

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

*Vliv systému vytápění na
energetickou náročnost budov pro
technologické provozu*

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Jan Sander, Ph.D.

Autor práce:

Jirásková Karolína

Praha 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Karolína Jirásková

Technologická zařízení staveb

Název práce

Vliv systému vytápění na energetickou náročnost budov pro technologické provozy

Název anglicky

The influence of the heating system for the energy performance of buildings for technological operations

Cíle práce

Porovnání vybraných typů vytápění technologických provozů z hlediska energetické náročnosti a ekologické zátěže.

Metodika

1. Úvod
2. Teorie vytápěného prostředí
3. Topné soustavy
4. Vybrané typy technologických objektů
5. Výpočet
6. Zhodnocení a závěr

Doporučený rozsah práce

45-55

Klíčová slova

systemy vytápění, ekologická náročnost budov, PENB,

Doporučené zdroje informací

Adamovský, R. – Neuberger, P.; Termomechanika II; 1.vydání, ČZU; 2003. ISBN 80-213-0987-3

Bernardinová A., Mareš M.; Zpracování průkazu energetické náročnosti budovy – Praktická příručka pro všechny majitele rodinných a bytových domů, bytů a pro realitní kanceláře; Linde; 2013. ISBN 978-80-7201-914-4

Petráš, D. – Kotrbatý, M.; Vytápění velkoprostorových a halových objektů; 1.vydání, JAGA GROUP; 2006. ISBN 80-8076-040-3

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Jan Sander, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2016

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 22. 03. 2016

Čestné prohlášení

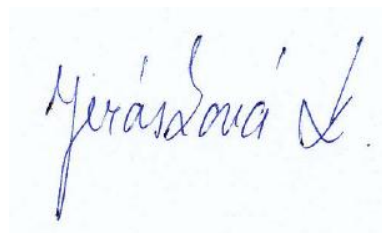
„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv systému vytápění na energetickou náročnost budov pro technologické provozy vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědoma, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědoma že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze, dne 31.3. 2016

Handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jerášková J." with a stylized flourish at the end.

Vliv systému vytápění na energetickou náročnost budov pro technologické provozny

Abstrakt:

Cílem diplomové práce je zjistit vliv systému vytápění technologických provozů na energetickou náročnost budov. Bude vybráno několik různých technologických provozů, do kterých budou navrženy dvě varianty systému vytápění. Na každý objekt a systém vytápění bude zpracován Průkaz energetické náročnosti budov dle Vyhlášky č.78/2013Sb., který vyhodnotí spotřebu energie nutné pro provoz budovy za rok. Práce uvádí obecné principy vytápění a stanovení podmínek technologických provozů, také zahrnuje přehled jednotlivých možných způsobů vytápění technologických provozů.

Klíčová slova:

Systémy vytápění, technologické provozny, energetická náročnost budov, Průkaz energetické náročnosti budov, ekologická náročnost budov.

The influence of the heating system for the energy performance of buildings for technological operations

Summary:

The goal of the thesis is to determine the effect of heating technology objects for the energy performance buildings. Will be chosen several different technological operations, which will be designed in two variants of the heating system. Each object and the rating system will be developer Energy performance Certificate of buildings according do Decree n.78/2013Cl., which evaluantes the energy consumption required to operate the building each year. The thesis presents the general principles of the heat and the conditions of technological objects, also includes an overview of the variol possible methods of heating technology operations.

Keywords:

System of the heating, technological objects, energy performance of buildings, Energy performance Certificate of buildings, the environmental performance of buildings.

Obsah

1 ÚVOD.....	9
2 TEORIE VYTÁPĚNÍ PROSTŘEDÍ	10
2.1 Tepelná pohoda člověka	10
2.1.1 Lokální tepelná nepohoda člověka	12
2.2 Vytápěné prostředí	12
2.2.1 Jednopodlažní objekty	13
2.2.2 Vícepodlažní objekty	13
2.2.3 Zásady navrhování konstrukcí z hlediska technických vlastností	14
2.3 Sdílení tepla	16
2.4 Energetická úspora	18
3 TOPNÉ SOUSTAVY.....	20
3.1 Konvekční vytápění	20
3.1.1 Teplovzdušné vytápění	21
3.1.2 Solární teplovzdušné vytápění	22
3.1.3 Otopná tělesa	24
3.1.4 Konvektory	24
3.2 Sálavé vytápění.....	25
3.2.1 Plynové světlé infrazářiče	25
3.2.2 Plynové tmavé infrazářiče	27
3.2.3 Elektrické světlé infrazářiče	28
3.2.4 Elektrické tmavé infrazářiče.....	30
3.2.5 Zavěšené sálavé panely	31
3.2.6 Podlahové vytápění	32
3.2.6.1 Teplovodní podlahové vytápění	32
3.2.6.2 Elektrické podlahové vytápění	32
4 VYBRANÉ TYPY TECHNOLOGICKÝCH OBJEKTŮ	33
4.1 Popis objektu	33
4.1.1 Administrativní část	34
4.1.2 Výrobní část	35

4.2 Návrh vytápění	36
4.2.1 Varianta č.1	36
4.2.2 Varianta č.2	37
4.2.3 Varianta č.3	38
5 VÝPOČET.....	40
5.1 PENB	40
5.1.1 Vybrané definované pojmy	40
5.1.2 Metodika výpočtu PENB.....	42
5.1.3 Vstupní parametry vybraného objektu pro PENB	43
6 ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR	45
Zdroje	49
Seznam použitých označení	51
Seznam grafů	51
Seznam tabulek	51
Seznam obrázků	52
PŘÍLOHY	
Příloha 1 – PENB varianta č.1	53
Příloha 2 – PENB varianta č.2	72
Příloha 3 – PENB varianta č.3.....	91

1 ÚVOD

Volba druhu vytápění v průmyslových objektech, jeho hospodárnost a efektivita, ekonomická zátěž a v neposlední řadě ohled na životní prostředí se stávají nejdůležitějšími aspekty v rozhodování. Tato práce je zaměřena konkrétně na průmyslové budovy s technologickými provozny.

V práci se nacházejí detailněji rozebrány druhy průmyslového vytápění a jejich charakteristiky, vytyčení jejich kladů a záporů. Dále je v práci prezentována problematika vnitřního prostředí průmyslových objektů, jejich zabezpečení tepelné pohody a také minimalizace lokální tepelné nepohody.

Pro praktickou část práce byla zvolena výrobní hala tvrzeného skla s administrativním zázemím firmy, pro které jsou navrženy tři varianty topných systémů s použitím odlišných zdrojů. Stěžejním nástrojem srovnání je vybrán Průkaz energetické náročnosti budov, který se v současnosti stává více známým, důležitým a ze zákona povinným pro většinu budov, jež je vypočten na každou konkrétní variantu.

Závěrem zvoleného tématu bude zhodnocení jednotlivých variant vytápění ve vybraném průmyslovém objektu, dodaná energie, spotřeba energie i s ohledem na životní prostředí a ekonomické zhodnocení pro daný provoz.

2 TEORIE VYTÁPĚNÍ PROSTŘEDÍ

Velkoprostorové výrobní, montážní a skladovací haly patří k náročnějším pro navrhování otopných soustav a případného nuceného větrání. Bývá obtížným úkolem dosáhnout odpovídajících mikroklimatických podmínek v oblasti pobytu pracovníka. Povrchové teploty podlahy položené na rostlém terénu bývají velice nízké, což způsobuje ochlazování nejbližších vrstev vzduchu. Výsledkem je nerovnoměrné rozložení teplot po výšce člověka i po výšce samotného objektu, což vede k tepelným ztrátám střešním pláštěm. Teplota vzduchu v podstřešním prostoru vlivem teplotního gradientu bývá mnohdy podstatně vyšší než v pracovní oblasti, tedy v místě pobytu pracovníků. Náročnost návrhu a provozu otopných soustav pro tento druh průmyslových objektů spočívá především v tom, že je nutné zjistit požadované mikroklimatické podmínky v oblasti pobytu člověka, a dále zmenšit tepelné ztráty objektu. [1; 2]

2.1 Tepelná pohoda člověka

Nejdůležitější složkou interiérového pracovního prostředí je tepelně vlhkostní mikroklima, charakterizované zajištěním optimálního tepelného stavu na pracovišti – tepelná pohoda. Člověk se dokáže přizpůsobit určitému mikroklimatu, ale existuje rozpětí tzv. neutrální zóna, v které se cítí nejlépe. Tuto zónu podminují subjektivně příjemné pocity pracovníka při rovnovážné tepelné bilanci v pracovním prostředí, které nezatěžuje jeho termoregulační systém. Jedná se o stav, kdy pracovník nepocítuje chlad ani nadměrné teplo. Při pocitu chladu pracovníků, dojde ke zvýšení výkonu tepelného zdroje, aby byla zajištěna vyšší teplota na pracovišti, ale zvýšení teploty pouze o 1 až 2 °C způsobuje nárůst provozní energetické náročnosti budovy o 5 až 15 %.

Na faktory, které ovlivňují podmínky pro dosažení komfortní tepelné pohody člověka, lze pohlížet subjektivně či objektivně. Subjektivní pohled je zcela závislý na aktuálním stavu pracovníka. Objektivní pohled je dán snadno měřitelnými veličinami jakou jsou teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu a teplota okolních stěn nebo předmětů. [1; 2]

- ***Tepelná ztráta***

Tepelná ztráta ukazuje hodnotu tepelné energie, která za časovou jednotku uniká z objektu do venkovního prostředí za daných podmínek. Celkovou tepelnou ztrátu Φ_c průmyslového objektu lze vypočítat podle vztahu

$$\Phi_c = [\Phi_p + (-\Phi_z) + \Phi_v] \cdot e \quad [\text{W}] \quad (1.1)$$

kde Φ_p je tepelná ztráta prostupem tepla stavebními konstrukcemi [W];
 Φ_z – tepelné zisky [W];
 Φ_v – tepelná ztráta větráním (infiltrací) [W];
 e – přírážka na zátáp [-].

- ***Vertikální teplotní gradient***

Ve většině budov není konstantní teplota vnitřního vzduchu po výšce, od podlahy ke stropu. Teplota se zvyšuje s rostoucí výškou. Je-li teplotní gradient vzduchu příliš velký, může nastat lokální tepelná nepohoda převážně z nadměrného chladu, ale může nastat případ i z nadměrného tepla.

- ***Proudění vzduchu – průvan***

Proudění vzduchu v průběhu pracovní aktivity znamená nežádoucí lokální ochlazování lidského těla, způsobené účinkem větru nebo teplotním rozdílem. Pracovníci na vznik lokální tepelné nepohody většinou reagují neúměrným zvyšováním teplot na pracovišti.

- ***Asymetrické tepelné sálání***

Asymetrické tepelné sálání v pracovní oblasti může způsobit chlad skrze okenní otvory a tepelně nezaizolované stěny, chlad nebo teplo z výrobků a technologických zařízení ale i ze špatně navrženého sálavého vytápění. [1; 2]

2.1.1 Lokální tepelná nepohoda člověka

Pro návrh, volbu a působení topných a ventilačních systémů i pro celkový vlhkostní režim pracovní oblasti je třeba určit komfortní podmínky pro tepelnou pohodu a vyloučit možnosti vzniku lokální tepelné nepohody.

