

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vytápění a energetická koncepce montážní haly se zázemím

Heating and energy concept of assembly hall and facilities

Vypracoval: Anna Tomyshch

Vedoucí práce: Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.

2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Tomyshch Jméno: Anna Osobní číslo: 477886
Zadávací katedra: katedra technických zařízení budov
Studijní program: Inteligentní budovy
Stud. obor/ spec.: Inteligentní budovy

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vytápění a energetická koncepce montážní haly se zázemím
Název diplomové práce anglicky: Heating and energy concept of assembly hall and facilities

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte ve variantách energetickou koncepci budovy výrobní haly a posuďte tyto varianty z hlediska energetické náročnosti. Pro vybranou variantu zpracujte projekt vytápění budovy se zohledněním požadavků výrobní haly i administrativního zázemí. Stanovte návrhové parametry, navrhnete otopné plochy, zdroj i soustavu, zpracujte výkresovou dokumentaci, technickou zprávu a základní přehled prvků.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 12828+A1 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav, 2014.
Kotrbatý, M. Světlé a tmavé zářiče, konstrukce, použití: Vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů, Tzbinfo.cz, 2006.
Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 20.2.2023 Termín odevzdání DP v IS KOS: 22.5.2023
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vytápění a energetická koncepce montážní haly se zázemím“ vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze 20.02.2023

.....

Anna Tomyshch

Poděkování

Ráda bych poděkoval panu Ing. Daniel Adamovský, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu během studia

ANOTACE

Tato diplomová práce na téma „Vytápění a energetická koncepce montážní haly se zázemím“, je rozdělena na dvě části. První část popisuje ve variantách energetickou koncepci budovy výrobní haly. Navržené varianty jsou posuzovány z hlediska energetické náročnosti. Vybraná varianta je pak rozpracována v druhé části ve formě projektové dokumentace vytápění pro vydání stavebního povolení, obsahující technickou zprávu, výpočet roční potřeby tepla a tepelného výkonu, návrh dimenzí potrubí a otopných ploch, návrh zdroje tepla, půdorysy, schéma zapojení UT, schéma zapojení zdroje tepla, návrh pojistného a zabezpečovacího zařízení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Energetická koncepce, energetická náročnost, montážní hala se zázemím, otopná soustava, zdroj tepla, tepelné ztráty, kogenerační jednotka, měrná potřeba tepla na vytápění

ANOTATION

This diploma's thesis on the topic " Heating and energy concept of assembly hall and facilities" is divided into two parts. The first part describes energy concepts of assembly hall and facilities in various variants. The proposed variants are assessed in terms of energy efficiency. The selected variant is then developed the second part in the form of a heating project documentation for the building permit, containing a technical report, calculation of the annual heat and heat demand, design of pipe and heating surface dimensions, design of the heat source, floor plans, diagram of the UT connection, diagram of the heat source connection, design of insurance and safety equipment.

KEY WORDS

Energy concept, energy efficiency, assembly hall with facilities, heating system, heat source, heat losses, cogeneration unit, specific heat demand for heating.

Obsah

1. Stavebně-energetické koncepce budov	7
1.1. Stavební řešení	7
1.2. Technické zařízení budov	9
1.2.1 Vytápění a příprava TV	9
1.2.2 Větrání	9
2. Stavebně-energetická koncepce montážní haly s administrativním zázemím	10
2.1. Úvodní a identifikační údaje stavby, podklady	10
2.2. Zónování objektu pro účely energetického výpočtu	10
2.3. Tepelně technické posouzení skladeb konstrukcí obálky budovy	10
2.4. Variantní řešení energetické koncepce budovy a jejich posouzení	11
2.4.1 Varianta – 1	11
2.4.2 Varianta – 2	12
2.4.3 Varianta – 3	13
2.5. Vyhodnocení variantových řešení	13
2.5.1. Varianta 1	14
2.5.2. Varianta 2	16
2.5.3. Varianta 3	18
2.5.4. Shrnutí výsledků a výběr optimální varianty	20
3. Závěr	23
4. Seznam příloh	24
5. Seznam obrázků	24
6. Seznam použitých programů	24
7. Seznam použitých zdrojů	25

1. Stavebně-energetické koncepce budov

Stavebně-energetická koncepce budovy - kvalifikovaná představa o množství energie potřebné pro zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí (vytápění, větrání, chlazení), pro zajištění teplé vody, na provoz domovní techniky a elektrických spotřebičů. Měla by se zpracovávat současně s prvotní architektonickou studií. V koncepci je možné stanovit cíle jako je např. maximální potřeba tepla na vytápění, kvalita obálky budovy, podíl využití obnovitelných zdrojů energie atd. V rámci koncepce je možné se zaměřit na využití odpadního tepla, pasivních tepelných zisků.

Zájem o budovy s nízkou spotřebou energie dnes výrazně roste kvůli nestabilnímu trhu. Pro tyto budovy se používají pojmy pasivní a nízkoenergetické domy. Pasivní dům ročně spotřebuje maximálně 15 kilowatthodin na metr čtvereční vytápěné plochy. U běžného rodinného domu, který má podlahovou plochu kolem 120 metrů čtverečních, to dělá 1800 kilowatthodin. Podle běžných definic je za nízkoenergetický považován takový dům, kde potřeba tepla na vytápění je nejvýše 50 kWh/(m²a) a za pasivní takový dům, kde je potřeba tepla na vytápění nejvýše 15 kWh/(m²a).^[1]

K dosažení optimálního řešení, odpovídajícího ověřeným vstupním podmínkám (předběžný energetický cíl investora, vliv lokality, preference stavebních materiálů a technologií ze strany investora, finanční limity), je vždy dobré zpracovat v úvodní etapě přípravy projektu stavebně-energetickou koncepci budovy ve více variantách. Ta by měla být předložena investorovi a u rozsáhlejších objektu posouzena nezávislými odborníky. Ve vyhodnocení se pak mohou porovnat přínosy navrhovaného řešení s řešením referenčním nebo stávajícím. Hodnocení celkové kvality budovy je možné provést podle různých mezinárodních metod jako LEED, BREEAM, GBTool atd.

Výsledné energetické vlastnosti ovlivní:^[2]

- Volba pozemku a osazení budovy na něm
- Orientace budovy ke světovým stranám
- Velikost budovy
- Tvarové řešení
- Vlastnosti obvodových konstrukcí
- Velikost proskleněných ploch na fasádě
- Řešení potřebné výměny vzduchu
- Vnitřní tepelné zisky
- Charakter otopné soustavy
- Efektivnost ohřevu TV a energetická účinnost systémů
- Skutečně dosažené energetické vlastnosti budovy po realizaci
- Skutečný způsob užívání

1.1. Stavební řešení

Volba obvodových konstrukcí je ve značné míře záležitostí individuálních preferencí, stejně by měla být racionální, včasná a s uvážením dalších konstrukčních, ekonomických souvislostí. Každý použitý materiál musí odpovídat závazným požadavkům z hlediska stavebního zákona a příslušných vyhlášek.

Mezi hlavní kvantitativně vyjádřené požadavky, související s energetickými vlastnostmi budovy, patří zejména:

- Omezení prostupu tepla – návrh konstrukci dle požadovaných hodnot **součinitele prostupu tepla**

Konstrukce klimatizovaných nebo vytápěných budov musí splňovat podmínku $U \leq U_N$, kde U_N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla. Splnění této podmínky s doporučenou hodnotou U_N je vhodné pro energeticky úsporné budovy. Tyto hodnoty jsou stanovené normou ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Je potřeba zmínit že v hodnotě musí být zahrněn vliv očekávaných lokálních zhoršení v důsledku nehomogenity, přítomnosti spojovacích a kotevních prvků.

