priemerného súčiniteľa prechodu tepla podľa STN 73 0540-2

Faktor tvaru budovy	Priemerný súčiniteľ prechodu tepla [W.m ⁻² .K ⁻¹]	Normalizovaná hodnota [W.m ⁻² .K ⁻¹]	Odporúčaná hodnota [W.m ⁻² .K ⁻¹]	Cieľová odporúčaná hodnota [W.m ⁻² .K ⁻¹]	Hodnotenie podľa STN 73 0540-2
0,41	1,32	0,35	0,35	0,24	nevyhovuje

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tabuľka 12 Podiel konštrukcií a tepelných mostov na celkovej tepelnej strate

Typ konštrukcie	Tepelná strata [kW]
Steny	32,7
Strecha	37,8
Okna a dvere	10,7
Podlaha	6,9
Tepelné mosty	7,2
Vetrание	24,3
SPOLU	119,7

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tepelná strata budovy spoločenskej miestnosti bola vypočítaná pri vonkajšej teplote $t_e = -12^\circ\text{C}$ a vnútornej teplote $t_i = 20^\circ\text{C}$ je **119,7 kW**.

Výpočet potreby tepla na vykurovanie bol vykonaný na základe výpočtu tepelných strát prechodom tepla konštrukciami a tepelných strát vetraním, ktoré boli znížené o tepelné zisky. **Celková potreba tepla** pre krytie tepelných strát prechodom a vetraním predstavuje **195 275 kWh**. Na celkovej potrebe sa pokrytie tepelnej straty prechodom obalovými konštrukciami podieľa 79,7%, podiel vetrania je 20,3%. Celková spotreba tepla je redukovaná tepelnými ziskami budovy vo výške **53 522 kWh**.

Výsledná **potreba tepla na vykurovanie** budovy so započítaním tepelných ziskov je **$Q_h = 241\,753\text{ kWh}$** tzn. že súčasná merná potreba na vykurovanie budovy je **$124\text{ kWh/m}^2\cdot\text{rok}$** .

3.4 Dielne

Budova dielní má obdĺžnikový pôdorys rozmerov 76,0 x 28,9m. Budova je orientovaná sever - juh. (väčšina okien budovy a sklony sedlovej strechy sú orientované východ – západ.) Budova má jedno podzemné podlažie (1.PP) a jedno nadzemné podlažie (1.NP). Budova je podpivničená. Na 1.PP sú umiestnené sklady a kryty CO.

Na 1.NP sú umiestnené priestory pre praktickú výuku – dielňa kováčska, mechanická a stolárska, rozvodňa, navijáreň, elektro učebná, montáže, nástrojareň, zvarovňa, príprava výroby, diagnostika, modeláreň, kaliareň, kancelárie a sklady.

Tabuľka 11 Technické a geometrické parametre budovy dielní

Celková zastavaná plocha	Obvod zastavanej plochy	Obstava-ný vykurovaný objem	Celková podlahová plocha	Ochladzovaná obalová konštrukcia	Faktor tvaru budovy	Počet nadzemných podlaží	Priemerná konštrukčná výška podlažia
A	P	Vb	Ab	ΣA_i		$\Sigma A_i/Vb$	hk,pr
[m ²]	[m]	[m ³]	[m ²]	[m ²]		[m ⁻¹]	[m]
2196,4	209,8	11 592,8	3 836,8	5 389,42	0,46	1	3,0

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

3.4.1 Popis nosného systému

Dispozične je budova dielní trojtrakt (dielňa, chodba a dielňa). Staticky sa jedná o skeletový (stĺpový) železobetónový monolitický systém. Obvodové steny sú výplňové. Vodorovné nosné konštrukcie tvoria železobetónové trámové monolitické dosky.

Popis obvodových (teplovýmenných) konštrukcií

- Podlaha na teréne (podlaha 1.NP): betónová mazanina, bez tepelnej izolácie.
- Obvodová stena pod terénom: Železobetónová stena, hydroizolácia, primurovka z tehly plnej pálenej ako mechanická ochrana hydroizolácie a tepelná izolácia.
- Obvodová stena nad terénom: Murivo hr. 450mm z tehly plnej pálenej, ktoré je na vnútornej a vonkajšej strane opatrené omietkou. Nie je dodatočne zateplené.
- Strop 1.NP.
- Poradie vrstiev zvnútra : pôvodne strešné súvrstvie
 - dodatočné zateplenie strechy polystyrénom EPS hr. 200mm;
 - nová hydroizolácia m PVC.
- Výplne otvorov
 - okná v dielňach,
 - pôvodné okná s dreveným rámom a dvojsklom + sklobetón,
 - Okná v hornej chodbe.

Pôvodné okná vymenené za okná s plastovým rámom, izolačným dvojsklom s hliníkovým distančným rámkom.

Tabuľka 12 Zoznam pevných stavebných a otvorových konštrukcií budovy dielni

Stavebná konštrukcia	Plocha	Súčiniteľ prechodu tepla	Normalizovaná hodnota U podľa STN 730540-2	Hodnotenie podľa STN 73 0540-2
A_i		U_i	U_N	
$[m^2]$		$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	
Podlaha 1.NP	2196,40	0,223		
Obvodová stena	494,20	1,280	0,22	nevyhovuje
Strecha	1740,90	0,185	0,15	nevyhovuje
Strop dol. chodby	228,00	2,000	0,15	nevyhovuje
Stena hor. chodby	297,92	2,000	0,15	nevyhovuje
Okno	280,80	3,000	1,70	nevyhovuje
Dvere	6,00	1,800	1,70	nevyhovuje
Sklobetón	145,20	5,000	1,70	nevyhovuje

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Súčet plôch pevných stavebných konštrukcií je 4957 m² a všetkých typov otvorových konštrukcií predstavuje 432,0 m².

Merná tepelná strata obalových konštrukcií vrátane mernej tepelnej straty vplyvom tepelných mostov a vetraním je 5925 W.K⁻¹. Splnenie minimálnej požiadavky priemerného súčiniteľa prechodu tepla všetkých obalových konštrukcií budovy podľa STN 73 0540-2 je uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 13 Hodnotenie priemerného súčiniteľa prechodu tepla podľa STN 73 0540 - 2

Faktor tvaru budovy	Priemerný súčiniteľ prechodu tepla $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Normalizovaná hodnota $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Odporúčaná hodnota $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Cieľová odporúčaná hodnota $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Hodnotenie podľa STN 73 0540-2
0,46	0,80	0,33	0,33	0,23	nevyhovuje

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tabuľka 14 Podiel konštrukcií a tepelných mostov na celkovej tepelnej strate dielne

Typ konštrukcie	Tepelná strata [kW]
Steny	30,2
Strecha	16,1
Okna a dvere	51,1
Podlaha	15,7
Tepelné mosty	24,1

Vetrание	52,3
SPOLU	189,6

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Teplná strata budovy z tabuľky č. 24 vypočítaná pri vonkajšej teplote $t_e = -12^\circ\text{C}$ a vnútornej teplote $t_i = 20^\circ\text{C}$ je **189,6 kW**.