Lokální tepelná nepohoda znamená, že nějaká část těla pracovníka se nadměrně přehřívá nebo naopak ochlazuje. Takovému stavu se při návrhu snaží předcházet, proto je třeba definovat další požadavky na stav tepelné pohody nejen vertikální teplotní gradient, proudění vzduchu nebo asymetrické sálání, ale další detailnější podmínky jako např.: studená podlaha nebo vlhkost vzduchu. [1; 2]

2.2 Vytápěné prostředí

Řešené vytápěné prostředí jsou průmyslové objekty s technologickými provozy. V technické praxi se často užívá dělení na čtyři základní skupiny:

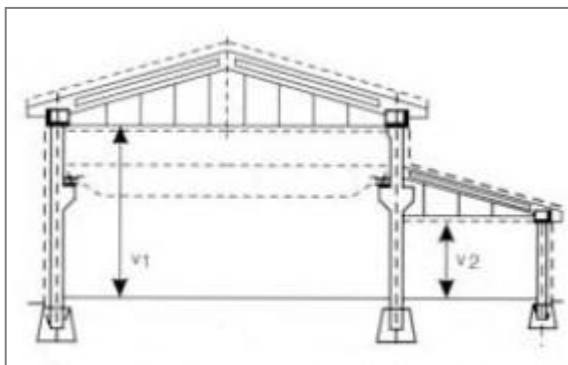
- lehký průmysl,
- středně těžký průmysl,
- těžký průmysl,
- speciální průmysl.

Dělení průmyslových objektů z konstrukčního hlediska ovlivňují činnosti jako výrobní procesy, dopravování a výrobní tok. Nejjednodušší je rozvržení výrobního toku v jedné rovině objektu. Vícepodlažní uspořádání vyplývající z technologických procesů využívá gravitační spád, tedy vertikální systém dopravy. Rozhodnutí, zda zvolit vícepodlažní objekt, ovlivňuje ekonomické hledisko a velikost pozemku. [1; 2]

Konstrukční systém může být stěnový, skeletový nebo jejich kombinace. Nosné konstrukce jsou obvykle navrhovány z prefabrikovaných prvků ze železobetonu, montovaných ocelových prvků, popřípadě ze dřeva nebo plastů. Výrobní prostor se tím dělí do jednotlivých traktů tzv. lodí.

Dispoziční řešení bývá podřízeno technologickým požadavkům, jako je druh provozu, rozmístění strojů a jejich výškové uspořádání, rozmístění rozvodů, dopravní cesty a případně skladování.

Obr.:1 Jednopodlažní hala



[zdroj: www.prefahaly.cz; staženo: 30.12. 2015; upraveno]

2.1.2 Jednopodlažní objekty

Jednopodlažní objekty jsou vhodné pro výrobní procesy s velkými a těžkými stroji. Pro tyto provozy jsou nezbytné velké skladovací plochy s jeřábovými drahami. Rozpětí lodí se pohybuje v rozmezí od 10 do 30 m a výška od 4 po 25 m, délka lodí je díky současným stavebním systémům prakticky neomezena. Spojením několika lodí rovnoběžně vedle sebe vznikají vícelodní objekty. Příkladný jednolodní objekt je na obrázku *obr. 1*. [1; 2]

Dle druhu výroby dělíme na:

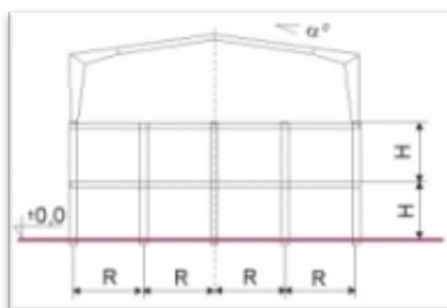
- Objekty pro lehkou výrobu
- Objekty pro středně těžkou výrobu
- Objekty pro těžkou výrobu
- Objekty pro velmi těžkou výrobu.

2.1.3 Vícepodlažní objekty

Ve vícepodlažních objektech se zpravidla umísťují lehké výrobní provozy, které zbytečně nezatěžují nosnou stavební konstrukci zejména ve

vyšších podlažích. Nosné konstrukce musí přenášet vlastní hmotnost, hmotnosti technologických zařízení a výrobků, dopravních zařízení a samozřejmě pracovníků. Konstrukce také musí odolávat působení kmitání vyvolaných činností strojů a s tlakem větru. V souladu s požadavky na dopravy se výrobní procesy dělí tak, že těžší výrobní technologie se umísťují v nižších podlažích. Příklad vícepodlažního objektu je znázorněno na obrázku *obr. 2.* [1; 2]

Obr.:2 Vícepodlažní objekt



[zdroj: www.prefahaly.cz; staženo: 8.2. 2016; upraveno]

2.1.4 Zásady navrhování konstrukcí z hlediska tepelně technických vlastností

Základním cílem tepelně technického návrhu konstrukcí a budov je zajištění hygienických požadavků, ochrana zdraví při práci a ochrana životního prostředí, čímž je míněno zajištění tepelné pohody v zimním i letním období. Dalším podstatným požadavkem je minimalizace spotřeby energie na vytápění, větrání či klimatizace.

Zvolené konstrukční řešení by mělo co nejméně narušovat celistvost tepelně izolační vrstvy. Při návrhu stavebních konstrukcí je třeba minimalizovat tepelné mosty, které vznikají nejčastěji u nadokenních a nadedveřních překladů, atiky, věnců, stropních nosných konstrukcí, lodžii a balkonů. U těchto míst s tepelnými mosty se překryje tepelně izolačním materiálem v takové tloušťce, aby vnitřní povrchová teplota poklesla co nejnižší. Volba materiálu pro tepelně izolační vrstvy by měla být navržena z materiálů s bezpečně známými vlastnostmi a se zaručenou trvanlivostí. Vrstvy v konstrukci jsou řazeny podle difuzního

odporu, směrem od vnitřního líce se snižují. Pokud se ve skladbě konstrukce vyskytují parotěsné vrstvy, měly by být co nejbližší k vnitřnímu povrchu. Zvolené stavební materiály z nasákavých nebo organických materiálů musí být navrženy tak, aby v ní nedocházelo ke kondenzaci vodní páry.

Při volbě stěnových konstrukcí z tvárnic a bloků je třeba minimalizovat negativní vliv ložných a styčných spár jejich přerušováním vzduchovou dutinou nebo vloženou tepelnou izolací nebo použitím izolačních malt. U montovaných stěnových konstrukcí je nutné řešit styky a spoje tepelně izolační vrstvou tak, aby v místě spoje tloušťka izolačního materiálu dosahovala tloušťku jako kdekoliv jinde v konstrukci. Pro zpomalení rychlosti poklesu teplot vnitřního vzduchu při přerušení či zastavení vytápění je třeba navrhovat u obvodových konstrukcí co nejbližší vnitřnímu povrchu tepelně akumulaci vrstvu. Při navržení lehkých obvodových konstrukcí a v místnostech s velkou plochou oken dochází po přerušení vytápění k rychlému snížení teplot vnitřního vzduchu a konstrukcí. Ve dnech se zápornou venkovní teplotou je nutné zabezpečit v těchto místnostech nepřerušované vytápění.

Přednostně se navrhuje větrané střešní konstrukce, a to s půdním prostorem nebo spíše dvouplášťové. Pro zabezpečení tepelně technických vlastností střešních konstrukcí pomocí tepelně izolačních podhledů, je nutné vyhodnotit celou skladbu střechy. Posouzení musí vycházet z možností napojení vzduchové vrstvy nad podhledem na vnitřní prostředí. Střechy uzavřené parotěsnou vrstvou z obou stran, musí být vlhkost materiálů co nejnižší. Spádové a tepelně izolační vrstvy by neměly být navrženy z nasákavých a organických materiálů.

V objektech výměna vzduchu zajišťuje vyhovující hygienický stav vnitřního prostředí. Pokud je nadměrná výměna vzduchu, tak vzniká nadměrná tepelná ztráta a zvyšuje se spotřeba tepla na vytápění objektu. Pokud je naopak výměna vzduchu nedostatečná, může se zvyšovat relativní vlhkost vnitřního vzduchu a koncentrace škodlivých látek.

Navrhování stavebních objektů z hlediska snížení energetické náročnosti na vytápění vyplývá z dodržování následujících podmínek.

Počet vstupů do objektu minimalizovat a u vstupů do vytápěných prostor vystavět zádveří. Vytápěné části situovat na osluněné světové strany. Řadit místnosti se stejnou vnitřní teplotou vedle sebe jak horizontálně či vertikálně, pokud možno nestřídat místnosti s rozdílnou teplotou vnitřního vzduchu. Volba tvaru budovy by měla být optimální z hlediska poměru plochy ku objemu. Omezením infiltrace oken a dveří a utěsněním spár oken a dveří. Dále omezit tepelné ztráty prostupem tepla u okenních otvorů navrhováním oken s vícenásobným izolačním zasklením.

Možnost snížení energetické náročnosti budov může být uskutečněna až po výstavbě celého objektu, jedná se o dodatečnou tepelnou izolaci konstrukcí, ale musí být respektována návaznost provedení. Cílem dodatečné tepelné izolace je snížení tepelných ztrát obvodovými konstrukcemi, zvýšení vnitřní povrchové teploty konstrukcí a tepelnou pohodu, zabránit kondenzaci vodní páry a plísním. Opatření se konkrétně jedná obvodových stěn, střešních a stropních konstrukcí, podlah, oken a dveří. [3]

2.3 Sdílení tepla

Přenosem tepla je myšleno předávání tepla z místa s vyšší teplotou do místa s nižší teplotou, sdílení tepla je podmíněno rozdílem tepla. Podle zákonů termodynamiky může teplo samovolně přecházet pouze z tělesa teplejšího na těleso chladnější, při dosažení vyrovnání teplot a sdílení tepla se stává nevratným dějem. Nauka o sdílení tepla se naproti tomu zabývá problematikou průchodu tepla hranicí mezi soustavou a jejím okolím. Hledá fyzikální mechanismy zprostředkující průchod tepla, formuluje jejich zákony, sestavuje algoritmy umožňující řešit aplikační úlohy a shromažďuje k tomu potřebné podklady. [1; 3; 4]

Teplo se sdílí třemi základními způsoby:

- ***Vedením (kondukcí)***

Za vedení tepla se považuje šíření mechanických forem energie mikroskopických pohybů částic hmoty v prostředí s teplotním rozdílem.

Při sdílení tepla vedením jsou sledovány teploty na různých místech tělesa, které tvoří teplotní pole a to určuje rozložení teplot v prostoru a čase. Ke sdílení dochází mezi bezprostředně sousedícími částicemi hmoty především v pevných látkách. V tekutinách dochází ke sdílení tepla vedením pouze ve zvláštních případech, kdy makroskopický pohyb bývá potlačen. Rychlost vedení tepla ze zahřáté části látky do jiné a chladnější určuje veličina: tepelná vodivost. Materiály lze porovnávat podle součinitele tepelné vodivosti, kdy se tato veličina stává jednou z nejdůležitějších pro zhodnocení současných stavebních materiálů pro výstavbu nových objektů.

- ***Prouděním (konvekce)***

Ke sdílení tepla prouděním dochází v tekutinách a plynech, které mění místo v prostoru a konají makroskopický pohyb. Pohybem hmoty dochází k vzájemnému pohybu jednotlivých částí, které mají odlišnou teplotu a tedy různou hustotu vnitřní energie, při svém pohybu sdílejí teplo s okolím a přenášejí přitom svoji tepelnou energii. Samovolné proudění teplejší části hmoty většinou stoupá vzhůru, protože hustota kapalin a plynů s teplotou klesá.