- Zajištění dostatečné teploty na vnitřním povrchu konstrukcí i za velmi nízkých venkovních teplot – omezení vzniku plísně a kondenzace

Pozornost je třeba věnovat místům oslabení konstrukcí – tepelným mostům v souvislosti s prostupujícími vodivějšími spojovacími prvky a v souvislosti s napojením konstrukcí mezi sebou. Norma požaduje aby kritická teplota byla zvýšena o bezpečnostní přírážku, která zohledňuje tepelnou setrvačnost konstrukce a způsob vytápění. Požadavky jsou sestaveny s ohledem na riziko povrchové kondenzace a prevenci růstu plísní

- Vyloučení nebo alespoň omezení kondenzace uvnitř konstrukce – vyjádřeno pomocí roční bilance zkondenzovaného a vypařeného množství vodní páry

Standartním výpočtovým postupem za zimních výpočtových podmínek se zjišťuje výskyt kondenzace vodní páry ve skladbě konstrukce. Pokud ke kondenzaci nedochází – konstrukce je vyhovující. Jestliže dochází konstrukce musí splnit následující podmínky:

- a) Přítomnost kondenzátu neohrožuje požadovanou funkci konstrukce
 - b) Množství kondenzátu není větší než povolené
 - c) Roční bilance dokládá že množství zkondenzované nebude větší než množství vypařitelné vodní páry
- Vyloučení průniku vzduchu skrz konstrukce funkčními spárami a netěsnosti – přesný požadavek na neprůvzdušnost

Vysoká průvzdušnost obálky vede k vysokým tepelným ztrátám, se kterými při dimenzování otopné soustavy nebylo vůbec počítáno. Skutečné energetické vlastnosti tak mohou být mnohém horší než vlastnosti deklarované. Průvodním jevem vysoké průvzdušnosti taky může stát průvan. Celková průvzdušnost obálky budovy se ověřuje pomocí celkové intenzity výměny vzduchu n_{50} při tlakovém rozdílu 50 Pa [h^{-1}]. Hodnoty se stanovují experimentálně pomocí blowerdoor testu. Doporučení je $n_{50} \leq n_{50,N}$ – doporučená hodnota dle normy

- Intenzita výměny vzduchu
- Omezení energetického vlivu tepelných mostů v místech napojení konstrukcí mezi sebou

Je potřeba rozlišovat pojmy tepelné vazby a tepelné mosty. Tepelné mosty můžeme jednoznačně přiřadit k určité plošné konstrukce a takové, které se nalézají v oblasti napojení 2 a více konstrukce – tepelné vazby. Vliv systematických tepelných mostů lze zohlednit pomocí náhradního součinitele tepelné vodivosti nehomogenní vrstvy (vážený průměr součinitelů jednotlivých materiálů podle jejich objemového zastoupení ve vrstvě). Nejpresněji lze vliv systematických tepelných mostů odvodit s analýzy vícerozměrného

teplotního pole ve výseku konstrukce. Vliv tepelných vazeb se odvozuje samostatně a záleží na charakteru místa napojení a typu napojovaných konstrukcí.^[2]

- Spotřeba energie na vytápění

1.2. Technické zařízení budov

Stejně jako u volby stavebních konstrukcí by při výběru technického zařízení budovy především systému vytápění, ohřevu TV, větrání a prvků umělého osvětlení, mělo mít přednost racionální a odborně podložené rozhodnutí, které bude v souladu s celkovou energetickou koncepcí.

1.2.1 Vytápění a příprava TV

Hlavní úkoly, které by měla řešit koncepce pro systém vytápění:

- Volba základního energetického média

Zde mohou rozhodovat jak místní podmínky tak požadavky investora a finanční limit. Pro rozhodování se mohou použít hodnocení z hlediska environmentální přijatelnosti, množství neobnovitelné primární energie. Mezi nejčastější pak patří zemní plyn, dřevo, elektrická energie nebo energie okolního prostředí

- Volba zdroje vytápění

Podle stanovené tepelné ztráty objektu se vybere vhodný zdroj tepla o správné velikosti, vysoké účinnosti, dobré regulovatelnosti i jednoduché obsluze. V případě tepelného čerpadla velkou roli hraje jeho COP. V této fázi se taky může zvážit dodatečná instalace akumulární nádrže topného média, zásobníku na teplou užitkovou vodu, instalace doplňkového solárního systému pro ohřev TV.

- Volba systému předávání tepla v interiérech, otopná tělesa a další teplosměnné plochy

Obvyklými jsou systémy s otopnými tělesy, otopnými žebříky, podlahové konvektory, různé systémy podlahového vytápění a jejich kombinace. Objevují se i systémy stěnového vytápění. Pro průmyslové objekty tradičními distribučními prvky jsou lokální VZT jednotky, plynové zářiče nebo sálavé panely

1.2.2 Větrání

Z hlediska systému větrání vždy musí být splněné požadavky na potřebné množství čerstvého vzduchu z hygienických důvodů. Množství je dáno počtem osob a druhem jejich aktivit. Navržené množství vzduchu musí taky zajistit odvod škodlivin.

V rámci koncepcí musí být rozhodnuto jakým způsobem bude budova větrána:

- Přirozené větrání – infiltrace, provětrávání. Pro správné fungování přirozeného větrání musí být zajištěn tlakový rozdíl mezi vnitřním a vnějším prostředím. Další způsoby jsou aerace a šachtové větrání. Aerace – větrání místnosti pomocí otvorů pro přívod a odvod vzduchu umístěných s dostatečným výškovým rozdílem. Šachtové – větrání pomocí kombinace otvorů pro přívod a šachet pro odvod vzduchu.
- Nucené větrání – rovnotlaké, podtlakové nebo přetlakové pomocí VZT jednotek

2. Stavebně-energetická koncepce montážní haly s administrativním zázemím

2.1. Úvodní a identifikační údaje stavby, podklady

Název stavby: Výrobní hala H

Stručný popis stavby: Jedná se o jednopodlažní nepodsklepenou stavbu halového typu, s dvoupatrovým přístavkem s administrativním zázemím. Budova byla uvedena do provozu během roku 2018. Hala zatím není plně využita a postupně sem probíhá přemísťování výrobní činnosti. V současné době zde probíhá především lisování za studena a výroba pomocí nové kompletní technologie formovacího lisu.

Podklady pro zpracování: výkresová dokumentace a textová zpráva

Využité programy: program Energie 2023

2.2. Zónování objektu pro účely energetického výpočtu

Prvním důležitým krokem v procesu tvorby výpočetního modelu je zónování budovy, tzn. geometrické rozdělení budovy na jednotlivé části, které se vyznačují specifiky ovlivňující výslednou výši potřeby a spotřeby energie. Je třeba je vzájemně odlišit, jinak řečeno vyhodnotit odděleně, zvláště, ovšem za předpokladu vzájemné interakce. Je nezbytné zmínit, že budova nebo její část je zónou, pokud:

- je zásobována ze stejné skladby energetických systémů budovy, nebo
- má různé užívání v souladu se standardizovanými podmínkami vnitřního a venkovního prostředí a provozu stanovenými v platných technických normách a jiných předpisech.^[3]

Na základě tohoto pravidla je objekt rozdělen do třech zón:

- Zóna 1 – Průmyslová hala
Zóna je představená prostorem výrobní haly.
- Zóna 2 - Kancelářské prostory
Zóna slouží jako kancelářské prostory.
- Zóna 3 – Komunikace
Zóna slouží jako komunikační prostor.

2.3. Tepelně technické posouzení skladeb konstrukcí obálky budovy

Stavební řešení není součástí diplomové práce, proto skladby jednotlivých konstrukcí a jejich součinitele prostupu tepla byly převzaty z projektové dokumentace.

Konstrukčně se jedná o ocelový skelet s pevným vazníkovým rámem a šikmou střechou. Obvodové konstrukce jsou opláštěny panely Rukki s jádrem z minerální vlny o tl. 180 mm. Výplně otvorů jsou plastové s tepelně izolačním dvojsklem. Vrata jsou segmentová s izolačním jádrem.

Tab. 1 Tabulka konstrukcí

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² .K)]
LOP - Obvodová stěna	0,199
Střecha haly	0,2
Plochá střecha AB	0,16
Podlaha na zemině - hala	0,4
Podlaha na zemině - AB	0,3
Okna	1,2
Střešní světlíky	1,45
Dveře	1,6
Vnitřní stěna mezi výrobní halou a přístavkem	1,2
Tepelné vazby ΔUt _b	0,05

Průměrná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{em} = 0,28$ [W/m².K] spadá do klasifikační třídy D dle součinitele prostupu tepla.