Výpočet potreby tepla na vykurovanie bol vykonaný na základe výpočtu tepelných strát prechodom tepla konštrukciami a tepelných strát vetraním, ktoré boli znížené o tepelné zisky. **Celková potreba tepla** pre krytie tepelných strát prechodom a vetraním predstavuje **368 661 kWh**. Na celkovej potrebe sa pokrytie tepelnej straty prechodom obalovými konštrukciami podieľa 72%, podiel vetrania je 28%. Celková spotreba tepla je redukovaná tepelnými ziskami budovy vo výške 84 468 kWh.

Výsledná **potreba tepla na vykurovanie** budovy so započítaním tepelných ziskov je **$Q_h = 284\,193\text{ kWh}$** .

3.5 Garáž pre autobus

K západnej fasáde budovy dielni bola pristavaná garáž pre autobus. V súčasnosti sa garáž nevyužíva na pôvodný účel parkovania a dnes je to skladový priestor. Táto prístavba sa nevykuruje. Výrazne zhoršuje kvalitu denného osvetlenia dotknutých miestností.

Z tepelno-technického hľadiska sa jedná o nárazníkový priestor, kedy časť fasády nie je až tak ochladzovaná v zimnom období.

4 Technické zariadenie posudzovaných budov

4.1 Zdroj tepla

Zdrojom tepla pre celý komplex areálu školy (hlavná budova školy, dielne a spoločenská miestnosť) je odovzdávacia stanica tepla (OST) SYSTHERM, ktorá sa nachádza v samostatnej miestnosti na prízemí. **OST č. 7222 je v správe a majetku školy**. Odovzdávacia stanica dodáva teplo pre vykurovanie a prípravu teplej vody. Meranie tepla je zabezpečené fakturačným meračom. Dodávku tepla primárnymi rozvodmi do budovy školy zabezpečuje Trnavská teplárenská a.s.

Tabuľka 15 Výmenníková stanica tepla - parametre

OST		Menovitý výkon ÚK		Menovitý výkon TÚV		Prevádzková teplota	
počet	Výrobný typ	Výrobca	Rok výroby	[kWt]	[kWt]	Primár	Sekundár
1	VNV	SYSTHER M s.r.o.	2005	850	370	130°C	80°C

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Na vykurovanie slúži 2x doskový výmenník tepla typ TNS B56-60 výrobcu SWEP – Švédsko rok výroby 2005

Pre účel ohrevu TÚV je v OST inštalovaný stojatý zásobníkový ohrievač s predpokladaným objemom 300 l (bez štítu). Ohrev TÚV je v ňom zabezpečený samostatným doskovým výmenníkom tepla B28-76 výrobcu SWEP rok výroby 2002.

Zároveň je tu inštalovaný systém úpravy doplňovacej vody s automatickým dopĺňaním do systému ÚK. Prevádzka OST (obehových čerpadiel, regulačných ventilov pre jednotlivé okruhy ÚK a systému TÚV) je riadená riadiacim systémom SAUTER. Regulácia teploty vykurovacej vody je v závislosti na vonkajšej teplote vzduchu. Potrubia rozvodov ÚK a rozvodov TÚV v OST sú zaizolované mirelonovou izoláciou.

4.2 Rozvody ÚK

Rozvody ÚK sú z OST vedené do budovy niekoľkými samostatnými vetvami (*škola, Peugeot učebne, spoločenská miestnosť + šatne a dielne*). Rozvodné potrubia ÚK sú z ocelových rúr izolované čiastočne z mirelonu a čiastočne z minerálnej vaty. Do budovy sú vedené zavesené na konzolách pod stropom v podhladoch.

5 Vykurovací systém v budove

Vykurovací systém je teplovodný s projektovaným teplotným spádom 80/60°C. Ako vykurovacie telesá sú v miestnostiach inštalované rôzne typy radiátorov (liatinové 161 ks, plechové 47 ks a ocelové doskové radiátory 115 ks - SPOLU 323 ks). Ocelové radiátory majú inštalované regulačné ventily s termostatickými hlavicami. V dielňach vo veľkých priestoroch sú inštalované teplovzdušné vykurovacie jednotky 8 ks zn. GEA.

6 Zásobovanie školy TÚV

Rozvodné potrubia TÚV sú z ocelových rúr, izolované izolačnými trubicami z mirelonu. Do budov sú vedené zavesené na konzolách pod stropom v podhladoch. Teplá úžitková voda je z OST zo zásobníkového ohrievača, privedená výstupným a cirkulačným potrubím k miestam spotreby v budove (umývadlá, sprcha, **spolu 61 ks s využitím teplej vody**).

V budove je len 1 (nepoužívaná) sprcha a odberné miesta teplej vody sú na WC. Učebne, kabinety a kancelárie majú len studenú vodu. Výnimkou sú 3 prietokové elektrické ohrievače, ktoré sú umiestnené v zborovni, v miestnosti zástupkyne riaditeľa a v dielni.

7 Chladenie/klimatizácia priestorov

V budove školy nie sú zariadenia na chladenie vnútorných priestorov. Výnimku tvorí len serverovňa s plochou 10m². Výkon chladiča 5kW, princíp tepelného čerpadla, COP = 3,1.

8 Nútené vetranie

V budove nie je vzduchotechnika. (pozn.: v krytoch CO v suteréne je pôvodná v súčasnosti nevyužívaná vzduchotechnika z 50-tich rokov).

9 Osvetlenie

Celá osvetľovacia sústava je čiastočne zrekonštruovanom stave 30% (LED svietidla) inak v pôvodnom stave. Osvetlenie v miestnostiach školy je realizované svietidlami v prevažnej väčšine so stropnými lineárnymi žiarivkovými svietidlami rôznych veľkostí, v menšom počte klasickými žiarovkami a svietidlami s kompaktnými žiarivkami. Typy svietidiel sú zobrazené na obrázkoch nižšie. Počty jednotlivých svietidiel sú spísané v nasledujúcej tabuľke. **Inštalovaný príkon osvetlenia v škole je spolu 104 kW.**

10 VYHODNOTENIE SÚČASNÉHO STAVU

10.1 Zhodnotenie budov

Stav stavebných konštrukcií budov z tepelno - technického hľadiska je v súčasnosti nevyhovujúci. Budovy vykazujú vysoké straty obvodovým plášťom a výskyt tepelných mostov, vysoko **prekračujú maximálne hodnoty potreby tepla na vykurovanie**, nevyhovujú požiadavkám STN 73 0540* a nespĺňajú energetické kritérium. Všetky navrhované opatrenia na zlepšenie tepelno-technických vlastností sú popísané v kapitole 12.¹

10.2 Vyhodnotenie zdroja tepla, vykurovacej sústavy a prípravy TUV

Inštalovaný výkon zdroja tepla na ÚK je 850 kW, pri výpočte ročného využitia inštalovaného tepelného výkonu zdroja tepla, vychádza potreba tepla iba 520 hod/rok. Údaje sú uvedené v tabuľke základnej ročnej bilancie zdroja. Účinnosť zdroja predpokladáme na úrovni 94%.