- ***Sáláním (radiace)***

Sdělené teplo sáláním se považuje za tepelné záření, jedná se o elektromagnetické vlnění v určitém rozsahu vlnových délek. Za tepelné záření považujeme tu část spektra, do níž patří především viditelné světlo a infračervené záření, mimo tento interval se tepelné záření také vyskytuje, ale má zanedbatelnou energii. Tuhé těleso nebo ohraničený objem tekutiny či disperzního prostředí o určité teplotě, přeměňuje část své vnitřní energie v elektromagnetické vlny. Při sdílení tepla sáláním není přítomna žádná zprostředkující látka. Sálání není závislé na teplotě prostředí, kterým prochází, ale je závislé na teplotě povrchu tělesa, které tepelné vlny vyzařuje. Při dopadu na jiný objekt, který vlny pohltí, se dopadající energie elektromagnetických vln částečně změní na vnitřní energii objektu. [1; 5]

2.4 Energetická úspora

V zájmu trvale udržitelného rozvoje, který naplňuje potřeby přítomných generací, aniž by ohrozil schopnost budoucích generací, je třeba přihlížet na volbě energie pro zdroje tepla, v našem případě volbě paliv pro vytápění. Cílem udržitelného rozvojem je uvést do souladu hospodářský a společenský pokrok s plnohodnotným zachováním životního prostředí, jedná se tedy o rovnováhu mezi ekonomikou, sociálními aspekty a životním prostředím. Jako řešení v globálním měřítku vzniká Kjótský protokol, který je mezinárodní smlouvou z roku 1997 k Rámcové smlouvě OSN o klimatických změnách, kde se průmyslové země zavazují ke snížení emisí skleníkových plynů. Tato redukce se vztahuje na šest zásadních produkovaných plynů, které budou za pětileté období porovnávány s lety minulými. Pro většinu průmyslově vyspělých států jsou přijaté závazky spíše investice do energeticky úsporných technologií, podpora úspor energií v obytném sektoru, vývoj a podporu energeticky méně náročných forem dopravy. [I]

Tato práce pojednává o průmyslovém vytápění, tudíž se budeme zabývat pouze tímto odvětvím a dopadem přijetí protokolu pro tento sektor. Po přijetí protokolu státy EU a zavádění opatření vzniká Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov. Pohlíží na účinné, uvážlivé, racionální a udržitelné využívání energie mimo jiné z ropných produktů, zemního plynu a pevných paliv, které jsou základními zdroji energie i zdroji emisí oxidu uhličitého. Směrnice se snaží nastavit opatření o spotřebě energie a využívání energie z obnovitelných zdrojů, a stanovuje platné závazky snížení pro členské státy. Jsou stanovena nezbytná opatření s cílem dosáhnout rozsáhlých a dosud nevyužitých možností úspor energie, opatření bere v úvahu klimatické a místní podmínky členských států.

Energetická náročnost budov by měla být vypočtena na základě metody, která se může na vnitrostátní úrovni lišit. Kromě tepelných vlastností jsou zahrnuty další důležité aspekty jako např. zařízení pro vytápění, klimatizace, využití energie z obnovitelných zdrojů, chlazení ale i stínění a kvalita vnitřního ovzduší.

Probíhá zavádění a přizpůsobování finančních nástrojů Unie a dalších opatření s cílem stimulovat a podpořit veřejný i soukromý sektor, v rámci iniciativy vznikají dotační programy pro podporu inovace a renovace starších budov, zavádění ekologicky šetrných technologií, rozvoj energeticky účinných systémů a materiálů.

Členské státy mají výhradní povinnost stanovit minimální požadavky na energetickou náročnost budov, které jsou stanoveny za účelem dosažení optimální rovnováhy mezi investicemi a náklady na energii uspořenou během cyklu budovy.

Vzniká zákon č.406/2000 Sb. o hospodaření s energií, který zpracovává příslušné předpisy Evropské unie. Zákon kromě definice základních pojmů nastiňuje státní a územní energetický koncept a programy na podporu úspor energie. Zákon udává povinnost kontroly provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie a klimatizačních systémů. Dále stanovuje snižování energetické náročnosti budov jak pro orgán veřejné moci, tak pro soukromý sektor. Zákon udává povinnost zpracování Průkazu energetické náročnosti, energetického štítku, energetického auditu a energetického posudku. V zákoně je definován energetický specialista a oprávněná osoba, jak se jimi mohou stát a jejich seznam.

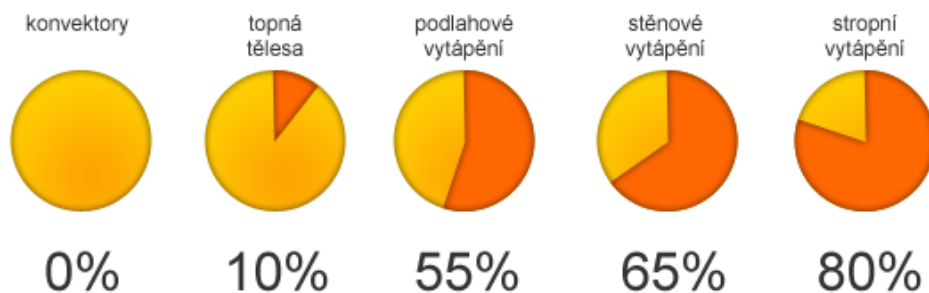
Na popud snižování energetické spotřeby vzniká Vyhláška č.78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov, která se právě opírá o výše popisované směrnici a zákon. Hodnocení energetické náročnosti se týká stavebníků, vlastníků i provozovatelů budov, požadavky jsou kladeny při nové domy, při změně dokončené budovy a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Klasifikace energetické náročnosti je povinností při prodeji či pronájmu. Vyhláška stanovuje nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost a stanovuje metodu výpočtu energetické náročnosti budovy, vzor posouzení proveditelnosti alternativních systémů a vzor stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti. Také udává způsob zpracování průkazu, jeho obsah a povinnost umístění. [6]

3 TOPNÉ SOUSTAVY

Tvorba pracovního prostředí ve velkoprostorovém objektu musí vycházet z uceleného pohledu na danou problematiku vytápění. Nelze řešit jen otázku mikroklimatických podmínek, ale i vliv na energetickou náročnost samotného objektu, stejně tak vliv na hospodárnost celé otopné soustavy i včetně zdroje tepla. Působení fyzikálních zákonů, charakter a dispozice průmyslových hal vytváří jednotlivé oblasti, které vyžadují samostatný rozbor. Z toho se dále musí vycházet při návrhu vhodné otopné soustavy. Dosaženým výsledkem by mělo být optimální pracovní prostředí člověka s minimální energetickou náročností celé budovy.

V současné době máme k dispozici několik typů konvekčních a sálavých otopných soustav, podíl sálání je zobrazen na obrázku *obr.3*. Každý z nich má své výhody a nevýhody, ale lze jimi vytvořit optimální pracovní prostředí pro člověka a zároveň dosahovat co možná nejmenší spotřeby energie. [1; 2]

Obr.:3 Zobrazení podílu tepelného toku sáláním pro různé druhy vytápění



[zdroj: www.tzb-info.cz; staženo: 16.1. 2016; vlastní úprava]

3.1 Konvekční vytápění

Při konvekčním způsobu vytápění se teplo šíří prouděním a primárně ohřívá vzduch. Od takto ohřátého vzduchu se sekundárně ohřívají stavební konstrukce.

Princip teplovodního vytápění spočívá v rozvodu od zdroje pomocí topného média – vody, kdy z topného tělesa proudí teplo a ohřeje vzduch v prostoru a poté se následně ohřejí konstrukce.

Při teplovzdušném vytápění pracovišť se dostane tepelná energie do daných prostor proudícím teplým vzduchem. Na pracovišti se vzduch vlivem tepelných ztrát ochlazuje na požadovanou teplotu a dále se odvádí mimo z prostor. Teplonosnou látkou je tedy vzduch, který je bohužel horším nosičem tepla oproti vodě, tudíž to vede ke většímu dimenzování rozvodů. [1; 2, 3]

3.1.1 Teplovzdušné vytápění

Nástěnné teplovzdušné soupravy pracují na principu konstantního průtoku vzduchu a změně jeho teploty v závislosti na změně venkovní teploty. Z toho plyne, čím je teplota venkovního vzduchu nižší, tím je větší tepelná ztráta a stoupá i teplota otopné vody, ale také stoupá teplota vypouštěného vzduchu. Jednotce stoupá spotřeba energie, a přesto nedokáže vytvořit optimální teplotní prostředí v pracovním prostoru. Zvýšit hospodárnost jejich provozu lze docílit po doplnění souprav o destratifikátory.

Destratifikátor je specifický vířivý ventilátor, který se instaluje do nejvyšších míst vytápěného prostoru. Jeho funkce zajišťuje rozvíření teplého vzduchu, který se hromadí pod stropní nebo střešní konstrukcí a stlačí ho zpět do zóny člověka. Pro zaručení dostatečné rychlosti proudění, má destratifikátor nastavitelné žaluzie ve spodní části své konstrukce. Zobrazení prvků na obrázku *obr.4*.

Konstrukční řešení teplovzdušných jednotek se od sebe příliš neliší, vyrábějí se ve dvou provedeních a to s axiálním ventilátorem nebo s radiálním ventilátorem. Volba mezi nimi závisí na výšce zavěšení a popřípadě výkonu jednotky. Jednotky se navrhují maximálně do výšky 8 až 10m, způsob zavěšení je řešen konzolami zakotvené do nosné konstrukce.

Princip využívání teplovzdušných systémů lze rozdělit do dvou typů provedení centralizované a decentralizované. Centralizované vytápění spočívá v přímém dodání tepla rovnou z jednotky, nejčastěji v provedení plynové.

Teplovzdušné jednotky jsou přímo napojeny na rozvod plynu ohebnými hadicemi, nejpoužívanějším palivem bývá zemní plyn. Odvod spalin musí být zajištěn mimo pracovní prostor. Nasátí spalovaného vzduchu bývá často řešeno právě z vnějšího prostředí. Decentralizovaný systém spočívá v zásobování jednotek topným médiem např.: vodou nebo párou z jednotného společného zdroje pomocí distribuční sítě. Zdrojem může být kotel nebo celá soustava kotlů, tepelné čerpadlo nebo centrální síť zásobování teplem z výroby v místě továrny. [1; 2, 3]

Obr.:4 Prvky teplovzdušného vytápění



[zdroj: www.mandik; www.lersen.cz staženo: 16.2. 2016; vlastní úprava]

vlevo – teplovzdušná plynová jednotka; vpravo - destratifikátor

3.1.2 Solární teplovzdušné vytápění

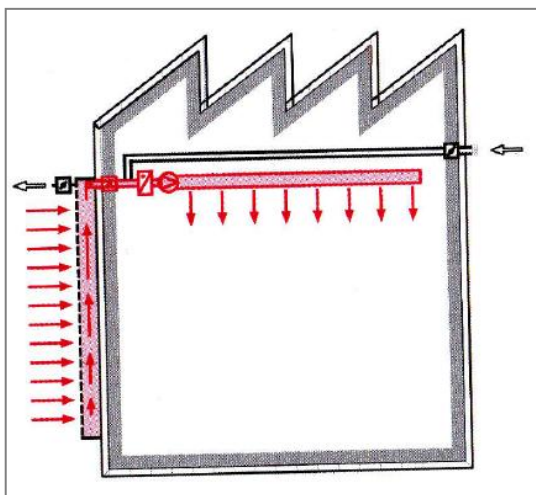
Princip solárních vzduchových kolektorů spočívá v tom, že při dopadu slunečního záření na tmavou plochu, vzniká teplo, které se bezprostředně uvolňuje do okolního vzduchu. Akorát konstrukce tohoto systému ohřívá vzduch na žádanou teplotní úroveň, zachytí ho a využívá ho.

Koncepce solárních vzduchových kolektorů k vytápění existuje v několika variantách, ale pro průmyslové provozy připadá v úvahu pouze nekombinovatelný jednoduchý systém k předehřívání venkovního vzduchu, schéma na obrázku *obr.5*. Tento způsob solárního ohřívání s přímým přívodem vzduchu lze považovat za jednoduchý a energeticky účinný systém, který předehřívá venkovní vzduch před přívodem do objektu. Vzduch se pomocí kolektorové fasády a slunečního záření ohřeje o 10 až 20 K, a to i při difúzním

záření. Solární systém pracuje s menším průtokem vzduchu při relativně vysokých tlakových ztrátách.