2.4. Variantní řešení energetické koncepce budovy a jejich posouzení

V rámci této diplomové práce budou navrženy a posouzeny 2 varianty stavebně-energetické koncepce pro výrobní halu + stávající stav (návrh v rámci projektové dokumentaci), které budou zaměřené především na využití v maximální míře dostupných zdrojů energie současně se zajištěním pohodlného vnitřního prostředí pro pracovníky.

Hlavními kritérii při výběru optimální varianty pro energetickou koncepci budovy jsou:

- Celková roční dodaná energie [kWh/m².rok]
- Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/m².rok]
- Neobnovitelná primární energie [kWh/m².rok]
- Provozní náklady [Kč]
- Investiční náklady [Kč]

Za optimální variantu se považuje ta varianta:

- má nejmenší potřebu tepla na vytápění [kWh/m².a]
- celková roční dodaná energie [MWh/rok] byla optimální vzhledem k neobnovitelné primární energii [MWh/rok]
- provozní náklady byly optimální k investičním nákladům

2.4.1 Varianta – 1

- **Vytápění**

Zdrojem tepla pro vytápění je tepelné čerpadlo vzduch-voda. Čerpadlo je napojeno na akumulární nádrž pro vytápění a zároveň slouží jako zdroj pro ohřev TV. Distribučními prvky pro vytápění jsou teplovodní teplovzdušné jednotky umístěné po obvodu haly. Kanceláře a zázemí v přístavku je vytápěno pomocí deskových otopných těles.

- **Příprava TV**

Teplá voda je připravována v nepřímotopném zásobníkovém ohřivači. Zdrojem pro ohřev TV je tepelné čerpadlo.

- **Chlazení**

V objektu je navrženo pouze pasivní noční systém chlazení.

- **Větrání a vzduchotechnika**

Hala je větrána přirozeně – otevíravými okny a spárovou infiltrací. Od výrobních strojů je vedeno vzduchotechnické potrubí s odtahovým ventilátorem za účelem odvodu odpadního tepla od strojů. Odpadní teplo není nijak dále využíváno.

- **Osvětlení**

Osvětlení výrobních a skladových prostor je řešeno pomocí LED svítidel. Ovládání osvětlovací soustavy je manuální dvoupolohové Z/V a není řízeno na základě úrovně osvětlenosti. Záložní zdroje energie Objekt nemá záložní zdroj energie

2.4.2 Varianta – 2

- **Vytápění**

Zdrojem tepla pro vytápění haly budou plynové tmavé zářiče.

Zdrojem tepla pro vytápění administrativní části bude plynový kondenzační kotel s vysokou účinností. pomocí deskových otopných těles.

- **Příprava TV**

Teplá voda je připravována v nepřímotopném zásobníkovém ohřivači. Zdrojem pro ohřev TV je plynový kondenzační kotel.

- **Chlazení**

V objektu je navrženo pouze pasivní noční systém chlazení.

- **Větrání a vzduchotechnika**

Hala bude větraná nuceně, lokálními vzduchotechnickými jednotky se zpětným získáváním tepla, které budou sloužit pro odvod odpadního tepla a přívod a předeřev čerstvého vzduchu.

Administrativní část bude větraná nuceně rovnotlaké centrální vzduchotechnickou jednotkou s ZZT výměníkem. Distribučními prvky budou anemostaty.

- **Osvětlení**

Osvětlení výrobních a skladových prostor je řešeno pomocí LED svítidel. Ovládání osvětlovací soustavy je manuální dvoupolohové Z/V a není řízeno na základě úrovně osvětlenosti. Záložní zdroje energie Objekt nemá záložní zdroj energie

2.4.3 Varianta – 3

- **Vytápění**

Zdrojem tepla pro vytápění bude kogenerační jednotka. Distribučními prvky pro vytápění haly budou sálavé panely zavěšené pod stropem. Distribučními prvky pro vytápění AB budou desková otopná tělesa.

- **Příprava TV**

Teplá voda je připravována v nepřímotopném zásobníkovém ohříváči. Zdrojem pro ohřev TV bude KVET jednotka.

- **Chlazení**

V objektu je navrženo pouze pasivní noční systém chlazení.

- **Větrání a vzduchotechnika**

Hala bude větraná nuceně, lokálními vzduchotechnickými jednotky se zpětným získáváním tepla, které budou sloužit pro odvod odpadního tepla a přívod a předehřev čerstvého vzduchu.

Administrativní část bude větraná nuceně rovnotlaké centrální vzduchotechnickou jednotkou s ZZT výměníkem. Distribučními prvky budou anemostaty.

- **Osvětlení**

Osvětlení výrobních a skladových prostor je řešeno pomocí LED svítidel. Ovládání osvětlovací soustavy je manuální dvoupolohové Z/V a není řízeno na základě úrovně osvětlenosti. Záložní zdroje energie Objekt nemá záložní zdroj energie

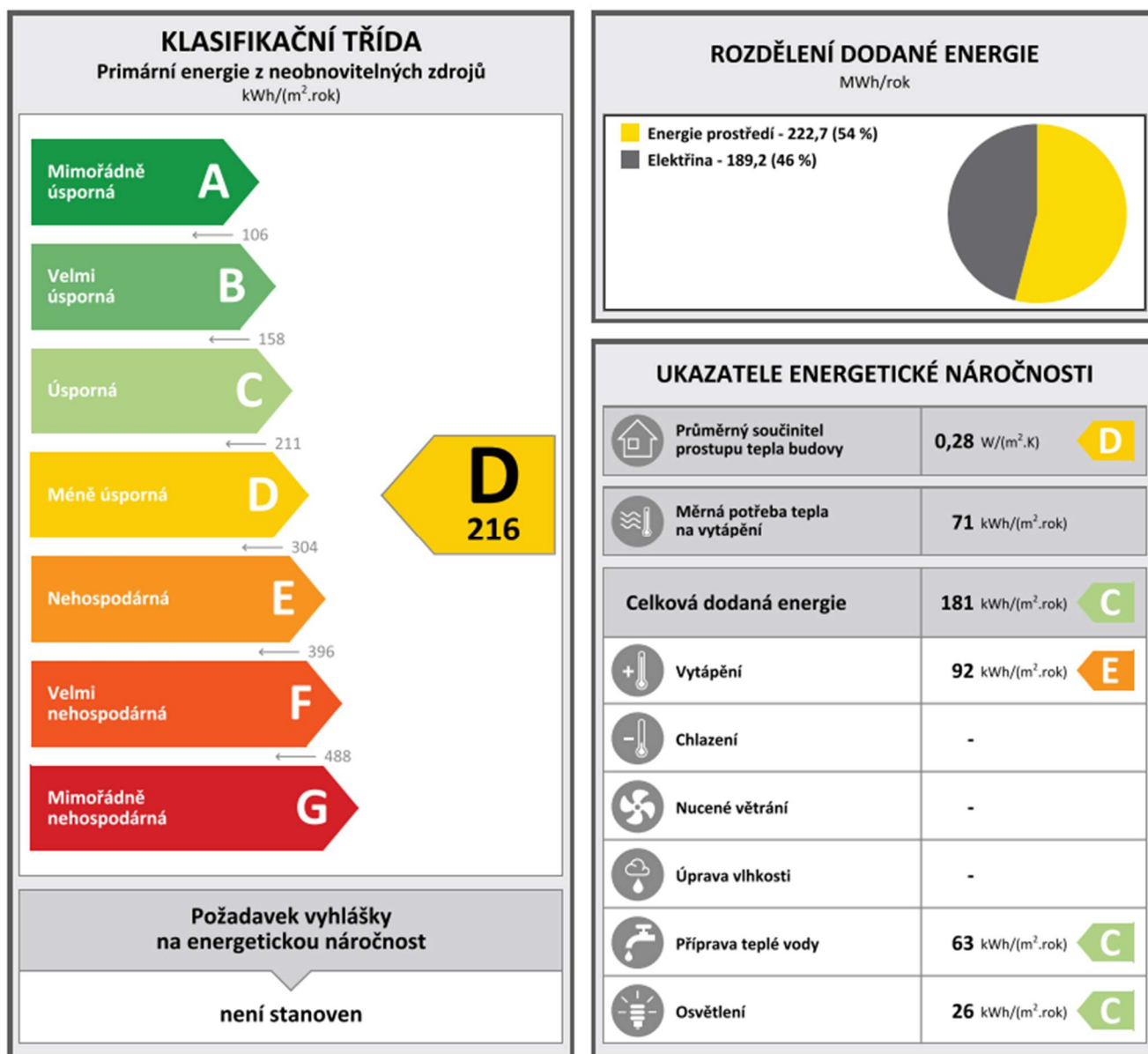
2.5. Vyhodnocení variantových řešení

Pro vyhodnocení variantových řešení byl použit výpočetní program Energie, pomocí kterého bylo vypočítáno množství energie potřebné pro jednotlivé systémy tzn. vytápění, větrání, přípravu teplé vody, osvětlení, které bylo jedním z hlavních kritérií při výběru optimální varianty.