Tabuľka 16 Základná ročná bilancia zdroja

Riadok	Ukazovateľ	Jednotka	Hodnota
1	Inštalovaný tepelný výkon celkom	MW	0,850
2	Spotreba tepla na ÚK	MWh	442
3	Dodávka tepla na ÚK (priemer za 5 rokov)	MWh	470
4	Ročná energetická účinnosť zdroja [(riadok 2)/riadok 3]	%	94
5	Špecifická spotreba tepla v palive na výrobu využiteľného tepla (riadok 3/riadok2)	MWh/MWh	1,11
6	Ročné využitie inštalovaného tepelného výkonu (riadok 2/riadok 1)	h/r	520

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Využitelnosť zdroja počas vykurovacej sezóny v Trnave (v priemere cca 190 dní) je len 11,5% inštalovaného výkonu. Z uvedeného vyplýva, že **Odvzdušňacia stanica tepla (OST)** je

¹ *Pozn.: Minimálne požiadavky na energetickú hospodárnosť budov sú určené technickými normami, ktorými sa má zabezpečiť splnenie základných požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov. Technická norma STN 73 0540-2 bližšie špecifikuje požadované hodnoty tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií a budov, ako aj základné kritériá požadované na budovy ako sú základné požiadavky na energetickú hospodárnosť (znižovanie potreby tepla na vykurovanie), udržiavanie tepla, zabezpečenie hygieny, ochrana zdravia užívateľov a životného prostredia. Uvedená technická norma vychádza z predpisov EÚ na zlepšovanie energetickej hospodárnosti s rešpektovaním podmienok nákladovej optimálnosti a v energetických auditoch sa využíva na posudzovanie stavebných a otvorových konštrukcií budov z hľadiska tepelných strát.

pri súčasnej spotrebe tepla a potrebe dodávky tepla pre areál školy výkonovo predimenzovaná.

Všetky technologické zariadenia vo výmenníkovej stanici sú vo vyhovujúcom technickom stave. Obsluha sa stará o celú prevádzku a pravidelne vykonáva údržbárske a servisné práce. Na vyhradených technických zariadeniach (výmenníky, expanzná nádoba, el. zariadenia) sa zabezpečuje pravidelná údržba, odborné prehliadky (revízie) v zmysle platnej legislatívy. **OST je v prevádzke už viac ako 15 rokov, čo znamená že prekročila hranicu svojej životnosti.**

Rozvody tepla a TÚV sú v pôvodnom stave. Vykurovacie telesá sa postupne menia (hlavne plechové radiátory) za novšie oceľové radiátory. Vykurovací systém nebola komplexne hydraulicky vyregulovaná, termostatická je len čiastočná.

10.3 Posúdenie energetickej efektívnosti dodávky tepla na vykurovanie

Na overenie toho, či v rámci vykurovania v budovách nedochádza k zbytočnému plytvaniu spotreby tepla resp. k prekurovaniu priestorov, bola porovnaná merná spotreba tepla na vykurovanie [kWh/D°]. Podľa letnej spotreby tepla (len TÚV) sme rozdelili koľko z celkového dodaného tepla sa spotrebovalo len na vykurovanie (ÚK) pričom pri bilancii tepla sa zohľadnili straty na zdroji a vo vykurovacom systéme. V tomto prípade je nutné zohľadniť aj vonkajšie klimatické podmienky v danom porovnávacom období a to počtom dennostupňov. **Počet dennostupňov D°** za určité časové obdobie charakterizuje klimatické podmienky. Čím sú klimatické podmienky náročnejšie, teda čím je vonku chladnejšie, tým je počet dennostupňov vyšší.

Z pohľadu vonkajšieho počasia bol rok 2017 najchladnejším v porovnaní s ostatnými rokmi. Rok 2020 sa jasne odlišuje v ukazovateľoch napriek vyšším D° je spotreba najnižšia, ide o pandemický rok, kedy bola obmedzená výučba. **Merná spotreba tepla na vykurovanie [kWh/D°], za predpokladu rovnakého užívateľského správania, by sa mala pohybovať na rovnakej úrovni (2016 až 2019 takmer identické).**

10.4 Porovnanie spotreby tepla ÚK s vypočítanou potrebou tepla na vykurovanie hlavnej budovy

Ak porovnáme merné spotreby tepla za roky 2016-2020 s vypočítanou mernou potrebou tepla. Hodnota prevzatá z tepelno-technického posudku (325 kWh/D°) zistíme, že ukazovateľ reálnej spotreby tepla je nižší o 50 % ako výpočtová hodnota. **Tento výsledok poukazuje na to, že nedochádza k prekurovaniu vnútorných priestorov budov, dokonca ide o veľmi úsporné hospodárenie s teplom.**

Dodávka tepla na vykurovanie ÚK	2016	2017	2018	2019	2020	Vypočítaná potreba tepla na vykurovanie*
	[MWh]					
Teplo dodané do budovy	473	512	453	444	328	1 113

Dennostupne [°D]	3084	3194	2679	2699	2865	3422
Merná spotreba tepla [kWh/D°]	153	160	169	165	115	325

Tabuľka 17 Popis spotreby ÚK s vypočítanou potrebou tepla na vykurovanie hlavnej budovy

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

11 Zhodnotenie prípravy teplej vody (TÚV)

Spotreba teplej vody nie je zaznamenaná. **Podiel tepla na prípravu teplej úžitkovej vody z celkovej dodávky je na úrovni 9%.** tzn. ročná spotreba tepla na ohrev TÚV je cca 44 MWh. Kapacita ohrievača 300 l je dostačujúca. Pri dodávke teplej vody dochádza k značným tepelným stratám v rozvodoch, v súvislosti s nutnou cirkuláciou teplej vody v rámci celého areálu v cirkulačnom potrubí teplej úžitkovej vody.

Vyhodnotenie spotreby elektriny

Areál školy je pripojený do distribučnej el. sústavy spoločnosti Západoslovenská distribučná, a.s. Pripojovacie miesto z hľadiska merania je na napäťovej úrovni NN 0,4 kV, max. prúdová hodnota hlavného ističa je na úrovni **3 x 250 A. Rezervovaná kapacita (RK) el. výkonu je nastavená na 174 kW.**

Tabuľka 18 Základné parametre odberného miesta

EIC kód	OM	Napájacie napätie	Distribučná sadzba	Rezervovaná kapacita [kW]			Druh tarify
				Hodnota	Namerané ¼ hod. max. v 2019	Maximálna rezervovaná kapacita [kW]	
24ZZS209290100V	4209290100	NN	C2 – X3	250	100,7	174	2T

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Meranie elektrickej energie je zabezpečené na NN strane meračom pre celý areál. Meranie odobratej elektrickej energie je realizované pomocou diaľkového odpočtu (typ merania A) so sledovaním ¼ hodinového odoberaného maxima rezervovanej výkonovej kapacity. Nameraná hodnota ¼ maxima neprekročila počas celého roka 2019 rezervovanú kapacitu. Významné rozdiely sú v spotrebe elektriny v zimných a letných mesiacoch.

Spotreba elektrickej energie je v rámci dňa variabilná, úzko previazaná s prevádzkou školy, vyplýva to z analýzy hodinových spotrieb. Počas víkendov, sviatkov a hlavne prázdnin, kedy sa nevyučuje je zaťaženie siete do 25 kW. Počas prevádzky v zime od 8 kW do 90 kW. a v lete od 2,5 kW do 25 kW.

Hodinová spotreba elektriny počas roka neklesne pod 2,5 kW, túto hodnotu je možné považovať ako základnú spotrebu elektriny na pokrytie nutnej prevádzky.