Výhodou tohoto systému vytápění může být samotné vyžití vzduchu jako topného média. Vzduch se ohřívá rychleji než voda. Vzduchová zařízení nepotřebují ochranu proti mrazu ani přehřátí, také nepodléhají tolik korozi. Rozvod vzduchových kanálů nemusí být absolutně těsná, tím vzniklé menší ztráty nemají negativní vliv na chování systému. Nevýhodou systému může být právě naopak vzduch jako nosné medium, protože vzduch nemá akumulční vlastnost pro svou nízkou hustotu energie. Vzduch má velmi nízkou tepelnou vodivost a pro přenos tepla jinému mediu potřebuje velké přenosové plochy. Další nevýhodou může být proudění teplého vzduchu v průmyslovém objektu, jelikož jsou takové technologické provozy, kde je tato vlastnost nežádoucí.

Obr.:5 Schéma solárního ohřívání přiváděného vzduchu



[zdroj: Filleux, Gütermann, 2006; staženo: 6.1. 2016; vlastní úprava]

Jedná se o tzv. solární fasádu, která se skládá z kolektorů s nezasklenými absorbéry. Vnější plášť tvoří jemně perforovaný strukturovaný absorpční plech. Absorbér je z tmavě natřeného hliníkového plechu nebo galvanizované oceli. Plech je o tloušťce 0,7 mm, který do 16 m délky lze montovat beze spojů. Každý čtvereční metr absorbéru nasaje 20 až 70 m² venkovního vzduchu za hodinu, ale mezera mezi solární fasádou a obvodovou

konstrukcí objektu by měla zajistit maximální rychlost proudění v tomto meziprostoru 3 m/s.

K systému se přiřazuje ventilační jednotka, a to hned za kolektor, kde pracuje v podtlaku a v domovní části naopak v přetlaku. Lze použít axiální i radiální ventilátor, přesto se dává přednost radiální konstrukci ventilátoru, protože jeho charakteristika lépe pokrývá vzniklé tlakové ztráty a má vyšší účinnost. Ventilátor je poháněn elektrickým vícestupňovým motorem na střídavý proud. Aby bylo zajištěno optimálních podmínek v objektu, budeme muset regulovat otáčky motoru v letním, zimním a přechodném období. Vzduchové kanály kolektorů zajišťují rozvod vzduchové kanály z pozinkovaného ocelového plechu. [7]

3.1.3 Otopná tělesa

Tento způsob vytápění se nepoužívá často, hodí se spíše pro prostory s menší půdorysnou plochou, z toho důvodu se pro velkoprostorové haly jeví jako ztrátová volba.

Jedná se o teplovodní systém vytápění, kde je rozvod zakončen otopnými tělesy. Vytápění je realizován pomocí topné vody, která vyhřeje těleso a dojde v něm k akumulaci tepla a poté se od těles ohřeje okolní vzduch v daném pracovním prostoru. Vlastnosti otopných těles jsou dány samotným tvarem, materiálem a rozměry. [1; 2]

3.1.4 Konvektory

Tento způsob vytápění není navrhován často, hodí se pro nízkopodlažní průmyslové objekty se specifickými požadavky provozu.

Konvektor se skládá z trubkového výměníku tepla s rozšířenou přestupní plochou a komory s výfukovou mřížkou. Účinkem přirozeného vztlaku dochází v komoře k vzestupnému proudění vzduchu, jež se ohřeje při proudění kolem přestupní plochy výměníku. Pro průmyslové objekty se nejčastěji využívá podlahový konvektor, který nijak neomezuje pracovní prostor.

Podlahový konvektor je celý umístěn pod rovinou podlahy, komora je nízká a výfuková mřížka musí být dostatečně únosná. Proudění vzduchu v konvektoru může být samotížné nebo nucené, s použitím ventilátorů [3]

3.2 Sálavé vytápění

Sálavé panely dodávají tepelnou energii do pracovního prostoru radiací. Většinou jsou zavěšeny na stropěch nebo v horní části stěn a teplo po dopadu na podlahu, konstrukce, pracovníky a popř. stroje nejprve ohřeje tuto plochu a po té se od ní druhotně ohřeje vzduch. Vzniklé teplo se předává radiací do vybraného prostoru, malá část tepla stoupá pomocí proudění vzhůru a část tepla ohřívá samotnou konstrukci zářiče. Sálavé šíření tepla se řídí zákony optiky, dochází k sálání v přímém směru. [1; 2]

3.2.1 Plynové světlé infrazářiče

Zářič spaluje většinou směs zemního plynu nebo propan-butanu se vzduchem na povrchu keramických destiček, dochází ke katalytickému spalování. Toto bezplamenné povrchové hoření svítí, proto se tento typ nazývá světlý zářič, zobrazen na obrázku *obr.6*. Zářič je charakterizován silnou koncentrací tepelného toku s relativně malou otopnou plochou o vysoké teplotě. Činná otopná plocha keramických destiček se nachází v rozmezí teplot od 800° až po 950°C. Výkony těchto zářičů začínají na 7kW a končí na 50kW. Zářiče vyrobené s nižším výkonem se používají pro přitápění nebo jako mobilní zdroj tepla. Zvýšit výkon lze využitím tepla ze spalin k předeřevu spalovací směsi nebo kvalitním zaizolováním reflexním krytů zářičů, umístěných na horní straně. Infrazářiče se mohou vyrábět bez regulace, tedy jednostupňové nebo regulovatelné dvoustupňové, pomocí změny průřezu trysky. Používají se převážně v budovách o výšce 5 až 20m. [1; 8; II; III]

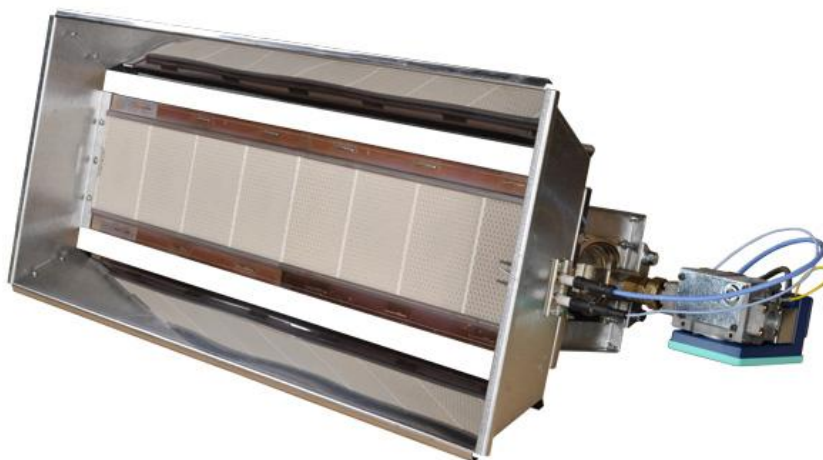
Infrazářiče mají jednoduchou konstrukci, skládají se ze základních prvků. Nerezový reflektor ve variantě izolovaný nebo bez tepelné izolace plní potřeby koncentrovat či rozptýlit tepelný tok. Tvar a kvalita reflexního zákrytu

usměrňují okrajové části sálání a tím zajišťují jeho maximální využití. Automatická regulace řídí tlak plynu před tryskou. Ve směřovací komoře dochází k přísávání spalovacího vzduchu a tvorbě spalovací směsi. Injektorový jednokomorový hořák umožní dokonalé spalování plynu téměř bez škodlivin v celém rozsahu výkonu. Nerezová spalovací komora je vestavěna v tepelně izolovaném zákrytu, která slouží k předehřevu spalovací směsi a tím i dosažení vyšší sálavé účinnosti. V zákrytu se nachází i nastavitelný reflektor z vysoko odrazivého materiálu.

Zářiče jsou konstrukčně provedeny ve vodorovné poloze do jednořadé nebo dvouřadé soustavy anebo jsou provedeny v šikmém náklonu, díky tomu se usměrní tepelný tok i do vyšších prostor vytápěného objektu.

Nasávání spalovacího vzduchu je realizováno rovnou z vytápěného prostoru a spaliny jednotka vypouští do pracovního prostoru, ty jsou až druhotně větrány se směsí vzduchu ven z budovy. Přívod vzduchu musí být vypočítán z volné plochy otvorů uvnitř objektu. Základní podmínkou pro návrh odtahu spalin a přívodu spalovacího vzduchu je dodržení minimálního vnitřního objemu prostoru určeného pro instalaci zářiče, a to 10 m^3 na 1 kW instalovaného jmenovitého tepelného příkonu zářiče. Odvětrání lze dosáhnout přirozenou výměnou vzduchu, prouděním ohřátého vzduchu anebo nucenou výměnou vzduchu. [1; 8; II; III; IV]

Obr.:6 Světlý plynový zářič



[zdroj: www.lersen.cz, 2006; staženo: 28.1. 2016; vlastní úprava]

3.2.2 Plynové tmavé zářiče

Tmavé zářiče nejdříve spalují směs plynu v hořácích umístěných ve spalovací skřínce a poté odtud se šíří horké spaliny do trubic, zobrazeno na obrázku *obr.7*. Nejčastěji se používá zemní plyn, propan nebo propan-butan. Průměrná teplota spalování dosahuje v průměru 350°C, stálé provozní teploty je dosaženo během několika minut. Plamen vstupuje do rozvodné trubice, zahřívá její povrch a teplota trubic na vstupu se pohybuje kolem 500°C. Po průchodu trubicemi zářiče se spaliny ochladí, pro zajištění nejvyšší účinnosti využití plynu by měla být výstupní teplota cca 180°C.

Infrazářiče lze rozdělit podle stupňů regulace na jednostupňové nebo dvoustupňové. V případě jednostupňové regulace pracuje zářič pouze v režimu zapnuto - vypnuto. Ve druhém případě pracuje zářič v režimu zapnuto – snížený výkon – vypnuto. Výhodou může být snížení četnosti zapnutí hořáku během topné sezony a získání rovnoměrnější výsledné teploty.

Oblast použití tmavých zářičů je hlavně v nižších výškách, zavěšení se pohybuje v rozmezí od 5 do 8 m, při vyšších výškách začíná klesat jejich účinnost. Tmavé zářiče se především používají pro celoplošné vytápění s téměř beze změn vnějších podmínek.

Na začátku každé soustavy bývá instalovaná vzduchotěsná skříň, kde probíhá zapalování, spalování, promíchání a kontrola. Nad radiačními trubicemi je instalován reflektor, který slouží k odrazu tepelné sálavé složky produkované samotnými trubicemi a odráží je směrem dolů do vytápěného prostoru. Reflektor je tvořen plechem z nerezové oceli hliníkovým povrchem a může být vybaven tepelnou izolací nejčastěji z minerálních vláken. Infrazářiče se umísťují pod strop pomocí závěsného systému nebo pomocí závitových tyčí, je třeba zabránit přetočení. Šikmý náklon u tmavých zářičů není až tak obvyklou realizací, používají se ve vodorovné poloze.

Systém rozmístění trubic zářiče mohou být ve tvaru U nebo I. Ve variantě U ze spalovací skříň nejprve vystupuje trubice, spaliny projdou celou větví a pomocí spojovacího kolena se sekundárně vrací zpět do spalovací skříň, čímž je zajištěna téměř vyrovnaná teplota. V druhém případě I vychází pouze

jedna trubice ze spalovací skříně a vstupuje na konci větve ke koncovému boxu, který má za úkol odvést zchladlé spaliny.