Při hodnocení energetické náročnosti budovy se vycházelo z porovnání výsledků energetického hodnocení navržené budovy s výsledky hodnocení energetické náročností referenční budovy.

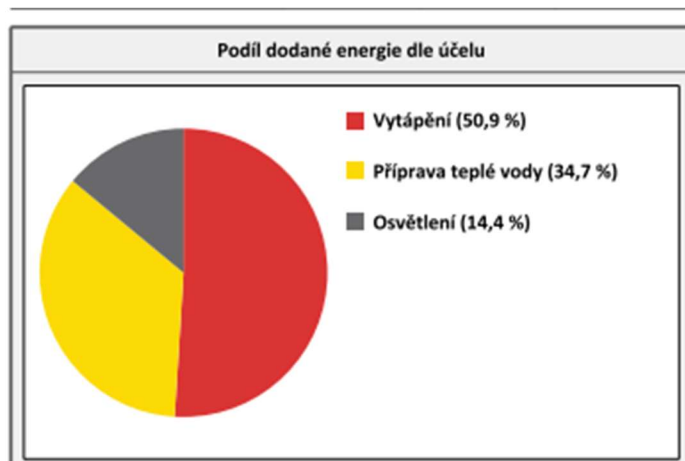
2.5.1. Varianta 1

Varianta 1 je stávající řešení dle projektové dokumentace. Výsledkem výpočtu je průkaz energetické náročnosti.



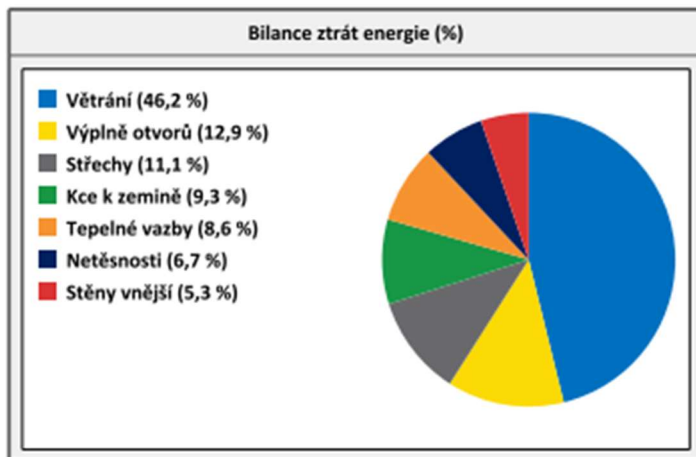
Obr 1. Grafika průkazu energetické náročnosti pro Variantu 1

Obr 2. Podíl dodané energie dle účelu pro Variantu 1



Výsledná klasifikační třída z hlediska primární energie - D. Informace ohledně množství dodané energie dle účelu jsou zřejmé z grafického znázornění průkazu a může pomoci identifikovat oblasti, ve kterých lze provést úpravy a zlepšit energetickou efektivitu budovy. Z analýzy grafu podílu dodané energie je zřejmé, že nejvyšší spotřeba energie v budově je způsobena vytápěním, proto je potřeba zaměřit se na zjištění čím jsou způsobené největší tepelnou ztrátou a provést

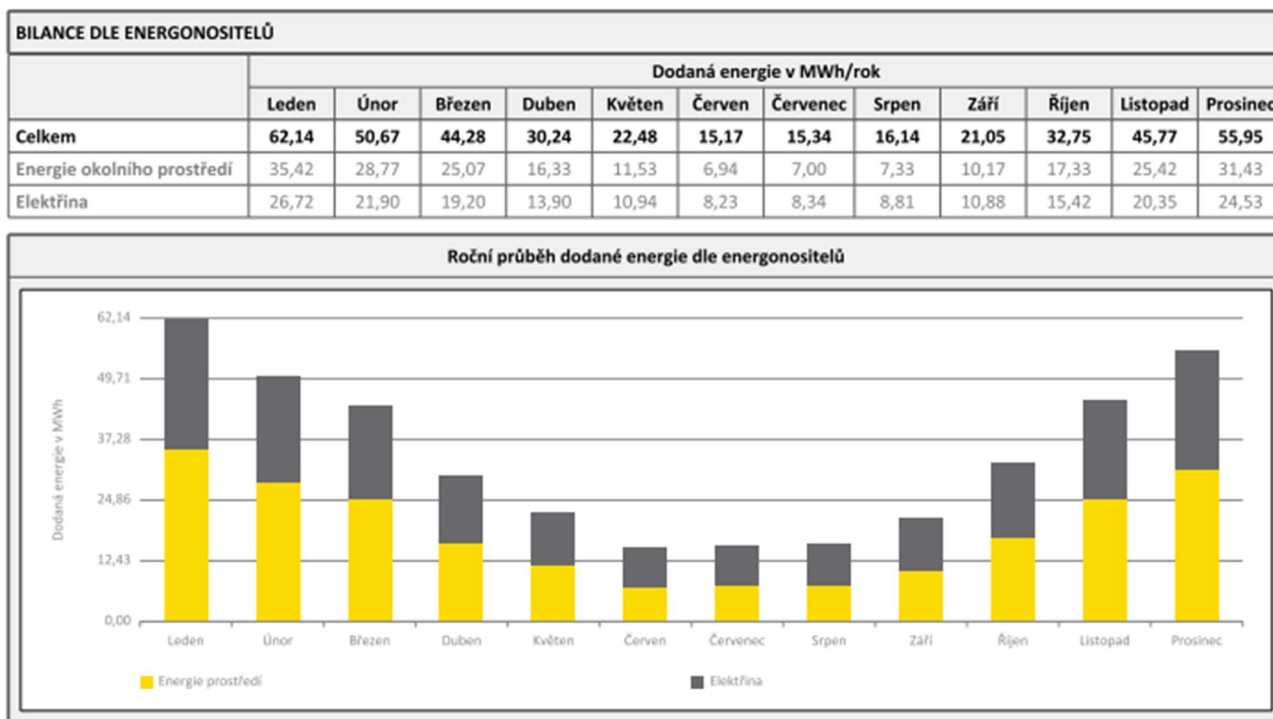
opatření které by mohly následně snížit energetickou náročnost budovy.



Z bilance ztrát je pak vidět že největší je ztráta větráním, což bylo očekávané, protože bylo počítáno s přirozeným větráním bez rekuperace a tím byl zanedbán obrovský potenciál využití části odpadního tepla z technologií pro předehřev čerstvého vzduchu.

Obr 3. Bilance ztrát energie pro Variantu 1

Výpočet primární energie z neobnovitelných zdrojů závisí převážně na původu použitých energonositelů. V našem případě je pouze část energie získána z prostředí, zatímco zbývajících 46 % dodávky energie je zajišťováno elektřinou dodávanou ze sítě. Je důležité poznamenat, že elektřina ze sítě má nejvyšší faktor primární energie. Vzhledem k tomu je budova z hlediska primární energie z neobnovitelných zdrojů klasifikována jako méně úsporná.