Záver:

Na základe analýzy spotreby elektriny navrhujem znížiť rezervovanú kapacitu z 250 A na 190A (pozri pozn.), zníži sa mes. poplatok zo 165 € na 125 €. Na získavanie informácie o svojich meraných spotrebách elektriny odporúčam sledovať webportal - diportal Západoslovenskej distribučnej, a.s.

12 Návrh úsporných opatrení

Úsporné opatrenia je možné deliť podľa:

a) rozsahu investície

bez nákladové - opatrenia sú organizačného charakteru, napr. dojednanie lepších cenníkových cien, zníženie rezervovanej kapacity pri elektrine, dodržovanie vnútorných teplôt v jednotlivých priestoroch, pravidelné vyhodnocovanie spotrieb energie, obmedzenie svietenia na dobu pobytu osôb v priestoroch atď.

nízko nákladové - opatrenia, ktoré pri pomerne malých investičných nákladoch prinášajú úsporu energie.

vysoko nákladové - opatrenia spojené s vyššou investičnou náročnosťou, napr. stavebná **rekonštrukcia objektov (výmena okien, zateplenie), nákup novej technológie a pod.**

b) podľa veľkosti úspor a ekonomickej návratnosti opatrenia

opatrenia s rýchlou dobou ekonomickej návratnosti - také opatrenia, ktoré dosahujú vysoké úspory energie a ich investícia sa spláca z úspor v kratšom časovom horizonte do 5 rokov.

opatrenia nenávratné alebo s vysokou dobou ekonomickej návratnosti - sú to opatrenia smerujúce obecné ku znižovaniu energetickej náročnosti.

c) zlepšenie tepelno-technických vlastností stavebných konštrukcií budov

Na zlepšenie tepelno-technických vlastností stavebných konštrukcií a zníženie tepelných strát sa navrhuje obnova pôvodných stavebných konštrukcií.

12.1 Hlavná budova školy

Navrhované opatrenia:

- **Podlaha na teréne v 1.PP:** Vzhľadom na nevykurované priestory pivnice sa nenavrhuje zateplenie podlahy.
- **Obvodová stena pod terénom:** Vzhľadom na nevykurované priestory pivnice sa nenavrhuje zateplenie podzemných obvodových stien.
- **Obvodová stena nad terénom:** Navrhuje sa kontaktné dodatočné zateplenie v takej hrúbke tepelnej izolácie, aby bola splnená povinná požiadavka tepelnotechnickej normy STN 73 0540-2—súčiniteľ prechodu tepla obvodovou stenou $U \leq 0,22 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Predpoklad min. 150mm tepelnej izolácie, z dôvodov protipožiarnej ochrany minerálna vata.
- **Strop nad 4.NP** = podlaha 5.NP = podlaha dnes nevykurovaného podstrešného priestoru. Ak sa nezrekonštruje podkrovie, (ponechaný nevykurovaný podstrešný priestor), potom navrhujeme jednoznačne treba zatepliť strop 4.NP. Ak sa zrekonštruje podkrovie a zmení sa na vykurovaný priestor, potom netreba zatepľovať stropnú konštrukciu, ale len okrajové časti stropu 4.NP a šikmú strechu. Rozhodnutie o rekonštrukcii podkrovia ovplyvňuje rozhodnutie o (ne)zateplení stropu 4.NP. Treba rozhodnúť v tom istom čase o oboch otázkach vo vzájomnom súlade..
- **Pôvodné okná s dreveným rámom:** tieto okná sú najmä v pivničných priestoroch a v pomocných nadzemných priestoroch (sklady apod.). Tieto okná s dreveným rámom a dvojsklom sú veľmi často poškodené (jedno alebo dve sklá sú rozbité, rám je netesný apod.). Tieto okná navrhujeme kompletne vymeniť. Tam, kde sú miestnosti so stálym vykurovaním, treba použiť trojsklo. tam, kde sa nevykuruje a ani sa neuvažuje v budúcnosti vykurovať, môže sa uvažovať s izolačným dvojsklom z úsporných finančných dôvodov.
- V učebniach, kanceláriách, kabinetoch, chodbách apod. boli kompletne vymenené okná. Tieto okná vyhovujú tepelnotechnickej STN 73 0540-2 ($U \leq 1,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, platí pre okná na budovách, kde čiastkové stavebné úpravy boli vykonané v minulosti.) Tieto okná sa ponechajú.
- **Sklobetón:** Komunikačné priestory (schodiská) sú osvetlené veľkoplošnými sklobetónovými stenami. Tieto steny majú nízku priepustnosť denného osvetlenia a spôsobujú extrémne vysoké tepelné straty. V chladných zimných obdobiach sa zvykne na vnútornom povrchu sklobetónových stien tvoriť kondenzát (čo výrazne zvyšuje riziko vzniku hygienicky problémových plesní). Sklobetónové steny navrhujeme jednoznačne odstrániť. Navrhujeme redukovať presklenú plochu pri dodržaní požiadaviek na denné osvetlenie.

Komentár k zatepleniu stropu 4.NP:

Škole sa postupne redukovú priestory. Škola potrebuje úbytok svojich priestorov v školskom areáli nahradiť novými priestormi. Riešením je využitie v súčasnosti nevykurovaného skladového podstrešného priestoru nad 4.NP. Ak by sa išlo touto logickou cestou, potom z tohto vyplýva, že strop 4.NP netreba zatepľovať, nakoľko nad 4.NP bude trvalo vykurovaný priestor.

- ak by sa zatepľoval strop 4.NP, tak by sa zateplilo cca $1\,233\text{m}^2$ stropu.
- ak sa vybuduje podkrovie, bude potrebné vybudovať (zatepliť) cca 1400m^2 konštrukcií (nízka zvislá stena, šikmá strecha a vodorovný strop), avšak pribudne cca $1\,100\text{m}^2$ novej podlahovej plochy! Vybudovaním podkrovia sa navýši kapacita hlavnej budovy o cca 20%.

Komentár k výmene sklobetónu

V tomto prípade bude potrebné zaistiť dostačujúcu úroveň intenzity dennej osvetlenosti v schodiskovom priestore. Veľká presklená plocha teplotne „rozkývava“ budovu (v lete prehrieva, v zime ochladzuje). Veľké presklenie je nielen zbytočné, ale aj kontraproduktívne. Navrhujeme svetlo technickou štúdiou v spolupráci s architektom stanoviť primerané rozmery pre okenný osvetľovací otvor na schodisku. Navrhujem vyplniť otvory izolačným trojsklom s minimalizovaním plochy rámov, prevažujúce zasklenie by bolo fixné pri umožnení otvárateľnosti niektorých častí okien pre účely (ručného) vetrania.

Svetelná priepustnosť TL – percentuálny podiel slnečného žiarenia vo viditeľnom slnečnom spektre (380-780nm), ktoré je prenášané z exteriéru do interiéru. Čím je hodnota TL(%) vyššia, tým viac svetla sa prenáša do interiéru.

Redukcia plochy výplne otvorov: Súčasná sklobetónová výplň má svetelnú priepustnosť TL = okolo 45%. Bežné trojsklo má TL = 67%. Nové sklobetónové steny majú TL = 70-75%. Až na základe svetlo technického posúdenia a architektonického pohľadu na budovu sa dá uvažovať ako ďalej. Z tepelnotechnického hľadiska je ideálne znížiť plochu otvoru.