Přívod spalovacího vzduchu se provádí přímo z vytápěného prostoru, na spalovací skříně je umístěn zákryt. Pokud vytápěný prostor není vhodný k odsávání spalovacího vzduchu (např.: příliš prašný), je nutné přivést spalovací vzduch zvenčí. Nucený odvod spalin je proveden kouřovodem střešním pláštěm nebo obvodovou stěnou mimo objekt. [1; 2; 8; I; IV; V]

Obr.:7 Tmavý plynový zářič



[zdroj: www.lersen.cz; staženo: 28.1. 2016; vlastní úprava]

3.2.3 Elektrické světlé infrazářiče

Infrapanel šířením tepla dosahuje tepelné pohody při nižší spotřebě tepla i v objektech s horšími tepelně-izolačními vlastnostmi. Princip elektrického infrazářiče tkví v průchodu elektrického proudu topným prvkem s vysokým odporem, který se přeměňuje na teplo. Zdroj radiace bývá keramické tělíčko nebo kovová trubička s keramickou náplní. Vzniklé infrazáření se odráží do pracovního prostoru pomocí reflexních ploch v panelu, které jsou obvykle z lesklých kovů, např.: z hliníku, či pozlaceného hliníku. Infrazářič je zobrazen na obrázku *obr.8*.

Panely mohou dosáhnout povrchové teploty od 400 až po 950°C. Doporučená výška umístění elektrických panelů je 1,8 – 5 m. Výkony zářičů se pohybují v rozmezí od 1 až po 4 kW, regulace výkonu může být dvoustupňová až čtyřstupňová. [1; 2; I]

Světlé elektrické zářiče jsou vyráběny v několika konstrukčních provedeních.

- ***Infrazářič s kovovým pouzdem.***

Zářič s kovovým pouzdem a odporovou spirálou je složený v kovové trubici, v které je niklo-wolframový drát uložený v žáruvzdorné a elektricky izolační hmotě.

- ***Infrazářič s trubicovitou Si-lampou.***

Trubice z taveného křemíku a naplněný inertním plynem, v sobě mají wolframové vlákno.

- ***Infrazářič s křemíkovou trubicí.***

Nevakuovaná křemíková trubice zářiče má uvnitř stočený niklo-wolframový drát.

- ***Infrazářič s reflektorovou žárovkou.***

Wolframové vlákno zůstane uzavřené v průhledném, mléčném nebo červeném obalu, který může být zevnitř částečně postříbřený, tím tvoří účinný reflektor infrapanelu.

Panely lze zavěsit pomocí ocelových lanek, řetízkovým systémem s karabinkami, teleskopických tyčí, anebo pomocí kovových konzol. [1; 2; I]

Obr.:8 Světlý elektrický zářič



[zdroj: www.infrazarice-infratopeni.cz; staženo: 9.2. 2016; vlastní úprava]

3.2.4 Elektrické tmavé infrazářiče

Infrazářič nejprve ohřívá okolní plochy zvláště podlahu, předměty a osoby a posléze ohřívá vzduch. Úspora elektrické energie vyplývá z principu, kdy ohřev pracovníků a pracoviště se děje přímo a výsledný pocit tepelné pohody je již při teplotách vzduchu o 2 až 4°C nižší, než je běžná potřebná teplota. Při snížení teploty o 1°C získáme úsporu už o 6 až 7 %. Systém elektrického vytápění infrapanely je investičně dražší oproti plynovým infrazářičům. Instalační výška pro celoplošné vytápění se pohybuje od 3 do 7 m a pro lokální vytápění se pohybuje v rozmezí 2,5 až 4 m. Podíl sálavé složky dosahuje 85 až 90%, vyrábějí se o výkonech od 0,5 až 6 kW.

Tmavé elektrické infrazářiče se dají rozdělit na dva typy podle vyzařované teploty, pro názornost zobrazen na *obr.9*. Vysokoteplotní zářiče dosahují pracovní teploty od 200 do 350°C. Infrapanely jsou konstruovány s rovnou vyzařovací plochou, což může zajistit sálání v úhlu až 180°. Hliníková lamela je topnou jednotkou se zalisovanou topnou tyčí. Povrch lamel je opatřen galvanickou povrchovou úpravou, lakovaný ocelový nebo nerezový kryt infrapanelu je obalen tepelnou izolací z minerální vlny. Nízkoteplotní zářiče dosahují sálavé teploty od 90 do 130°C. Jedná se o uzavřené panely z ocelového pozinkovaného plechu s čelní topnou plochou opatřenou povrchovou úpravou.

Obr.:9 Tmavý elektrický zářič



[zdroj: www.tzb-info.cz; staženo: 9.2. 2016; vlastní úprava]

Vnitřní úprava má za úkol zajistit maximální pohlcení tepla ze zdroje a vnější povrchová úprava na bázi křemíkových krystalů má zvýšit účinnost při vyzařování tepla. Charakteristickým prvkem tohoto typu zářiče je jeho zrnitý povrch. Topným jádrem je tkaná folie na bázi grafitu či výplet z izolovaného odporového vodiče. Mezi topné jádro a čelní desku je vložena dielektrická izolační deska. Panel je tepelně izolovaný pomocí minerální vlny, která brání úniku tepla zadní stranou. [1; 2; VI; VII]

Infrapanel se skládá z výhřevného článku, který je vyroben z grafitu či niklo-chromového drátu, a pláště, ten bývá kovový nebo ještě opatřen nástřikem z křemičitého písku. Montáž panelů se provádí přímo na strop pomocí připevňovacího montážního rámu nebo zavěšením na lanka či řetízky. Zvolením stropní umístění se snižuje proudění vzduchu a tím se snižují i související ztráty. Při takto umístěnými panely se získá rovnoměrná teplota v pracovním prostoru ve svislém profilu, akumulací efekt je tvořen ve stěně a v podlaze. [1; 2; VI; VII]

3.2.5 Zavěšené sálavé panely

Tento typ vytápění využívá radiační složku sdílení tepla. Otopné soustavy používají jako topné médium vodu anebo popřípadě páru, také je lze rozdělit na teplovodní, horkovodní a parní. Tato volba vytápění je především pro velkoplošné pokrytí nebo pro linkovou technologii. Zavěšené panely se řeší především v podélných pásech.

Jedná se o montážní hliníkový rám opatřen z vrchu tepelnou izolací z minerálních vláken, konstrukce je zavěšena pod stropní či střešní konstrukcí. Do zhotoveného rámu jsou umístěny ocelové trubky, v kterých proudí topné médium.

Sálavé panely jsou zavěšeny pomocí tyčí nebo závěsných řetízků, umísťují se nejčastěji do horizontální polohy. Výška zavěšení panelů je dána podle použitého topného média a jeho teploty. Panely jsou zavěšeny v nízkých výškách, aby se sálavý efekt co nejméně rozptýlil. Sálavá složka při přestupu absorbuje i prach ze vzduchu v pracovním prostoru, tento jev je výraznější, čím výše jsou panely nainstalovány. [1; 2]

3.2.6 Podlahové vytápění

Nejedná se o nejpoužívanější druh vytápění, podlahové vytápění je určeno spíše pro specifické technologické provozy.

Podlahové vytápění lze ještě zařadit mezi sálavé vytápění, protože podíl sálavé složky je ještě o něco málo vyšší než konvekční složka. Vytápění je nejčastěji velkoplošné, tím otopné médium zajišťuje rovnoměrnost přenosu tepla. [1; 2]

3.2.6.1 Teplovodní podlahové vytápění

Podlahové vytápění by mohlo být považováno za nízkoteplotní, teplota otopné vody nepřekročí 45°C. Což může zvýhodňovat tento systém vytápění z hlediska úspory tepelné energie při provozu, dále se naskýtá možnost použití nízkopotenciálních zdrojů tepla.

Způsob přípravy otopné vody může být přímý tedy bezprostředně ze zdroje tepla nebo nepřímý a to je nejčastěji přes výměník. [1; 2]

3.2.6.2 Elektrické podlahové vytápění

Tento druh vytápění lze zařadit spíše mezi lokální systémy neboli doplňkové, pomocné k dotvoření komfortní tepelné pohody na pracovišti. Při volbě pro podlahové vytápění velmi záleží na navrhované skladbě podlahy především na kvalitě tepelné izolace a typu podlahové krytiny. Rozvod elektrické energie v porovnání s jinými systémy je v podstatě snazší a z pohledu investice i levnější, dochází k minimálním zásahům do stavebních konstrukcí.

Systém vytápění lze rozdělit na pracovní režim akumulární, poloakumulární nebo přímotopný.

V současnosti jsou nejvíce používány tři typy, a to odporové kabely, elektrické rohože nebo fólie. [1; 2]

4 VYBRANÉ TYPY

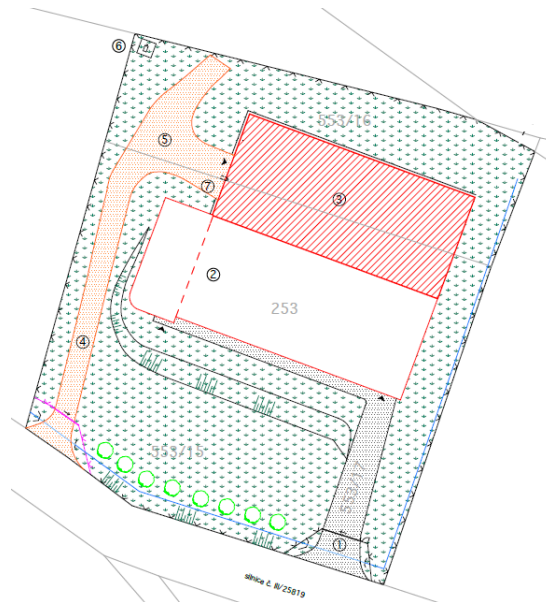
TECHNOLOGICKÝCH OBJEKTŮ

Vybraným objektem je sídlo a zázemí firmy OGB s.r.o., jež se zabývá výrobou a dodávkou tvrzeného skla. Jedná se o vrstvená a tvrzená bezpečnostní skla, izolační, potišťená, barevná, dotyková skla a chytrá skla se zpětnou projekcí. Dále firma sestavuje skleněné konstrukce, jako jsou např.: střechy, obklady, příčky, fasády, zábradlí a schody.

4.1 Popis objektu

Pro jednodušší a názornější popis lze celý komplex rozdělit na výrobní a administrativní část podle druhu využívání prostor. Pro snazší orientaci je zobrazena zastavovací situace celého objektu na obrázku *obr.10*.

Obr.:10 Zastavovací situace vybraného objektu



[zdroj: inveko 4U staženo: 26.1. 2016; vlastní úprava]

1 – stávající zpevněné plochy, 2 a 3 – vybraný objekt (výrobní haly a administrativní část), 4 a 5 – příjezdová cesta a obratiště, 6 – trafostanice,
7 – zpevněný vjezd

4.1.1 Administrativní část

Jak již z názvu vyplývá, jedná se převážně o kancelářské prostory a zázemí pro zaměstnance. Tato část je nepodsklepená dvoupodlažní zakončena plochou střechou, pro snazší orientaci jsou zobrazeny obrázky *obr.11 a 12*.

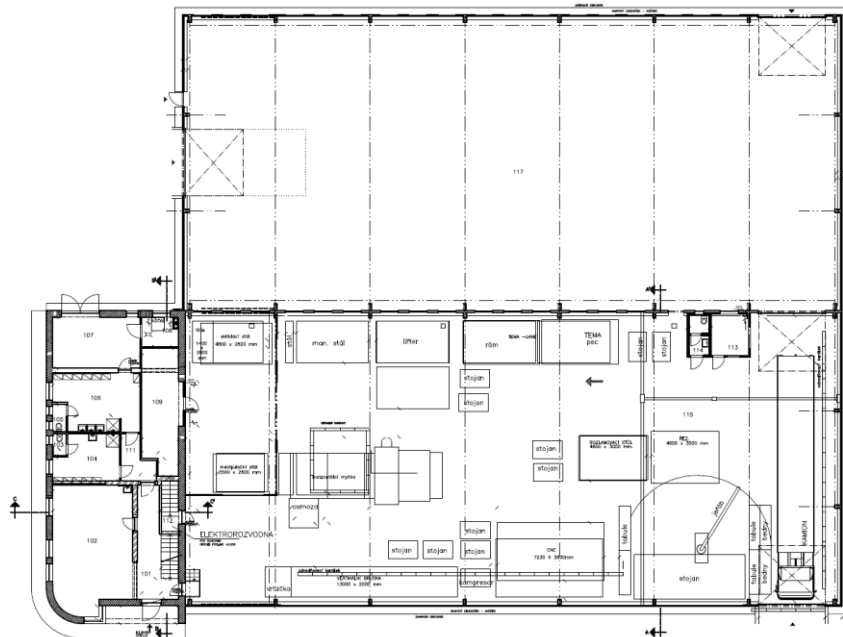
Založení této části bylo zhotoveno z monolitických betonových pásů ze ztraceného bednění na hutněný šterkopískový podsyp. Spodní stavba byla izolována modifikovanými asfaltovými pásy se skelnou vložkou.