Obr 4. Bilance dle energonositelů pro Variantu 1

• Ekonomické hodnocení

1. Tabulka ročních provozních nákladů

Varianty	Systém	Energonositel	Dodaná energie dle účelu [MWh/rok]	Provozní náklady dle účelu [Kč/rok]	Celkové provozní náklady [Kč/rok]
1	vytápění	elektřina ze sítě	69,5	455 155	1 239 331
		energie okolního prostředí	140,28	0	
	příprava TV	elektřina ze sítě	60,3	394 904	
		energie okolního prostředí	82,45	0	
	větrání			0	
osvětlení	elektřina ze sítě	59,44	389 272		

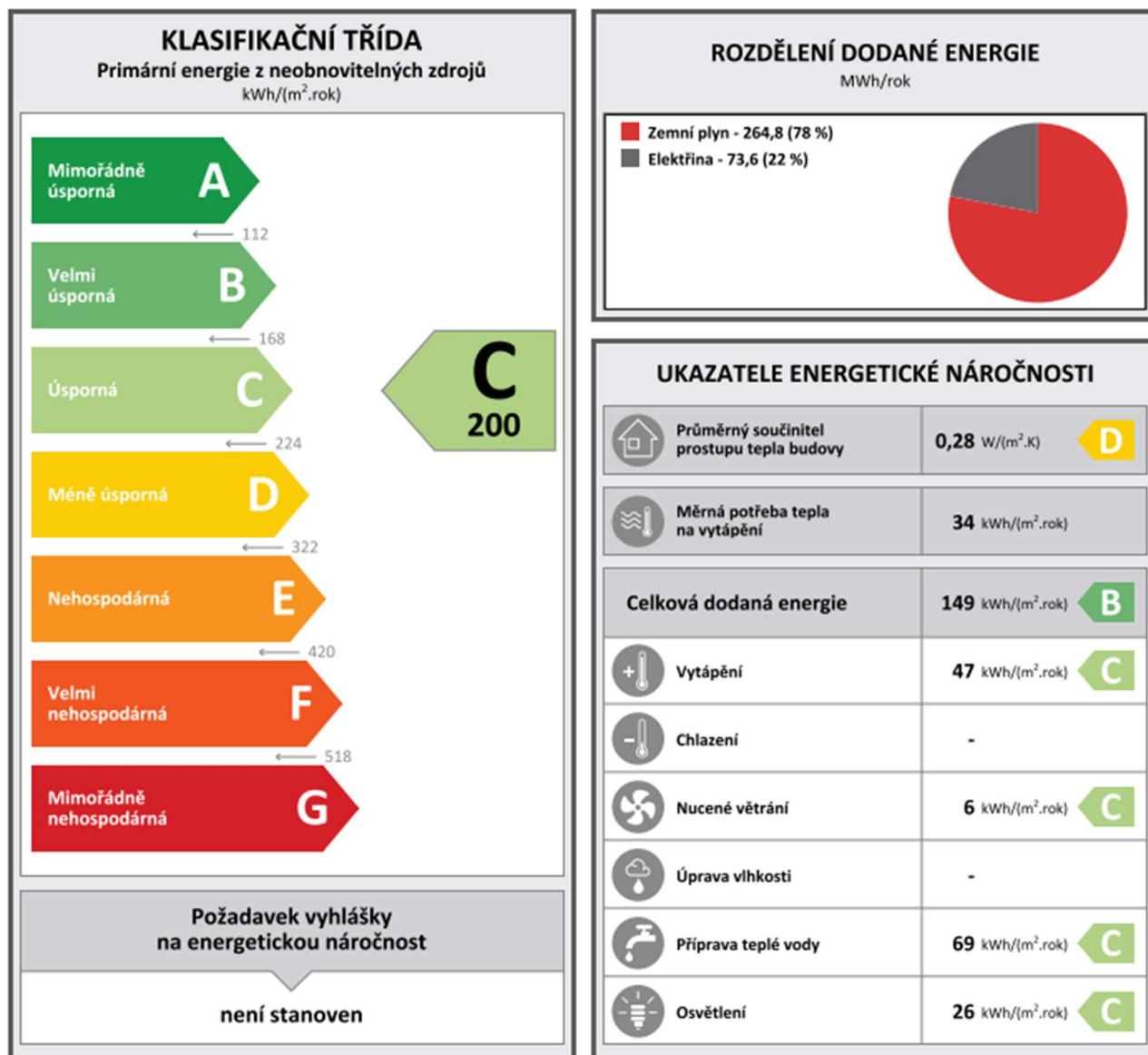
- Investiční náklady na pořízení dvou tepelných čerpadel s výkonem nad 44kw včetně instalaci, řídicích systémů, elektrokotle je kolem 950 560 Kč (stanoveno na základě nezávazné cenové nabídky)

2.5.2. Varianta 2

Změny oproti Variantě 1:

- Změna zdroje vytápění jak pro montážní halu tak i pro administrativní přístavek – tmavé plynové zářiče + plynový kondenzační kotel
- Přidání nuceného systému větrání

Obr 5. Grafika průkazu energetické náročnosti pro Variantu 2

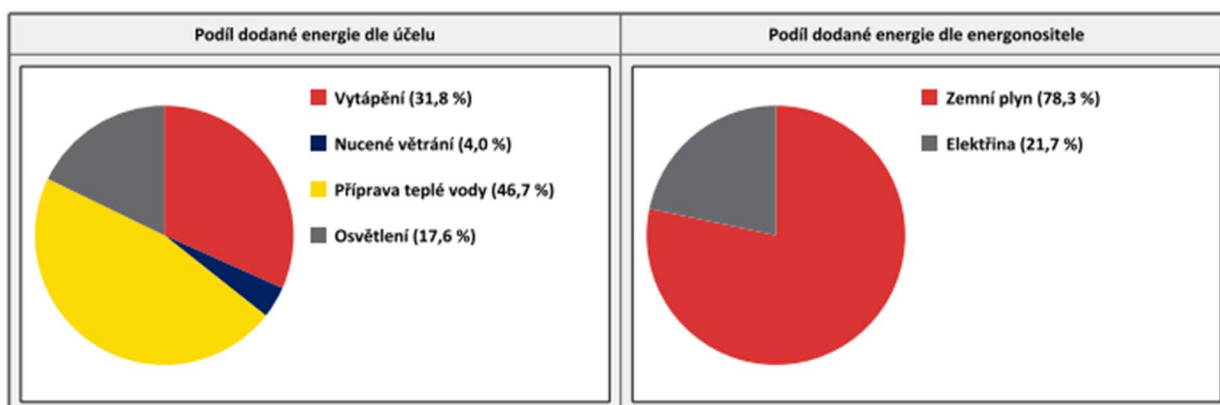


Výsledná klasifikační třída z hlediska primární energie – C.

Z grafického znázornění průkazu je vidět o kolik se nám zmenšila měrná potřeba tepla na vytápění a množství celkové dodané energie oproti Variantě 1, je to kvůli zmenšení tepelné ztráty větráním pomocí instalace systému nuceného rovnotlakého větrání se zpětným získáváním tepla.

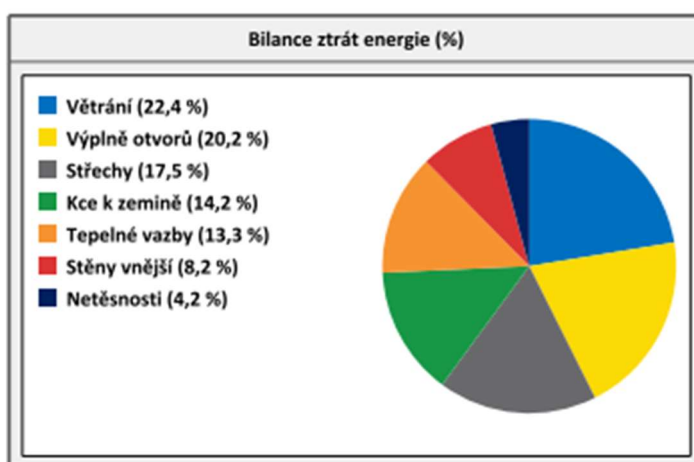
Došlo ke drobnému snížení množství měrné primární energie z neobnovitelných zdrojů. Toto snížení bylo způsobeno změnou hlavního energonositele a úpravou podílu energie dodávané elektřinou ze sítě.

Obr 6. Grafy rozdělení celkové dodané energie



Oproti Variantě 1 nám ještě přibyla energie, která bude spotřebována pro provoz systému nuceného větrání. Její množství ve srovnání s ostatními složkami je drobná – 4%.

Obr 7. Bilance ztrát energie



I přesto, že větrání stále způsobuje největší ztráty energie, podíl této ztráty se však téměř zmenšil o polovinu ve srovnání s předchozí variantou s přirozeným větráním.