Architektonický výraz fasády: Sklobetón bol kedysi častým materiálom pre výplne otvorov a

v niektorých prípadoch tam jednoducho esteticky stále patrí aj po rekonštrukcii. Sklobetón má nízky tepelný odpor „presklenia“. Dnes už aj tento problém je technicky riešiteľný (špeciálne duté sklobetónové bloky vyplnené inertným plynom), avšak cena je podstatne vyššia. Trojsklo je 4-5 krát lacnejšie ako špeciálne tepelnotechnické sklobetóny.

Priemerný súčiniteľ prechodu tepla obálky po rekonštrukcii je $0,51 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Tepelné straty budovy vypočítané na nový stav sú po zateplení **266,8 kW** (pri vonkajšej teplote $t_e = -12^\circ\text{C}$ a vnútornej teplote $t_i = 20^\circ\text{C}$).

Tabuľka 19 Rozdelenie tepelných strát administratívnej budovy-navrhovaný stav

Typ konštrukcie	Tepelná strata [W]
Steny	12,7
Strecha	6,0
Okna a dvere	38,8
Podlaha	12,3
Tepelné mosty	17,2
Vetrание	179,8
SPOLU	266,8

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tabuľka 20 Vypočítaná potreba tepla na vykurovanie - navrhovaný

Budova	Vykurovanie
Potreba tepla na vykurovanie	385 930 kWh/(budova.rok)
Merná potreba tepla na vykurovanie	63 kWh/(m ² .rok)

12.2 Spojovací trakt

Prechodová časť medzi hlavnou budovou školy a spoločenskou miestnosťou: výmena sklobetónu a zateplenie obvodovej steny.

Tabuľka 21 Vypočítaná hodnota potreby tepla na vykurovanie - navrhovaný stav

Budova	Vykurovanie
Potreba tepla na vykurovanie	5 857 kWh/(budova.rok)
Merná potreba tepla na vykurovanie	54 kWh/(m ² .rok)

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tepelná strata tejto časti budovy klesnú na zo 16,3 kW na **4,6 kW**.

12.3 Spoločenská miestnosť

Navrhované opatrenia:

- **Podlaha na teréne v 1.PP:** Vzhľadom na nevykurované priestory pivnice sa nenavrhuje zateplenie podlahy.
- **Obvodová stena pod terénom:** Vzhľadom na nevykurované priestory pivnice sa nenavrhuje zateplenie podzemných obvodových stien.
- **Obvodová stena nad terénom:** Navrhuje sa kontaktné dodatočné zateplenie v takej hrúbke tepelnej izolácie, aby bola splnená povinná požiadavka tepelnotechnickej normy STN 73 0540-2 – súčiniteľ prechodu tepla obvodovou stenou $U \leq 0,22 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Predpoklad min. 150mm tepelnej izolácie, z dôvodov protipožiarnej ochrany minerálna vata.
- **Strop spoločenskej miestnosti:** Súčasný stav je extrémne poddimenzovaný z hľadiska súčiniteľa prechodu tepla. Navrhujem zvýšiť zateplenie strop – fúkaná minerálna vata v hr.min.300 mm, max.hr.400. (Bude nutné overiť statiku dreveného priehradového väzníku po prifažení dodatočným zateplením). Nad nafúkanou tepelnou izoláciou treba zhotoviť komunikačné chodníky či celú pochôdznu plochu (kontrola, opravy, údržba).
- **Pôvodné okná s dreveným rámom:** Tieto okná navrhujem kompletne vymeniť.
- V spoločenskej miestnosti boli kompletne vymenené okná. Tieto okná vyhovujú tepelnotechnickej STN 73 0540-2 ($U \leq 1,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, platí pre okná na budovách, kde čiastkové stavebné úpravy boli vykonané v minulosti.) Tieto okná sa ponechajú.
- **Sklobetón:** Komunikačné priestory (schodiská) sú osvetlené veľkoplošnými sklobetónovými stenami. Tieto steny majú nízku priepustnosť denného osvetlenia a spôsobujú extrémne vysoké tepelné straty. V chladných zimných obdobiach sa zvykne na vnútornom povrchu sklobetónových stien tvoriť kondenzát (čo výrazne zvyšuje riziko vzniku hygienicky problémových plesní). Sklobetónové steny navrhujeme jednoznačne odstrániť. Navrhujem redukovať presklenú plochu pri dodržaní požiadaviek na denné osvetlenie.

Komentár k nezatepleniu podlahy 1.NP a zatepleniu stropu 1.NP:

Na časti 1.NP sú trvalo vykurované priestory (jazykové učebne, šatne, CNC učebňa). Ak je tam vykurovaný priestor, potom nemá význam zateplovať strop týchto vykurovaných priestorov. V miestach, kde nie je trvalo vykurovaný priestor, navrhujeme zatepliť strop (100mm minerálna vata). Vo vykurovaných priestoroch by malo význam zatepliť tepelne neizolovanú podlahu na teréne. Avšak zateplenie podlahy na teréne znamená výškové „rozhodenie“ 1.NP, čo by vyvolalo značné druhotné stavebné úpravy. Vzhľadom na vysokú finančnú náročnosť podobných úprav nenavrhujem zateplenie podlahy na teréne.

Priemerný súčiniteľ prechodu tepla obálky po rekonštrukcii je $0,32 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Tepelné straty budovy vypočítané na nový stav sú po zateplení **47,1 kW** (pri vonkajšej teplote $t_e = -12^\circ\text{C}$ a vnútornej teplote $t_i = 20^\circ\text{C}$).

Tabuľka 22 Rozdelenie tepelných strát hlavnej budovy - navrhovaný stav

Typ konštrukcie	Tepelná strata [W]
Steny	5,6
Strecha	2,8
Okna a dvere	5,5
Podlaha	6,6
Tepelné mosty	2,2
Vetranie	24,3
SPOLU	47,1

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tabuľka 23 Vypočítaná potreba tepla na vykurovanie - navrhovaný

Budova	Vykurovanie
Potreba tepla na vykurovanie	72 738 kWh/(budova.rok)
Merná potreba tepla na vykurovanie	37 kWh/(m ² .rok)

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

12.4 Dielne

Navrhované opatrenia:

- **Podlaha na teréne v 1.PP:** Vzhľadom na nevykurované priestory pivnice sa nenavrhuje zateplenie podlahy.
- **Zateplenie stropu 1.PP:** v miestach, kde sú nevykurované priestory a kde je to možné
- **Obvodová stena pod terénom:** Vzhľadom na nevykurované priestory pivnice sa nenavrhuje zateplenie podzemných obvodových stien.
- **Obvodová stena nad terénom:** Navrhuje sa kontaktné dodatočné zateplenie v takej hrúbke tepelnej izolácie, aby bola splnená povinná požiadavka tepelnotechnickej normy STN 73 0540-2 – súčiniteľ prechodu tepla obvodovou stenou $U \leq 0,22 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Predpoklad min. 150mm tepelnej izolácie, z dôvodov protipožiarnej ochrany minerálna vata.
- **Zateplenie stropu dolnej chodby:** (deliaca konštrukcia medzi dolnou vykurovanou chodbou a hornou nevykurovanou chodbou) tak, aby sa dosiahla úroveň súčiniteľa prechodu tepla stropu minimálne $U \leq 0,19 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a lepšia (teda nižšia)
- **Strecha 1.NP:** Strecha je zateplená polystyrénom hr.200mm. Hydroizolácia je v dobrom stave. Navrhujeme ponechať súčasný stav.
- **Výplne otvorov - okenné konštrukcie:**

Kombinovaný pôvodný okenný pás v dielňach

Tieto okná sa navrhujú kompletne odstrániť a nahradiť zasklením čírym izolačným trojsklom. Dá sa predpokladať, že pre zachovanie požadovanej úrovne denného osvetlenia bude stačiť menšia presklená plocha, čo by prispelo k nižším prevádzkovým nákladom (vykurovanie v zime a chladenie v lete) a k lepšej tepelnej stabilite miestností (v lete menšie prehrievanie a v zime menšie prechladzovanie od okien).