Svislá nosná konstrukce je navržena ve stěnovém systému, v tomto případě je tvořena keramickými tvárniciemi zděné na vápenocementovou maltu. Nenosné stěny v objektu jsou taktéž tvořeny keramickými tvárniciemi.

Stropní konstrukce byla navržena jako železobetonové prefabrikované desky, jež navazují na železobetonové věnce, které v úrovni stropu ztužují tuto část objektu.

Zastřešení je konstrukčně řešeno jako plochá střecha, na stropní konstrukci byla položena parotěsnicí vrstva, spádová izolační vrstva a jako finální vrstva bylo položeno hydroizolační souvrství z asfaltových pásů.

Obr.:11 Půdorys 1.NP vybraného objektu

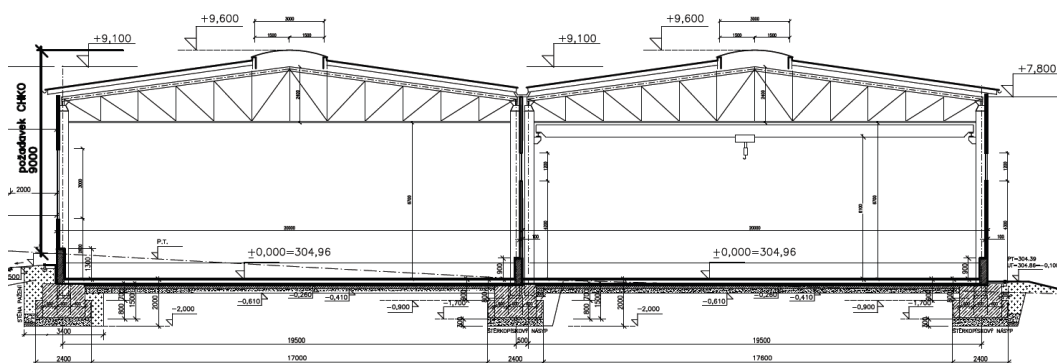


[zdroj: inveko 4U staženo: 27.1. 2016; vlastní úprava]

Okenní a dveřní otvory byly realizovány z plastových profilů s izolačním dvojsklem s distančním rámečkem.

Na štěrkopískový podsyp byla zhotovena roznášecí betonová deska vyztužená KARI sítí. Na ni byla položena hydroizolační vrstva, na ni tepelněizolační vrstva a na ni betonová vrstva, finální vrstvu nášlapné vrstvy bude tvořit keramická dlažba anebo koberec. [xx]

Obr.:12 Příčný řez vybraného objektu



[zdroj: inveko 4U staženo: 26.1. 2016; vlastní úprava]

4.1.2 Výrobní část

Skládá ze dvou hal, kdy jedna hala slouží jako skladovací prostor a prostoru pro zkoušení a testování skla, druhá hala slouží pro výrobu a tvarování skla. Pro snazší orientaci jsou zobrazeny obrázky *obr.11 a 12*. Obě výrobní haly jsou jednodílné skeletové a mají obdélníkový tvar půdorysu. Obě jsou nepodsklepeny se střechou sedlového tvaru se sklonem 8°.

Založení hal bylo zhotoveno z dvoustupňových železobetonových monolitických patek a z monolitických betonových pasů ze ztraceného bednění na hutněný štěrkopískový podsyp. Izolování spodní stavby bylo provedeno asfaltových modifikovaných pásů se skelnou vložkou celoplošně natavených k podkladu.

Nosnou skeletovou konstrukci tvoří ocelové válcované profily IPE, jež budou kotveny chemicky do patek. Po obvodu je vyzděna nízká obezdívka

z keramických tvárnic. Obvodový plášť je tvořen převážně stěnovými sendvičovými izolačními panely s povrchovou úpravou s imitací dřeva.

Nosná střešní konstrukce byla zhotovena z ocelových šroubovaných a svařovaných příhradových vazníků s pásnicemi typu HEA. Střešní krytinu tvoří izolační sendvičové panely, v hřebeni jsou umístěny prosvětlující obloukové světlíky.

Výplně stavebních otvorů byly realizovány z plastových profilů s izolačním dvojsklem s distančním rámečkem. Dveře vyskytující se na únikových cestách, které budou při provozu objektu zajištěny, musí mít ve směru úniku osob kování, které umožní po vyhlášení poplachu otevření dveří ručně či samočinně. Jako halový vjezd jsou použita sekční lamelová dvoustěnná vrata z pozinkovaného plechu, opatřené elektrickým pohonem.

Na štěrkopískovém podsypu byla provedena roznášecí betonová deska vyztužená KARI sítí. Na ni byla položena hydroizolační vrstva, dále desky polystyrenu. Na vrch přišla separační PE folie, na kterou byla provedena finální vrstva z drátkobetonu s leštěnou povrchovou úpravou.

Osvětlení v celém objektu zajišťují převážně zářivková světla.

Ohřev teplé vody pro potřeby zaměstnanců bude obstarávat kombinovaný bojler o objemu 120l, který bude umístěn v technické místnosti v administrativní části budovy. Jeho zdrojem v topné sezoně bude kondenzační plynový kotel a mimo topnou sezónu bude ohřev zajištěn z elektrické sítě. [xx]

4.2 Návrh vytápění

4.2.1 Varianta č.1

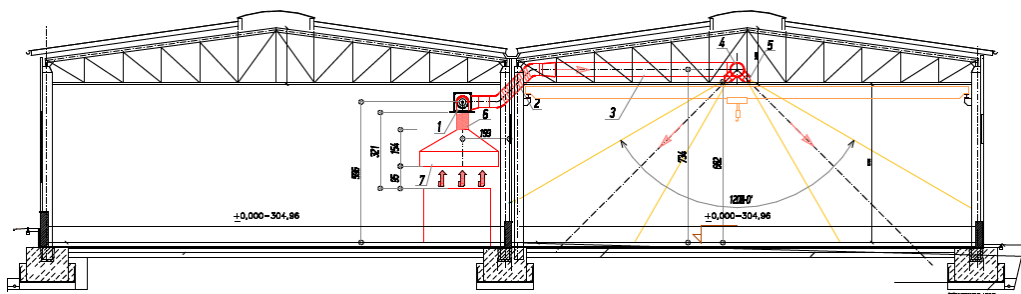
Vytápění budovy zajišťují dva zdroje, jedná se o kombinaci teplovodního a teplovzdušného systému s rekuperací.

V administrativní části budovy bude umístěn plynový kondenzační kotel o výkonu 50 kW. Z kotle povedou dvě topné větve, jedna bude zajišťovat teplovodní vytápění administrativní části pomocí otopných těles opatřené

termostatickými hlavicemi. Druhá topná větev zajistí teplovodní vytápění zadní výrobní haly také pomocí topnými tělesy opatřené termostatickými hlavicemi.

V zadní výrobní hale je osazena pec, ze které nepřetržitě uniká teplý vzduch, schematicky na obrázku *obr.13*. Využijeme odpadní teplo, které je o výkonu cca 100kW. Teplý vzduch bude zachycen do digestoře umístěné pod stropem, pomocí ohebného potrubí bude odpadní teplý vzduch veden k ventilátoru, který je též umístěn ve stropní konstrukci. Od ventilátoru bude teplý vzduch veden ohebnými hadicemi do přední haly. Z tohoto páteřového rozvodu bude teplý vzduch vyfukován k podlaze a ke stěnám pomocí dýzy s velkým dosahem. Dýzu je možné směřovat v rozsahu 30° a má vícestupňovou regulaci.

Obr.:13 Schéma řezu teplovzdušného vytápěním s rekuperací



[zdroj: inveko 4U staženo: 26.1. 2016; vlastní úprava]

4.2.2 Varianta č.2

Vytápění budovy zajišťují dva zdroje, jedná se o kombinaci teplovodního a sálavého vytápění.

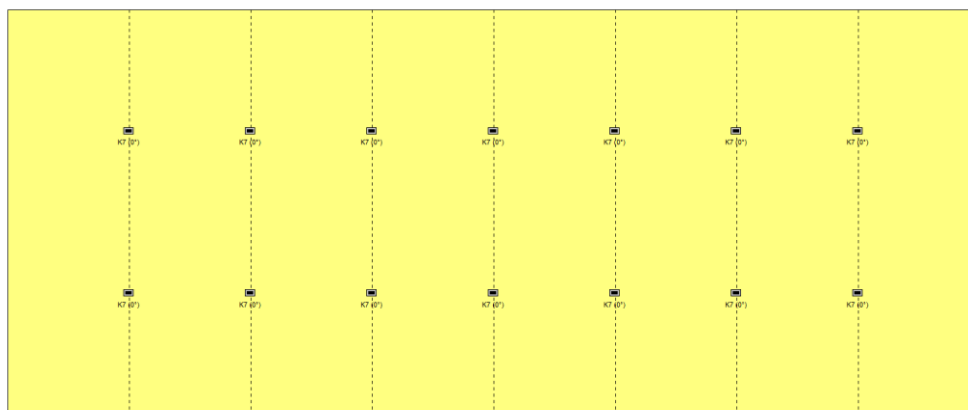
V administrativní části objektu bude umístěn plynový kondenzační kotel o výkonu 20 kW. Z kotle povedou dvě topné větve, jedna bude zajišťovat teplovodní vytápění v 1.NP v administrativní části a druhá větev bude zajišťovat vytápění 2.NP. Teplovodní vytápění bude provedeno pomocí otopných těles opatřené termostatickými hlavicemi pro lepší regulaci.

Ve výrobní části budovy bude vytápění zajišťovat systém sálavých světlých plynových infrazářičů, schéma umístění ve výrobní hale na obrázku *obr.14*. V každé výrobní hale bude umístěn jeden samostatný systém zářičů se spalovací komorou. Z důvodu rozmístění technologických zařízení v halách bylo

zvoleno dvouřadé provedení, aby byl zajištěn teplotní komfort v pracovních prostorách, kde se stále nachází zaměstnanci. Technologická zařízení umístěná po stranách haly byla převážně z této osálané plochy vyjmuta, aby nedocházelo k jejich zbytečnému přehřívání.

Zdrojem sálání byly navrženy infrazářiče KASPO K7 o tepelném výkonu 7 kW s účinností sálavé složky až 75%. V každé hale jsou tyto infrapanely rozmístěny ve 2 řadách po sedmi kusech. Na povrchu zářičů dochází k bezplamennému spalování, kdy jsou produkovány spaliny, které jsou odváděny do pracovního prostoru a poté se odvětrávají ventilačním systémem. Odvětrání budou zajišťovat 2 stropní ventilátory, které odvádí spaliny střešním pláštěm.