• Ekonomické hodnocení

1. Tabulka ročních provozních nákladů

Varianty	System	Enegonositel	Dodaná energie dle účelu spotřeby [MWh/rok]	Provozní náklady dle účelu [Kč/rok]	Celkové provozní náklady [Kč/rok]
2	vytápění	zemní plyn	107,44	337 994	1 398 027
		zemní plyn			
	příprava TV	zemní plyn	158,02	497 114	
	větrání	elektřina ze sítě	12,35	96 839	
		elektřina ze sítě			
osvětlení	elektřina ze sítě	59,44	4660		

2. Investiční náklady

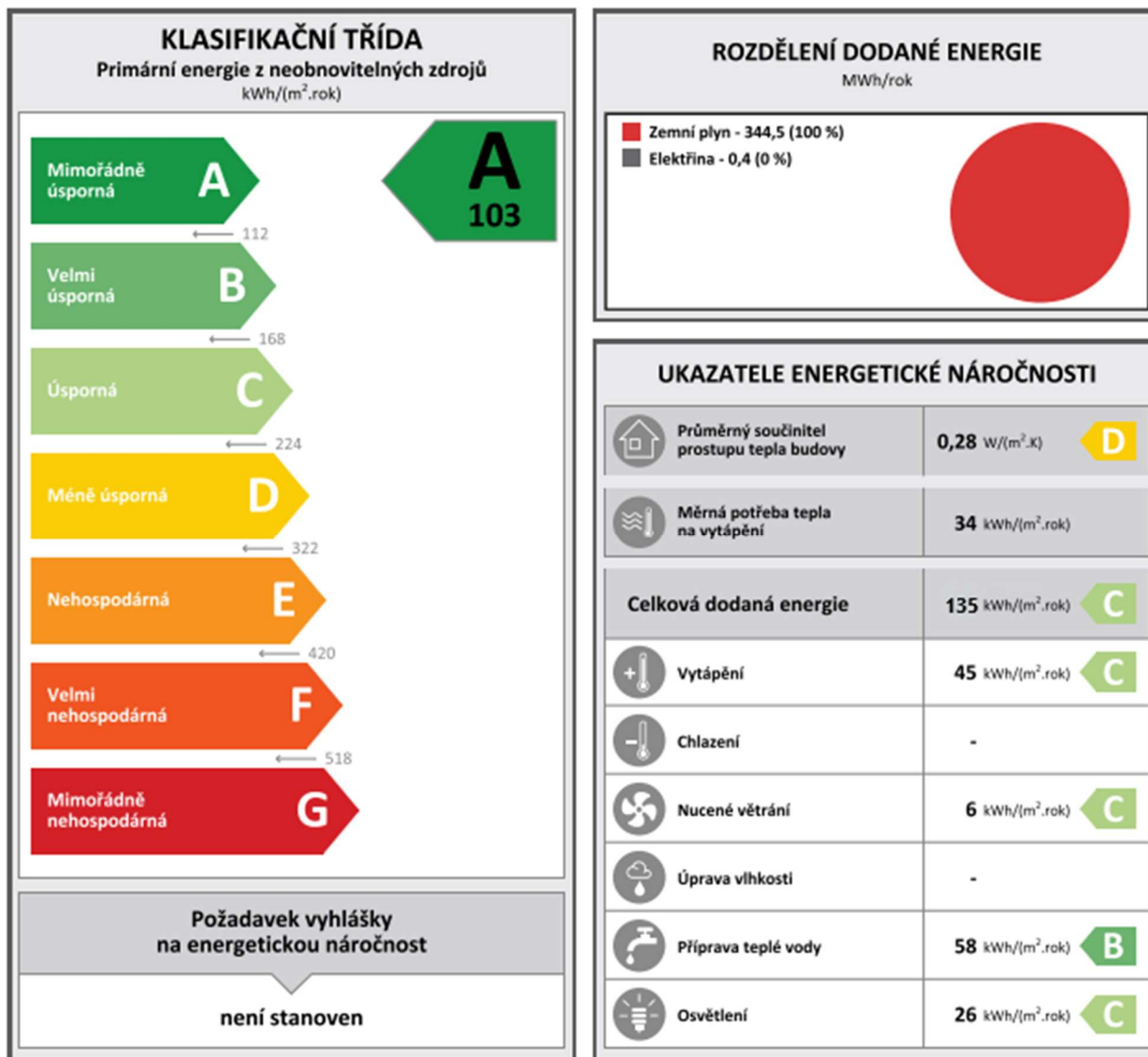
- Tmavé plynové infrazářiče – 150 000 Kč
- Plynový kondenzační kotel – 108 000 Kč
- VZT + ZZT – 600 000 Kč

Celkové investiční náklady – 858 000 Kč

2.5.3. Varianta 3

Změny oproti předchozí variantě:

- Změna zdroje vytápění – kogenerační jednotka



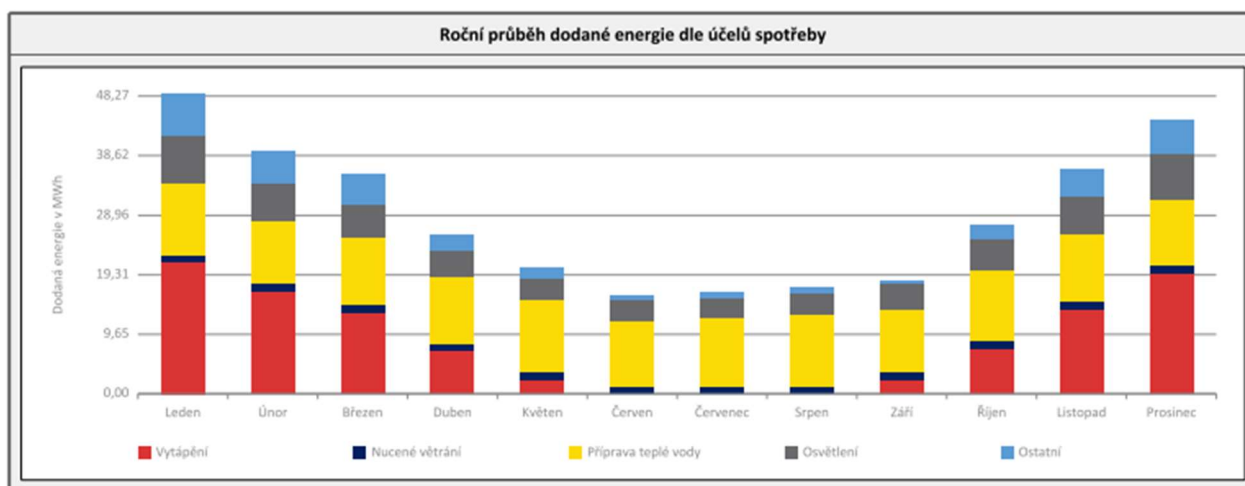
Obr. 8. Grafika průkazu energetické náročnosti pro Variantu 3

Výsledná klasifikační třída z hlediska primární energie – A.

Z grafického znázornění průkazu je hlavně vidět o kolik se nám zmenšilo množství měrné primární energie z neobnovitelných zdrojů a to kvůli tomu, že množství elektřiny dodávané ze sítě je praktický nulové. Všechna elektřina vyprodukovaná KVET bude spotřebovaná v budově pro provoz vzduchotechnických systémů, osvětlení a různých technologií. Zbytek elektřiny, který nebude využit v budově bude exportován do ostatních budov v areálu. Do výpočtu ale nebyla zahrnutá potřeba elektřiny pro stroje a další výrobní a montážní technologie v hale.

Elektřinu ze sítě bude nutné dodávat pouze v letních měsících a částečně i v přechodovém období, kdy bude v provozu pouze 1 kogenerační jednotka na přípravu TV a její elektrický výkon nebude dostatečný pro pokrytí potřeby. Jedná se o nějakých 0,41 MWh/rok.

Obr 9. Roční průběh dodané energie Varianta 3



Položka ostatní zobrazuje množství elektřiny vyrobené kogeneračními jednotkami.