Okenný pás hornej chodby nad úrovňou strechy

V hornej chodbe boli kompletne vymenené okná. Tieto okná vyhovujú tepelnotechnickej STN 73 0540-2 ($U \leq 1,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, platí pre okná na budovách, kde čiastkové stavebné úpravy boli vykonané v minulosti.) Tieto okná sa ponechajú.

Komentár k výmenne okien:

Pred konečným návrhom výmeny okien sa navrhuje vypracovať svetlo technickú štúdiu zameranú na denné osvetlenie dielní. Budova dielní je tvorená trojtraktom dielňa-chodba-dielňa. Dielne sú široké cca 12m, čo je veľmi hlboký priestor pre stranové denné osvetlenie. Pôvodný návrh denného osvetlenia práve z tohto dôvodu obsahoval akúsi chodbu nad chodbou. Hlavným účelom tejto hornej chodby bolo sprostredkovať denné osvetlenie do kritických častí dielni (kritických z hľadiska úrovne denného osvetlenia). Tieto prisvetľovacie vnútorné presklenia sú plošne nedostatočné a sklo je pretreté či zakryté (čo výrazne znižuje efektivitu denného osvetlenia).

Navrhuje sa posúdiť možnosť výmeny pôvodného prisvetľujúceho zasklenia za izolačné dvojsklo (trojsklo už nie, nakoľko každé 4mm sklo znižuje dennú osvetlenosť o cca 9%) a jeho zásadného plošného rozšírenia. (Plošným rozšírením presklenej plochy izolačným dvojsklom

by sa v zásade zároveň riešila otázka zateplenia steny hornej chodby, ktorá oddeľuje nevykurovanú hornú chodbu od vykurovaných priestorov dielni. Problémom však budú vonkajšie okná hornej chodby. Tieto okná majú nízku presklenú plochu.

Podobnú dôkladnú pozornosť je potrebné venovať extrémne svetlotechnicky a teplotne nevyhovujúcim výplňam otvorov v obvodových stenách. Z hľadiska osvetlenia je pre nás najcennejšie presklenie osadené čím vyššie (úroveň denného osvetlenia plochy tesne pri oknách nebýva problémom. Avšak intenzita denného osvetlenia sa znižuje so štvorcovou vzdialenosťou posudzovanej plochy od okna. Preto horné presklenie je rozhodujúce pre osvetlenie v odľahlých priestoroch od okien.) V dolnej časti okien je zase dôležité mať pohodlne obsluhovateľné okná, ktoré sa dajú otvárať pre účely (ručnej) výmeny vzduchu.

Ak by nebolo zrealizované zateplenie plochej strechy, navrhuje sa riešenie kritických vnútorných zón svetlými. Avšak do už hotového strešného súvrstvia nie je vhodné zasahovať. Treba vystačiť osvetlením z obvodovej steny a cez hornú chodbu rozšírenými otvormi.

12.5 Komentár k prístrešku pre autobus:

- prístrešok je „prilepený“ k východnej fasáde budovy dielni
- prístrešok už neplní svoju pôvodnú funkciu
- prístrešok zásadne znižuje úroveň denného osvetlenia v dotknutej zóne
- ak nie sú treba skladové priestory, potom demontáž prístrešku výrazne zlepší úroveň denného osvetlenia v predmetnej zóne
- Navrhujem na základe svetlotechnickej štúdie s prihliadnutím na architektonický výraz budovy a na teplotnú stránku stanoviť vyváženú plochu, konštrukciu a tvar okien. Úvaha smeruje k zníženiu jestvujúcej okennej plochy, k obmedzeniu plochy okenných rámov, k osadeniu prijateľne veľkej časti fixného zasklenia, izolačnému trojsklu.

Priemerný súčiniteľ prechodu tepla obálky po rekonštrukcii je $0,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Tepelné straty budovy vypočítané na nový stav sú po zateplení **47,1 kW** (pri vonkajšej teplote $t_e = -12^\circ\text{C}$ a vnútornej teplote $t_i = 20^\circ\text{C}$).

Tabuľka 24 Rozdelenie tepelných strát administratívnej budovy - navrhovaný

Typ konštrukcie	Tepelná strata [W]
Steny	12,1
Strecha	11,2
Okna a dvere	13,9
Podlaha	15,5
Tepelné mosty	12,7
Vetrание	52,3
SPOLU	117,9

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tabuľka 25 Vypočítaná potreba tepla na vykurovanie - navrhovaný stav

Budova	Vykurovanie
Potreba tepla na vykurovanie	162 099 kWh/(budova.rok)
Merná potreba tepla na vykurovanie	42 kWh/(m ² .rok)

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

13 Celkové zhrnutie

Tabuľka 26 Úspora tepla na vykurovanie pred obnovou a po obnove

Vypočítaná hodnota potreby tepla z tepelno-technického posúdenia budovy			Merná potreba tepla na vykurovanie		
BUDOVA	Pôvodný stav [kWh/rok]	Navrhovaný stav [kWh/rok]	Úspora [kWh/rok]	Pôvodný stav [kWh/m ² .rok]	Navrhovaný stav [kWh/m ² .rok]
Hlavná budova	646 858	385 930	260 927	131	63
Spojovací trakt	26 240	5 857	20 383	244	54
Spoločenská miestnosť	241 753	72 738	169 016	124	37
Dielne	284 193	162 099	122 094	74	42
SPOLU	1 199 044	626 624	572 420	111	52

Vypočítaná úspora potreby tepla na vykurovanie je 48 %.

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tabuľka 29 Ekonomické hodnotenie opatrenia

Zateplenie obvodových stien a výmena okien		Merná jednotka
INV na realizáciu opatrenia	800 000	EUR
Ročná úspora energie	247	MWh
Miera úspory energie	48	%
Ročná úspora nákladov na energiu*	8 578	EUR
Dĺžka technickej životnosti opatrenia	30	Rokov
Jednoduchá doba návratnosti investície	93	Rokov

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Zníženie energetickej náročnosti budov školy je možné dosiahnuť vysokou investíciou s veľmi vysokou návratnosťou.²

² Veľkou nevýhodou pri ekonomickom hodnotení je skutočnosť, že pri predpokladanej takmer 50% úspore tepla sa táto úspora adekvátne neprejaví v aj nákladov za teplo, pretože viac ako 90% z celkových nákladov za teplo predstavuje fixná časť ceny, ktorá sa platí bez ohľadu na to koľko tepla spotrebuje resp. nespotrebuje. Variabilná zložka ceny za teplo je v Trnave minimálna (odpadné teplo z jadrovej elektrárne JB).