Obr.:14 Schéma rozmístění infrazářičů ve výrobní hale



[zdroj: www.kaspo.cz, staženo: 14.2. 2016; vlastní úprava]

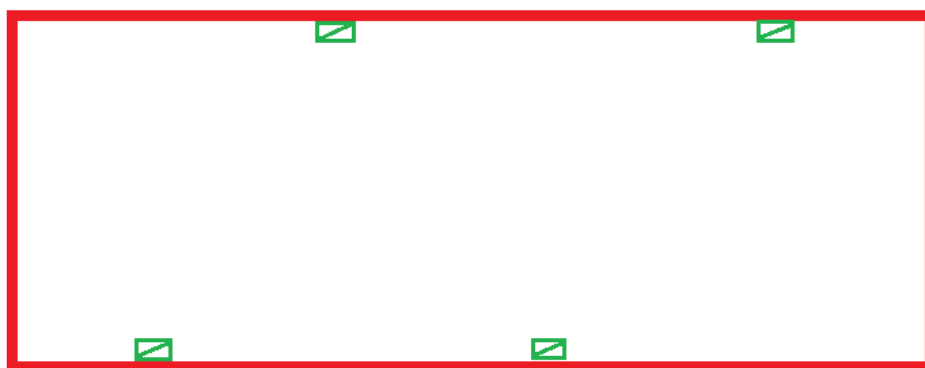
4.2.3 Varianta č.3

Vytápění objektu budou obstarávat dva zdroje, půjde konkrétně o kombinaci teplovodního a teplovzdušného systému.

V administrativní části budovy bude umístěn plynový kondenzační kotel o výkonu 20 kW. Z kotle povedou dvě topné větve, které budou zajišťovat vytápění v 1.NP a ve 2.NP administrativní části. Celá tato část bude vytápěna pomocí teplovodního vytápění pomocí otopných těles opatřené termostatickými hlavicemi.

V každé výrobní hale budou obstarávat vytápění pracoviště elektrické teplovzdušné jednotky, schéma rozmístění je na obrázku *obr.15*. V každé hale bude umístěna jednotka ETHA 2435 po čtyřech kusech. Jednotka má výkon 24 kW a dvoustupňovou regulaci výkonu. Jednotky budou umístěné na stěnách ve výšce 6,8m pod jeřábovými drahami. Odvětrání bude zajišťovat stropní ventilátor v každé hale, aby zajistil doplňkovou výměnu vzduchu.

Obr.:15 Schéma rozmístění teplovzdušných jednotek ve výrobní hale



[zdroj: www.mandik.cz, staženo: 23.2. 2016; vlastní úprava]

5 VÝPOČET

Jako hlavní nástroj výpočtu byl zvolen software pro vytvoření Průkazu energetické náročnosti budov dle Vyhlášky č.78/2013 Sb. O energetické náročnosti budov a jako další byly mé pomocné a přípravné výpočty.

5.1 PENB

Průkaz energetické náročnosti budov dokumentuje vypočtené množství energie nutné pro pokrytí potřeby spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok. Jedná se tedy o spotřebu energie nutné pro provoz budovy za rok, v důsledku toho je budova zařazena do jedné ze skupin A až G (skupina A představuje mimořádně úsporná a skupina G mimořádně neekonomická). Průkaz je vyhotoven v grafické podobě, kde je znázorněna energetická náročnost a její zatřídění, a protokolem, která tuto energetickou náročnost prokazuje a obsahuje soubor údajů, které budovu charakterizují a jsou nezbytné pro výpočet. [6; 9]

5.1.1 Vybrané definované pojmy

Pro snadnější porozumění textu i samotným průkazům jsou vybrány používané definované pojmy.

- *Typické užívání budovy* – jedná se o obvyklý způsob užívání budovy v souladu s podmínkami vnitřního a vnějšího prostředí a provozu stanovený pro účely výpočtu.
- *Celková energeticky vztažná plocha* – vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím v celé budově, vymezená vnějšími povrchy konstrukcí.
- *Obálka budovy* – soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici budovy, ucelené části nebo zóny, které jsou vystaveny přilehlému prostředí (venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch, sousední budova).

- *Zóna* – celá budova nebo její ucelená část s obdobnými vlastnostmi vnitřního prostředí a režimem užívání.
- *Referenční budova* – výpočtově definovaná téhož druhu, stejné geometrie a velikosti, stejné orientace ke světovým stranám, stínění a se stejným typickým užíváním jako hodnocená budova, ale s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejich konstrukcí a technických systémů.
- *Vypočtená spotřeba energie* – energie, která je stanovena z potřeby pro zajištění typického užívání budovy.
- *Potřebná energie* – energie, kterou je nutné dodat technickým systémům bez zahrnutí účinnosti systémům.
- *Primární energie* – energie, která neprošla žádným procesem přeměny, tedy taková, jak se vyskytuje v přírodě.
- *Celková primární energie* – je součet obnovitelné a neobnovitelné primární energie.
- *Faktor primární energie* – koeficient, kterým se násobí složky dodané energie po jednotlivých energonositelích za účelem získání množství celkové primární energie.
- *Pomocná energie* – energie, která je potřebná pro provoz technických systémů.
- *Obnovitelný zdroj* – nefosilní přírodní zdroj energie (větrná, solární, geotermální, vzdušná energie nebo energie vody, půdy, biomasy apod).
- *Faktor neobnovitelné primární energie* – koeficient, kterým se násobí složky dodané energie po jednotlivých energonositelích za účelem získání množství neobnovitelné primární energie.
- *Účinnost užití energie* – míra efektivnosti zvolených energetických procesů.
- *Ergonositel* – hmota nebo jev, které mohou být použity k výrobě tepla nebo na ovládání chemických nebo fyzikálních procesů.
- *Nákladově optimální úroveň* – úroveň, stanovená požadavky na energetickou náročnost nebo jejich stavebních nebo technických prvků, která vede k nejnižším nákladům na investice. [6; 9]

5.1.2 Metodika výpočtu PENB

Pro výpočet hodnot ukazatelů energetické náročnosti referenční budovy se použijí hodnoty parametrů vypočítávané budovy, stavebních konstrukcí a technických systémů budovy a parametry typického užívání budovy. Parametry a hodnoty referenční budovy mají zajišťovat nákladově optimální úroveň energetické náročnosti budov, vypočtenou pro předpokládaný ekonomický životní cyklus.

Zjištění celkové dodané energie a dílčích dodaných pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení se provede výpočtovou metodou s intervalem výpočtu nejvýše jednoho měsíce a po jednotlivých zónách. Dodaná energie je součtem vypočtené spotřeby energie a pomocné energie, celková dodaná energie se stanoví součtem dílčích dodaných energií a vyjádří se po jednotlivých energonositelích. Dílčí dodaná energie na vytápění se stanoví jako součet vypočtené spotřeby energie na vytápění a pomocné energie na provoz technického systému dle české technické normy pro výpočet potřeby energie pro vytápění a chlazení.

Stanovení celkové primární energie a neobnovitelné primární energie pro hodnocenou budovu se provede jako součet součinnů dodané energie, které jsou rozděleny po jednotlivých energonositelích a příslušných faktorů primární energie. Výpočet účinnosti technických systémů vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení se provede dle příslušných českých technických norem.

Zjištění průměrného součinitele prostupu tepla a jednotlivých konstrukcí na zónové hranici se provede dle české technické normy pro výpočtové metody ochrany budov. [6; 9]

5.1.3 Vstupní parametry vybraného objektu pro

PENB

Stěžejním materiálem je samozřejmě projektová dokumentace objektu, z které čerpáme převážně většinu informací pro průkaz energetické náročnosti budov a popřípadě od majitele či provozovatele.

Nejprve se shromažďují kontaktní informace o vlastníkově a provozovateli objektu, poté informace o objektu jako jsou např.: parcelní číslo, název katastrálního území, klimatická oblast, vnitřní návrhová teplota, nadmořská výška budovy, adresa objektu, typ užívání budovy apod.

Tab.:1 Údaje o obvodových konstrukcích pro PENB

	<i>tloušťka [mm]</i>	<i>detail konstrukce</i>	<i>součinitel prostupu tepla [W/(m².K)]</i>
Administrativní část			
okno		plastové, 5-ti komorový profil	1,2
balkonové dveře		plastové, 5-ti komorový profil	1,2
vstupní dveře		plastové, 5-ti komorový profil	1,2
zadní dveře		plastové, 5-ti komorový profil	2
obvodové zdivo	450	cihelné bloky Porotherm 44 profi P15	0,27
podlaha na terénu	200		0,3
stropní konstrukce 2.NP	250		0,18
Výrobní část			
okno		plastové, 5-ti komorový profil	1,2
dveře		plastové, 5-ti komorový profil	2
sekční vrata		plastové, s vnitřní izolací	2,8
obvodová konstrukce	120	sendvičový panel	0,28
podlaha na terénu	250		0,37
střešní konstrukce	120	sendvičový panel	0,22

[zdroj: vlastní, vytvořeno: 20.2. 2016; vlastní úprava]

Po zhlédnutí výkresů objektu jsem rozhodla rozdělit objektu do tří zón, a to na administrativní část, přední a zadní halu. Toto rozdělení bylo vhodné vzhledem odlišnému provozu v administrativní části a ve výrobních halách, druhý důvod plyne z odlišného vytápění v těchto vybraných třech zónách. Pro každou jednotlivou zónu sečteme jednotlivé prvky obalových konstrukcí, tím jsou myšleny plochy okenních a dveřních otvorů, stěn, podlah, stropních nebo

střešních konstrukcí i v závislosti ke světovým stranám. Jednotlivé konstrukce jsou v průkazu popsány s příslušnými plochami a součinitelem prostupu tepla, které jsou nastíněny v tabulce *tab.1*. Po zadání informací o jednotlivých konstrukcích, jejich vztahem k okolním konstrukcím a druhem stínění a zastínění, se zadá procentuální ohodnocení zajištění tepelných vazeb v objektu.

Používané osvětlení je zvoleno žárovkové a zářivkové se spínáním pro každou zónu nebo místnost zvlášť. Soustava nemá řídicí systém, není schopna využívat denní osvětlení a nemá realizované nouzové osvětlení.

Potřeba teplé vody se vyskytuje pouze v zóně 3 (administrativní část) a je stanovena pro cca 20 zaměstnanců, tudíž se jedná o odhadované množství 200 l/den. Ohřev teplé vody je zajišťován kombinovaným bojlerem o objemu 120 l, jeho kombinovaný ohřev spočívá v poměru 40:60. V topné sezóně bude zásobníkový ohříváč ohřívat teplou vodu pomocí plynového kondenzačního kotle, který vytápí administrativní část ve všech navržených variantách. V letním období bude ohřev zajištěn pomocí vnitřní spirály, tudíž elektrickou energií.

Tepelné zdroje budou zadávány v závislosti na konkrétní variantu, ale všeobecně platí, že stěžejními informacemi jsou: typ zdroje, umístění zdroje v budově, typ energonositele zdroje, jmenovitá účinnost zdroje, maximální tepelný výkon a typ regulace. Dále je nutné přiřadit tepelné zdroje k jednotlivým zónám, které vytápí.

Vzduchotechnika je také zadávána v závislosti na jednotlivých variantách, ale základními zadávanými informacemi jsou: princip vzduchotechnické jednotky (odtahová, přívodní, přívodní s odtahem), časový podíl provozu, podíl pokrytí potřeby tepla, podíl dodávky čerstvého vzduchu do zóny, účinnost systému zpětného získávání tepla či chladu a nakonec výběr zóny, v které tyto vzduchotechnické jednotky budou řízeně větrat.

Dále v průkazu nebyla řešena analýza alternativních systémů ani navrhovaná opatření, jelikož průkaz energetické náročnosti byl zpracován ve třech odlišných variantách.