- Ekonomické hodnocení

1. Tabulka ročních provozních nákladů

Varianty	Systém	Enegositel	Dodaná energie dle účelu spotřeby [MWh/rok]	Provozní náklady dle účelu [Kč/rok]	Celkové provozní náklady [Kč/rok]
3	vytápění	zemní plyn	103,41	325 317	745 802
	příprava TV	zemní plyn	132,64	417 271	
	větrání	elektřina KVET	12,35	0	
		elektřina KVET			
	osvětlení	elektřina KVET	59,44	3 215	
	elektřina ze sítě	0,41			

2. Investiční náklady

- Kogenerační jednotky – 1 900 000 Kč
- Plynový kondenzační kotel – 51 000 Kč
- VZT + ZZT – 600 000 Kč

Celkové investiční náklady – 2 551 000 Kč

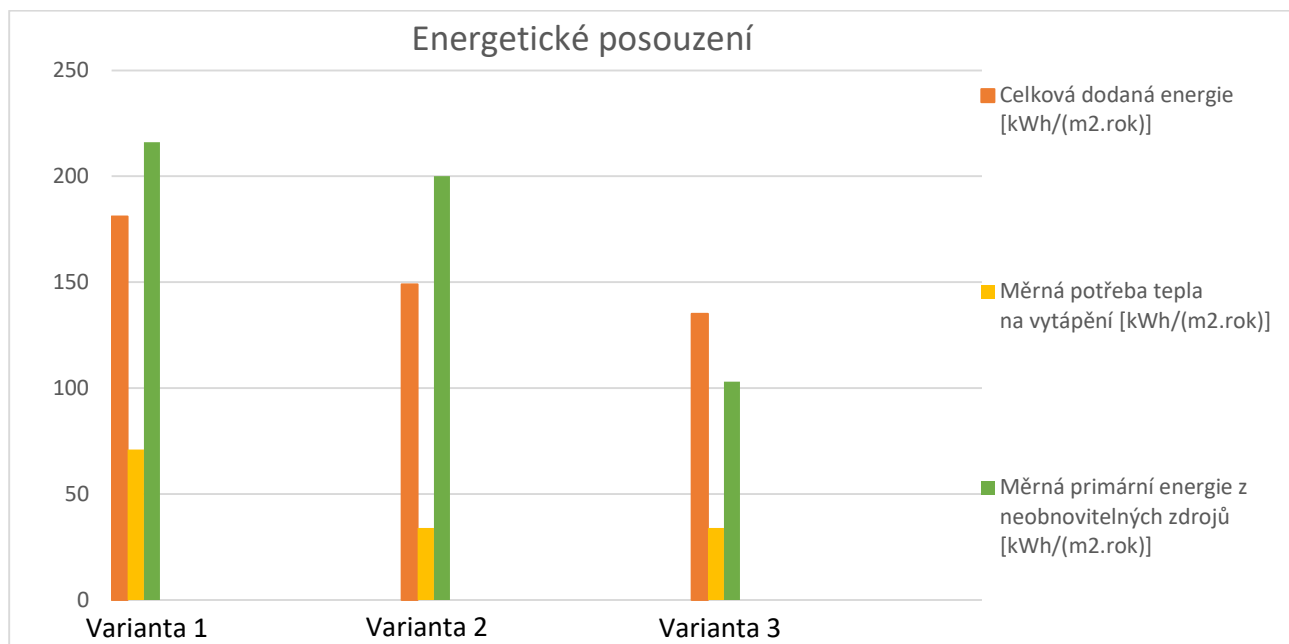
2.5.4. Shrnutí výsledků a výběr optimální varianty

- Energetické posouzení

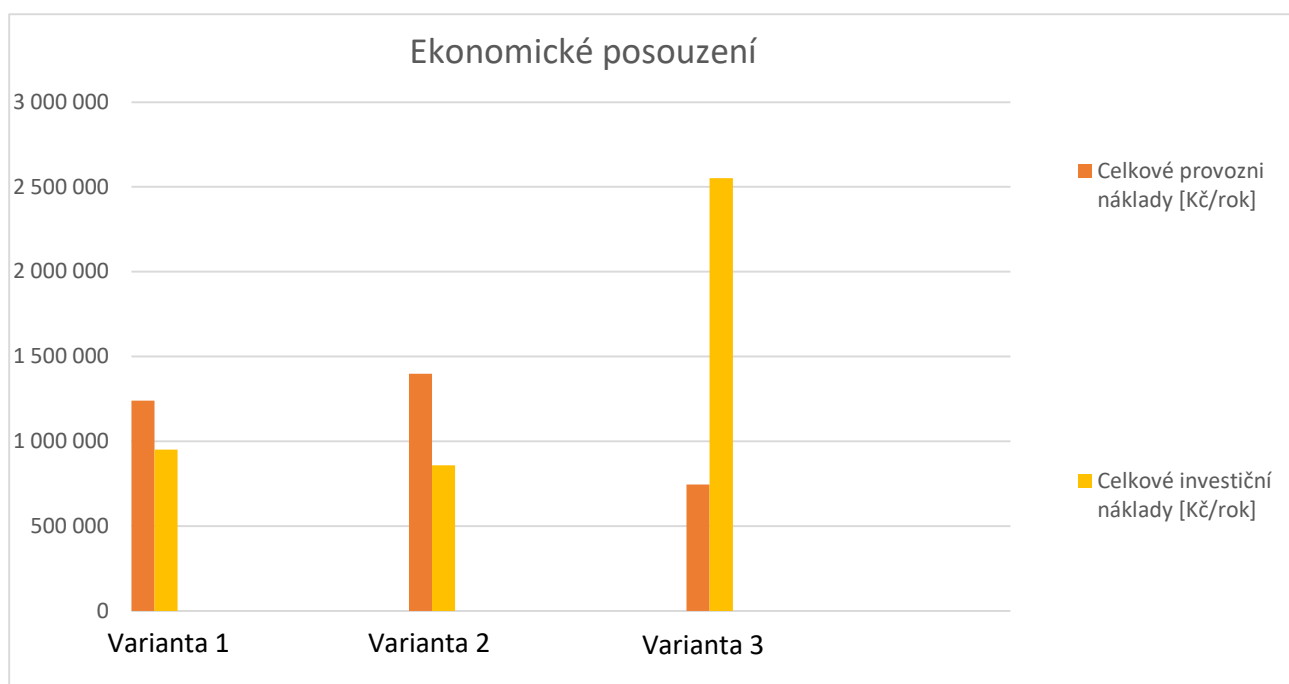
Varianty	System	Část budovy	Zdroj	Enegonositel	Dodaná energie dle účelu spotřeby [MWh/rok]	Celková dodaná energie [kWh/(m ² .rok)]	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m ² .rok)]	Měrná primární energie z neobnovitelných zdrojů [kWh/(m ² .rok)]	Klasifikační třída
1	vytápění	Hala + AB	TČ vzduch-voda	elektřina ze sítě	209,79	181	71	216	D
				energie okolního prostředí					
	příprava TV	Hala + AB	TČ vzduch-voda	elektřina ze sítě	142,755				
				energie okolního prostředí					
větrání	Hala + AB	přírozené							
osvětlení	Hala + AB			elektřina ze sítě	59,44				
2	vytápění	Hala	Plynové tmavé infrazářiče	zemní plyn	107,44	149	34	200	C
		AB	Plynový kondenzační kotel	zemní plyn					
	příprava TV	Hala + AB	Plynový kondenzační kotel	zemní plyn	158,02				
	větrání	Hala	Lokální VZT jednotky s ZZT	elektřina ze sítě	12,35				
		AB	Centrální VZT jendotka s ZZT	elektřina ze sítě					
osvětlení	Hala + AB			elektřina ze sítě	59,44				
3	vytápění	Hala + AB	Kogenerační jednotka	zemní plyn	103,41	135	34	103	A
	příprava TV	Hala + AB	Kogenerační jednotka	zemní plyn	158,02				
	větrání	Hala	Lokální VZT jednotky s ZZT	elektřina KVET	12,35				
		AB	Centrální VZT jendotka s ZZT	elektřina KVET					
osvětlení	Hala + AB			elektřina KVET	59,44				