Tabuľka 27 Prehľad fixných a variabilných nákladov za teplo z CZT v Trnave

fixné náklady			variabilné náklady	
Rok	EUR	podiel	EUR	podiel
2016	24 643,55	86,8%	3 759,68	13,2%
2017	22 137,41	86,7%	3 407,50	13,3%
2018	25 046,62	89,5%	2 951,02	10,5%
2019	28 840,41	91,3%	2 740,97	8,7%
2020	28 862,34	93,6%	1 983,54	6,4%

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

13.1 Modernizácia zdroja tepla - OST

OST má rok výroby 2005 je v prevádzke viac ako 15 rokov. Má preto zmysel uvažovať nad návrhom nového zdroja, ktorý bude pracovať efektívnejšie a s vyššou účinnosťou a moderným riadením a reguláciou.

Navrhuje sa, **kvôli zabezpečeniu spoľahlivosti dodávky tepla pre školu**, jestvujúcu OST modernizovať za novú kompaktnú odovzdávaciu stanice tepla s nižšími výkonovými parametrami³.

Tabuľka 28 Tepelné straty objektov školy pred a po opatreniach

Tepelná strata školy		
Posudzované objekty	Pred opatreniami [kW]	Po opatreniach [kW]
Hlavná budova	356	267
Spojovací trakt	16	5
Spoločenská miestnosť	120	47
Dielne	190	118
SPOLU	682	436

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

³ Po realizácii stavebných opatrení sa zníži tepelná strata budov

Tabuľka 29 Ekonomické hodnotenie výmeny OST

Výmena OST	Merná jednotka	
INV na realizáciu opatrenia	75 000	EUR
Ročná úspora energie – ZP	26	MWh/rok
Elektrická energia	3	MWh/rok
Miera úspory energie	5	%
Ročná úspora nákladov na energiu	895	EUR
Dĺžka technickej životnosti opatrenia	15	Rokov
Jednoduchá doba návratnosti investície	84	Rokov

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

13.2 Hydraulické vyregulovanie a termostatizácia

Pre zabezpečenie správnej funkcie vykurovacej sústavy v budove v rôznych prevádzkových stavoch počas vykurovacieho obdobia je nevyhnutné, aby vykurovacia sústava bola hydraulicky stabilná a energeticky efektívna. Vlastník budovy je povinný podľa § 8 zákona č.300/2012 Z.z. po vykonanej obnove budovy zabezpečiť hydraulické vyregulovanie vykurovacej sústavy budovy. Zabezpečenie splnenia tohto opatrenia si vyžaduje spracovanie samostatného projektu hydraulického vyregulovania, ktorý zohľadní zmenené parametre teploty látky zariadenia na výrobu tepla resp. dodávky tepla, režim vykurovania a tepelné straty budovy vyvolané obnovou budovy.

Termoregulačné ventily nainštalované na vykurovacích telesách umožňujú automatickú reguláciu teploty v miestnosti a zabráňujú zbytočnému prekurovaniu. Ventil s termostatickou hlavicou automaticky obmedzí prietok vykurovacej vody v dobe slnečného žiarenia do miestnosti s oknami, alebo pri pôsobení iných zdrojov tepla.

Tabuľka 30 Ekonomické hodnotenie - hydraulického vyregulovania vykurovacej sústavy a jej termostatizácia

Hydraulické vyregulovanie a termostatizácia	Merná jednotka	
INV na hydraulické vyregulovanie vykurovacej sústavy	25 000	EUR
INV na termostatizáciu	15 000	EUR
Spolu:	40 000	EUR
Ročná úspora energie	51	MWh
Miera úspory energie	10	%
Ročná úspora nákladov na energiu	1 787	EUR
Dĺžka technickej životnosti opatrenia	15	Rokov
Jednoduchá doba návratnosti investície	22	Rokov

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

13.3 Inštalácia solárneho zariadenia na prípravu TÚV

Návrh inštalovať slnečné kolektory na streche budovy vyplynul z možnosti ušetriť približne 30% nakupovanej primárnej energie na prípravu teplej úžitkovej vody. Pri návrhu bolo počítané s priemernou ročnou spotrebou energie na prípravu TÚV **44 MWh**.

V rámci technického riešenia je uvažované s inštaláciou 12 kusov slnečných kolektorov s celkovou plochou 21,6m² a akumuláčného zásobníka na teplú vodu.

Domnievame sa že opatrenie je nákladovo neefektívne, nakoľko technická životnosť zariadení prekračuje hranicu finančnej návratnosti opatrenia. **Z tohto dôvodu toto opatrenie nenavrhuje realizovať.**

13.4 Inštalácia fotovoltického systému na výrobu elektriny

Cieľom tohto opatrenia je výroba elektriny pre vlastnú spotrebu. Východiskovým kritériom pre návrh inštalovaného výkonu fotovoltických panelov je ročná spotreba elektriny v budove. Dôležitým kritériom pri stanovení výkonu zariadenia je bazická hodinová spotreba elektriny v budove počas trvania slnečného svitu, ktorá neklesne pod 2,5 kW. Navrhujeme FVE s celkovým inštalovaným výkonom 25 kWp, čo zodpovedá ploche fotovoltických panelov okolo 130 m². Ako vhodné miesto navrhujeme využitie rovnej strechy Dielni. Inštalácia fotovoltickej elektrárne – ako lokálny zdroj v zmysle zákona 309/2009 Z.z. (ďalej len FVE).

Charakteristika navrhovaného systému:

- Druh systému: On Grid systém, hybridná s akumuláciou energie*.
- Počet elektrických fáz systému: trojfázový systém.
- Navrhovaný špičkový výkon systémov: 25 kWp.
- Odhadovaná ročná výroba energie: 27 MWh.
- Potrebná voľná plocha strechy cca: 135 m².

13.5 Návrh opatrení pre vnútorné osvetlenie

Pri tomto opatrení navrhujeme pokračovať v prebiehajúcom nahradzovaní svietidiel, v ktorých sú pôvodné svetelné zdroje s nižšou účinnosťou nahradzované za hospodárnejšie. Účinnosť svetelného zdroja je vyjadrená merným svetelným tokom lm/W. Celková hodnota svetelného toku pôvodných svietidiel sa po modernizácii meniť nebude, avšak na jeho dosiahnutie bude postačovať nižší celkový príkon nových svietidiel, čím dôjde k zníženiu inštalovaného príkonu na osvetlenie. S rekonštrukciou elektroinštaláčnych rozvodov sa neuvažuje.