- Ekonomické posouzení

Varianty	Systém	Část budovy	Zdroj	Enegositel	Dodaná energie dle účelu spotřeby [MWh/rok]	Provozní náklady dle účelu [Kč/rok]	Celkové provozní náklady [Kč/rok]
1	vytápění	Hala + AB	TČ vzduch-voda	elektřina ze sítě	69,5	455 155	1 239 331
				energie okolního prostředí	140,28	0	
	příprava TV	Hala + AB	TČ vzduch-voda	elektřina ze sítě	60,3	394 904	
				energie okolního prostředí	82,45	0	
	větrání	Hala + AB	přírozené			0	
osvětlení	Hala + AB		elektřina ze sítě	59,44	389 272		
2	vytápění	Hala	Plynové tmavé infrazářiče	zemní plyn	107,44	337 994	1 398 027
		AB	Plynový kondenzační kotel	zemní plyn			
	příprava TV	Hala + AB	Plynový kondenzační kotel	zemní plyn	158,02	497 114	
	větrání	Hala	Lokální VZT jednotky s ZZT	elektřina ze sítě	12,35	96 839	
		AB	Centrální VZT jendotka s ZZT	elektřina ze sítě			
osvětlení	Hala + AB		elektřina ze sítě	59,44	466 080		
3	vytápění	Hala + AB	Kogenerační jednotka	zemní plyn	103,41	325 317	745 802
	příprava TV	Hala + AB	Kogenerační jednotka	zemní plyn	132,64	417 271	
	větrání	Hala	Lokální VZT jednotky s ZZT	elektřina KVET	12,35	0	
		AB	Centrální VZT jendotka s ZZT	elektřina KVET			
	osvětlení	Hala + AB		elektřina KVET	59,44		
			elektřina ze sítě	0,41	3 215		



Obr 10. Souhrnný graf energetického posouzení pro všechny varianty



Obr 11. Souhrnný graf ekonomického posouzení pro všechny varianty

Závěr: Z předchozích grafů a tabulek je patrné, že z hlediska celkové dodané energie a měrné potřeby tepla na vytápění jsou nejlepšími variantami Varianta 2 a Varianta 3. Pokud se zaměříme na primární energii z neobnovitelných zdrojů, pak je nejlepší volbou Varianta 3. Z ekonomického hlediska má varianta 3 nejvyšší investiční náklady, ale zároveň nejnižší provozní náklady díky využití elektřiny vyrobené kogeneračními jednotkami. Díky tomu bude návratnost investice u Varianty 3 menší než u ostatních variant.

Z uvedených informací vyplývá, že Varianta 3 je neoptimálnější mezi všemi třemi variantami, zohledňující energetickou náročnost a ekonomické faktory.

3. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vytvořit několik variant energetické koncepce pro montážní halu s administrativním zázemím a zhodnotit je podle energetické náročnosti v porovnání s původním návrhem. Byly zpracované 3 varianty včetně původního návrhu pro každou z nich byly vytvořené výpočetní modely, výstupem, z kterých byl průkaz energetické náročnosti s grafickým zobrazením a protokolem. Hlavními kritérii při výběru optimální varianty pro energetickou koncepci budovy byly:

- Celková roční dodaná energie [kWh/m².rok]
- Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/m².rok]
- Neobnovitelná primární energie [kWh/m².rok]
- Provozní náklady [Kč]
- Investiční náklady [Kč]

Informace ohledně množství celkové dodané energie, měrné potřeby tepla na vytápění a množství neobnovitelné primární energie byly převzaty z protokolu PENB a následně porovnané. Stejně tak byly spočítané a porovnané provozní a investiční náklady. Závěrem bylo, že optimální variantou, která zohledňuje i energetickou náročnost, i ekonomické faktory je Varianta 3.

Cílem druhé části diplomové práce bylo pro vybranou variantu vypracovat projektovou dokumentaci vytápění pro vydání stavebního povolení. Návrh kogeneračních jednotek byl proveden na základě měsíčních potřeb tepla pro provoz vytápění, přípravu TV a ohřevu vzduchu ve VZT jednotkách. Návrh dimenzí potrubí a otopných ploch, otopných těles byl proveden pomocí programu Techcon. Výkresová dokumentace projektu vytápění obsahuje půdorys, rozvinutý řez, schéma zapojení zdroje tepla a podrobnější půdorys kotelny.

4. Seznam příloh

- Technická zpráva
- Výkresová dokumentace:
 - Výkres č.1 - Půdorys 1.NP, 2.NP M1:100
 - Výkres č.2 – Schematický rozvinutý řez otopnou soustavou M1:100
 - Výkres č.3 – Funkční schéma zapojení zdrojů tepla
 - Výkres č.4 – Půdorys kotelny M1:25
 - Výkres č.5 - Řez kotelnou M1:25
- Návrh kogeneračních jednotek a plynového kondenzačního kotle
- Tepelné ztráty objektu a tlakové ztráty otopných větví

5. Seznam obrázků

- Obr 1. Grafika průkazu energetické náročnosti pro Variantu 1*
- Obr 2. Podíl dodané energie dle účelu pro Variantu 1*
- Obr 3. Bilance ztrát energie pro Variantu 1*
- Obr 4. Bilance dle energonositelů pro Variantu 1*
- Obr 5. Grafika průkazu energetické náročnosti pro Variantu 2*
- Obr 6. Grafy rozdělení celkové dodané energie*
- Obr 7. Bilance ztrát energie*
- Obr 8. Grafika průkazu energetické náročnosti pro Variantu 3*
- Obr 9. Roční průběh dodané energie Varianta 3*
- Obr 10. Souhrnný graf energetického posouzení pro všechny varianty*
- Obr 11. Souhrnný graf ekonomického posouzení pro všechny varianty*

6. Seznam použitých programů

- Microsoft Word 2016
- Microsoft Excel 2016
- Raucad Techcon
- AutoCad 21
- Energie 2021
- SketchUp 2015

7. Seznam použitých zdrojů

- [1] - Stavebně energetické koncepce budov. prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc. [online]. [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-stavebne-energeticke-koncepce-budov.html#:~:text=Touto%20koncepc%C3%AD%20je%20my%C5%A1lena%20kvalifikovan%C3%A1,domovn%C3%AD%20techniky%20a%20elektrick%C3%BDch%20spot%C5%99ebi%C4%8D%C5%AF.>
- [2] – Jan Tywoniak Nízkoenergetické domy. Principy a příklady. Praha: Vydavatelství Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-1101-X.
- [3] - Praktická aplikace metodiky hodnocení energetické náročnosti budov. Ing. Miroslav Urban, Ph.D., prof. Ing. Karel Kabele, CSc., ČVUT Praha, Fakulta stavební, katedra TZB. [online]. [cit. 13.5.2013]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9897-prakticka-aplikace-metodiky-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-rodinny-dum>
- [4] - <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-souciniteleprostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochranabudov-cast-2-pozadavky>
- [5] - KORADO, a.s.: Desková otopná tělesa, RADIK VK [online]. [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/radik/radik-vk.html>
- [6] - JELÍNEK, Vladimír et al. Technická zařízení budov 20: Vytápění přednášky. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-01938-1.
- [7] - Vytápění průmyslových hal a velkých objektů. [online]. [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapani-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu>
- [8] - Volba způsobu vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů. Ing. Ondřej Hojer, Ph.D., KOTRBATÝ V.M.Z. spol. s r.o. [online]. [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapani-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/20131-volba-zpusobu-vytapani-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu>
- [9] - Regulovatelný ejektor - regulační prvek v tepelně technických soustavách. Ing. Miroslav Kotrbatý, Ing. Ondřej Hojer, Ing. Josef Pouba. [online]. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapani-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/3591-vytapani-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-x>
- [10] - Rozmístění a zapojení sálavých panelů i s ohledem na optimální tok otopné vody. Ing. Miroslav Kotrbatý. [online]. [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapani-prumyslovych-hal-a-velkych-objektu/3223-vytapani-prumyslovych-a-velkoprostorovych-objektu-iv>
- [11] - Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov 22.6.2020
- [12] - ČSN EN 12828+A1 (060205) Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav
- [13] - Jiří Bašta, Ondřej Hojer Sálavé a průmyslové vytápění. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2021. ISBN 978-80-01-06814-4.
- [14] - JELÍNEK, Vladimír et al. Technická zařízení budov 20: Vytápění přednášky. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-01938-1.
- [15] - KABELE, Karel et al. Energetické a ekologické systémy 1: Zdravotní technika, vytápění. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03327-9.
- [16] - neoTower®12.5. [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://neotower.cz/sortiment/neotower12-5/>