V tomto prípade sa jedná o ekonomicky efektívne opatrenie, nakoľko technická životnosť prekračuje hranicu jeho finančnej návratnosti. **Z tohto dôvodu toto opatrenie navrhujeme realizovať.**

13.6 Zavedenie systému energetického manažmentu

Aby bolo možné v budúcnosti presne vyhodnocovať spotreby energií je nutné doplniť okrem hlavného meračov aj podružné meranie elektriny a teplej vody. Tieto údaje je potrebné spracovať v počítači a vytvoriť tak prehľad o spotrebe médií v reálnom čase. Systém energetického manažmentu (ďalej len „EMS“) je komplexný systém merania,

zaznamenávania, porovnávaní a vyhodnocovania spotreby jednotlivých foriem energií na úrovni celého subjektu (fakturované náklady), jednotlivých oblastí spotreby energie (spotreba), za účelom návrhu, realizácie a vyhodnocovania úsporných opatrení. Odhad nákladov a benefitov riešenia vychádza z odhadu úspor a odhadu počtu inštalovaných meradiel a snímačov do objektu. Pri ekonomickom hodnotení opatrenia sú uvažované okrem investičných nákladov a generovaných úspor, tiež náklady na prevádzku systému.

Tabuľka 31 Ekonomické vyhodnotenie implementácie EMS

Zavedenie EMS	Merná jednotka
EMS – Investícia (jednorazová)	12 500 €
EMS – Prevádzka (ročne)	500 €
Jednoduchá návratnosť	Rokov

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tabuľka 32 Súhrnná tabuľka posudzovaných vysoko nákladových opatrení

Úsporné opatrenia	Miera a potenciál energetických úspor			
	Potenciál úspor		Odhad nákladov	Jednoduchá návratnosť
	[EUR]	[MWh]	[EUR]	[roky]
Zateplenie obvodových stien a výmena okien	8 578	247	800 000	93
Modernizácia zdroja tepla - OST	895	26	75 000	84
Hydraulické vyregulovanie a termostatizácia	1 787	51	40 000	22
Inštalácia solárneho zariadenia na prípravu TÚV	208	13	20 000	96
Inštalácia fotovoltického systému na výrobu elektriny	3 166	22	55 000	17,4
Osvetlenie	2 200	17	25 000	11,4
Zavedenie systému energetického manažmentu				12 500

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

14 Ekonomické hodnotenie

Pre „OPATRENIE NA ZNÍŽENIE SPOTREBY ENERGIE“ boli vypočítané základné ukazovatele.

1. Jednoduchá doba návratnosti, doba splatenia investície

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

Kde IN = investičné náklady

CF = ročné prínosy (cash – flow projektu, zmena peňažného toku po realizácii opatrení)

2. Reálna doba návratnosti, doba splatenia investície pri uvažovaní diskontnej sadzby

T_{sd} sa vypočíta z podmienky

$$0 = \sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \times (1 + r)^{-t} - IN$$

Kde CF_t – ročné prínosy projektu (zmena peňažných tokov po realizácii projektu)

r – diskontný faktor

$(1 + r)^{-t}$ - odúčročiteľ

3. Čistá súčasná hodnota (NPV)

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} \frac{CF_t}{(1 + r)^t} - IN$$

Kde CF_t – Cash – Flow projektu v roku t

r – diskont

t – hodnotené obdobie (1 až n rokov)

T_z – doba životnosti zariadenia

4. Vnútorné výnosové percento (IRR)

$$0 = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \times (1 + IRR)^{-t} - IN$$

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tabuľka 33 Výsledky ekonomického hodnotenia

Ukazovateľ	Hodnota	Jednotka
Náklady na realizáciu súboru opatrení	1 007 500	EUR
Zmena nákladov na zabezpečenie energie (-zníženie/+zvýšenie)	-16 626	EUR/rok
Prínosy z realizácie súboru opatrení celkom	16 626	EUR/rok
Doba hodnotenia	15	rok
Diskontný faktor	2	%
Jednoduchá návratnosť (TS)	78,3	rok
Reálna návratnosť (Tsd)	89,8	rok
Čistá súčasná hodnota (NPV)	-826 061	EUR
Vnútorne výnosové percento (IRR)	-15,80	%

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

15 Environmentálne hodnotenie

V environmentálnom hodnotení sú uvedené názvy znečisťujúcich látok a skleníkových plynov, vypočítané emitované množstvo emisií v priemere za roky 2016 až 2020 a predpokladaný stav po realizácii súboru opatrení.

Pri prepočte produkcie emisií boli použité emisné koeficienty ako sú uvedené v nasledovnej tabuľke.

Tabuľka 34 Použité emisné koeficienty

Emisie	Elektrická energia	Teplo (1,5% ZP, atómová el. JB 98,5%)
	[kg/MWh paliva]	[kg/MWh]
TZL	0,178	0,000125
SO ₂	0,450	0,000015
NO _x	0,890	0,002441
CO	0,978	0,000986
CO ₂	167*	3,3*

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

Tabuľka 35 Emisie znečisťujúcich látok

Emisie	Pôvodný stav [t/rok]	Po realizácii opatrení [t/rok]	Rozdiel - úspora emisií [t/rok]
Tuhé látky	0,019	0,013	0,007
SO ₂	0,049	0,032	0,017
NO _x	0,098	0,063	0,035
CO	0,107	0,069	0,038
CO ₂	19,926	12,370	7,555

Zdroj: Energetický audit, EA_SPŠ_TT.pdf, Ing. Andrej Fáber, Bratislava 2021

16 ZÁVER

Podstatou a cieľom vypracovanej analýzy zariadenia bolo identifikovať jej energetickú potrebu základných energetických zdrojov a ich prevádzkové náklady. Navrhnuť vhodné opatrenia na zníženie spotreby energie, zvýšenie hodnoty zariadení, ako aj prispieť k plneniu cieľov v oblasti životného prostredia a ochrany klímy.

Celková spotreba energie v súčasnosti sa pohybuje na úrovni 624 MWh/rok pri ročných nákladoch na energiu 46 058 EUR bez DPH. Najväčší podiel spotreby energie tvorí teplo 82%, elektrina predstavuje 18%.

Najvyššia spotreba energie je na vykurovanie. Spotrebu na vykurovanie určujú tepelno-technické vlastnosti stavebných konštrukcií, ako aj energetický zdroj a vyregulovanie rozvodov a termostatická vykurovacích telies.

Súčasný stav stavebných konštrukcií poukazuje na vysoké straty obvodovým plášťom budov. V rámci komplexnej obnovy budov navrhujeme realizovať stavebné opatrenia, kompletnú modernizáciu tepelného zdroja, hydraulicky vyregulovanie sústavy osadenie termostatických ventilov a hlavíc na vykurovacie telesá. Pre zníženie nákladov na osvetlenie a zlepšenie svetelných pomerov priestorov odporúčame výmennú súčasných svietidiel za LED svietidlá. Za veľmi prospešné navrhujeme inštaláciu fotovoltického systému, ktorý bude mať významnú úlohu v budúcnosti pri výrobe a dodávke elektrickej energie.

Prehľad úspor a nákladov uvažovaných opatrení sú zhrnuté v tabuľkách.

Na zefektívnenie energetického hospodárstva školy je možné využiť potenciál budúcich úspor energie, ako aj budúcich nevyhnutných nákladov na investíciu do rekonštrukcie tepelného hospodárstva. Podľa výsledkov vyhodnotenia ekonomických parametrov opatrení musíme však konštatovať, že prefinancovanie investičných nákladov nie je možné len z úspor, bude nutné požiadať o nenávratný finančný príspevok.