6 ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

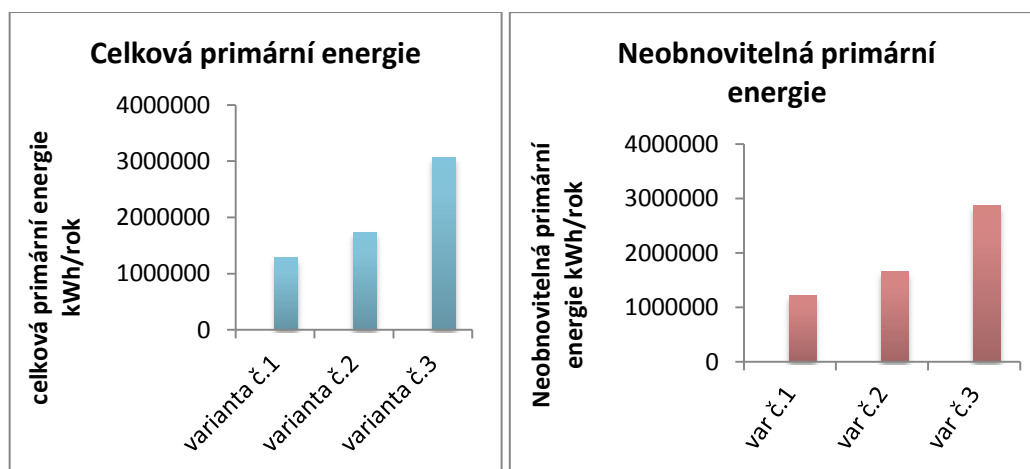
Nástrojem hodnocení návrhu několika variant topných systémů v průmyslovém objektu byl zvolen Průkaz energetické náročnosti budov. Přínos zpracování průkazu spočívá v povinnosti ze zákona, která je zavedena postupně až do roku 2020, kdy by průkazem měla být opatřena každá budova nezávisle na tom, zda se s ní bude disponovat či nikoliv.

Mezi hlavní ukazatele energetické náročnosti budovy jsou průměrný součinitel prostupu tepla, celková primární energie za rok, neobnovitelná primární energie za rok, celková dodaná energie za rok a dílčí dodané energie pro technické systémy jako jsou: vytápění, chlazení, větrání, úpravu vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok; a nakonec účinnost technických systémů.

Všechny zpracované průkazy (*Příloha 1; 2; 3*) vychází v klasifikační třídě C – úsporná budova, což by mohlo vypovídat o tom, že všechny navržené systémy vytápění jsou vhodným a použitelným návrhem, ale po posouzení jednotlivých ukazatelů zhodnotíme vhodnost a použitelnost navržených variant.

Průměrný součinitel prostupu tepla celé budovy U_{em} se rovná hodnotě $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, což ukazuje střední kvalitu tepelně-izolačních vlastností obálky budovy, ale v případě průmyslové budovy se jedná o slušné a dostačující provedení, které je pro všechny navržené varianty stejné.

Graf:1 a 2 Celková primární energie a neobnovitelná primární energie

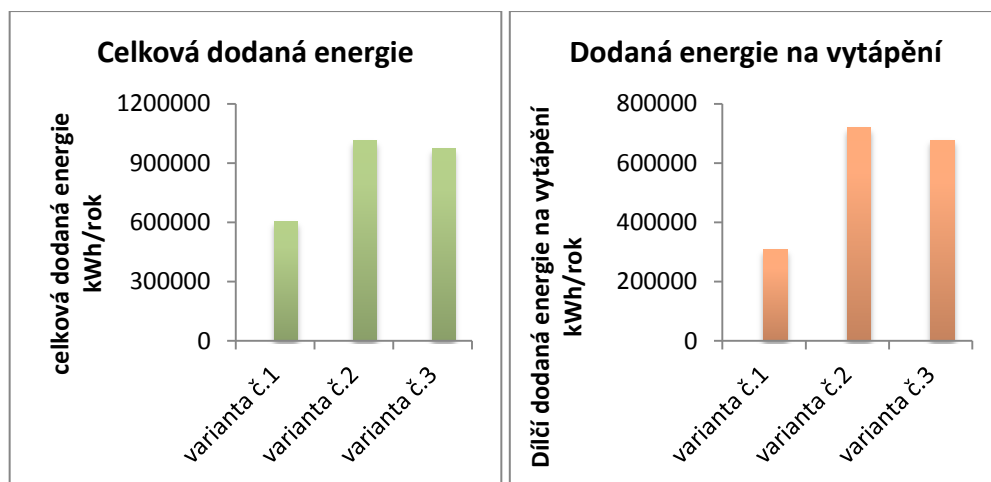


[zdroj: Příloha 1; 2; 3; vytvořeno: 20.2. 2016; vlastní úprava]

Výsledky celkové primární energie jsou zobrazeny v *grafu č.1* a ukazují, že nejmenší roční spotřebu energie má navržená varianta č.1 s hodnotou 1280,2 MWh/rok, což je způsobeno nižší spotřebou energie na provoz objektu díky navržené rekuperaci. V opačném případě vysokou spotřebu primární energie má varianta č.3, kde se hodnota pohybuje na 2874,8 MWh/rok. Tento výsledek je vyvolaný zvolenými zdroji vytápění, kde převažuje elektrická energie, protože faktor celkové primární energie se rovná 3,2; který je bohužel jeden s nejvyšších faktorů pro přenásobení spotřeby energie.

Výsledné hodnoty spotřeby neobnovitelné primární energie vyobrazeny graficky v *grafu č.2*, které ukazují negativní vliv provozu budovy na životní prostředí, říkají, že varianty č.1 a 2 s hodnotami 1221,6 a 1664,2 MWh/rok podstatně méně ovlivňují životní prostředí než varianta č.3, kde vévodí zdroj elektrické energie, se spotřebou energie 2874,8 MWh/rok.

Graf:3 a 4 Celková dodaná energie a dodaná dílčí energie na vytápění



[zdroj: Příloha 1; 2; 3; vytvořeno: 20.2. 2016; vlastní úprava]

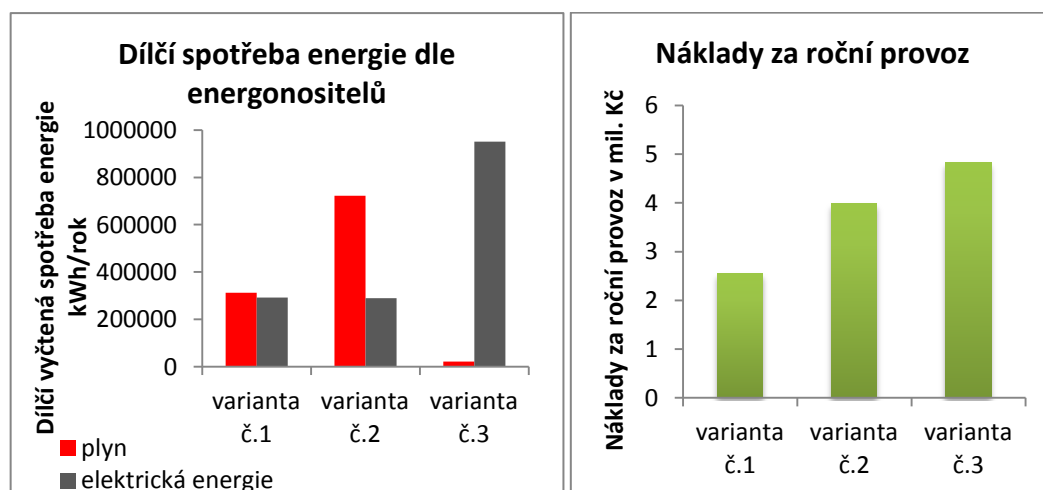
Podle vypočtení celkové dodané energie vyplývá řešení, které upřednostňuje variantu č.1, což je zřetelně vidět v *grafu č.3*, díky návrhu využití vzniklého odpadního tepla k vytápění druhé výrobní haly, poté není nutné dodávat tolik energie pro provoz objektu. Ostatní varianty dosahují obdobných hodnot v nutnosti dodané energie pro celý komplex.

Pokud se zaměříme pouze na dodanou energii, která bude sloužit pouze na vytápění, vidíme ještě markantnější rozdíl mezi navrženými variantami

v grafu č.4. Zde je právě názorně vidět, že potřeba dodané energie pro provoz budovy ve variantě č.1 je 309 MWh/rok, ale ostatní varianty vyžadují dodávku energie až 718 MWh/rok, což je o více jak o dvojnásobek. Tento vysoký rozdíl je samozřejmě způsobem již výše popsaným topným systémem s rekuperací.

Ačkoliv známe výsledné hodnoty potřebné dodané energie a spotřebované energie na provoz objektu, jednalo se o hodnoty od všech použitých energonositelů navržených tepelných zdrojů. Jako zdroje energie byly zvoleny pouze dva energonositelé, a to plyn a elektrická energie, jejichž zastoupení v navržených variantách je zobrazeno v grafu č.5. V tomto grafu je vidět zřetelná spotřeba jednotlivých energonositelů a jejich využitelnost pro navržené varianty.

Graf 5 a 6: Dílčí spotřeba energie dle energonositelů a vyhodnocení nákladů na roční provoz



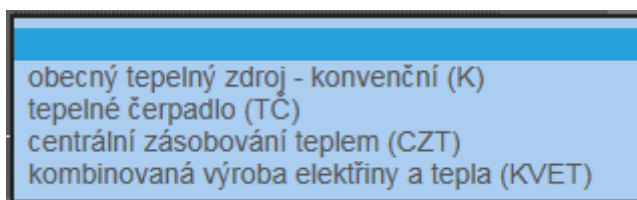
[zdroj: Příloha 1; 2; 3; vytvořeno: 22.2. 2016; vlastní úprava]

Pro ekonomické zhodnocení jednotlivých variant budeme pro zjednodušení předpokládat zprůměrovanou cenu za elektrickou energii 5 Kč/kWh a cenu za plyn 3,5 Kč/kWh. Při těchto cenách za použitý druh energie vychází náklady za roční provoz jednoznačně, což je ukázáno v grafu č.6. Ve výsledku zřetelně vévodí varianta č. 1 s navrženým topným systémem s rekuperací, která je prokazatelně nejúspornějším řešením.

Varianta č.1 je skutečně realizovaným řešením vytápění ve vybraném průmyslovém objektu výroby skla ve Velemíně.

Bohužel průkaz nedokáže pojmout sálavé vytápění navržené ve variantě č.2, jelikož při výběru tepelného zdroje nabízí pouze omezené možnosti, což zobrazuje obrázek *obr.14*. V současné době nenabízí radiační způsob vytápění, tudíž jsem byla nucena zahrnout infrapanely do kolonky *obecný tepelný zdroj – konvekční*, který se jeví jako nejbližší možná volba. Bohužel tímto nekompletním seznamem tepelných zdrojů může být varinata č.2 ve značném znevýhodnění a může se tím výsledný vypočtený stav zhoršovat.

Obr.:16 Nabízené možnosti pro výběr tepelného zdroje v PENB



[zdroj: www.stavebni-fyzika.cz, staženo: 20.2. 2016; vlastní úprava]

V současné době jsou průkazy energetické náročnosti koncipovány především pro obytné budovy a budovy občanské vybavenosti, požadavky energetické náročnosti nemusí splňovat např. kulturní památky v památkové rezervaci nebo zóně, objekty pro rodinnou rekreaci, budovy pro náboženské účely a konečně průmyslové a výrobní provozy a dílenské provozovny se spotřebou energie do 700GJ za rok. Tedy minimum průmyslových objektů podléhá povinnosti zhotovení průkazu, z toho důvodu v nabídce tepelných zdrojů není příliš možností průmyslového vytápění.

Seznam použitých zdrojů:

Literatura:

- [1] Jirásková Karolína; *Bakalářská práce – Infrazářiče v technologických provozech*; ČZU; 2014
- [2] Petráš, D. – Kotrbatý, M.; *Vytápění velkoprostorových a halových objektů*; 1.vydání, JAGA GROUP; 2006. ISBN 80-8076-040-3
- [3] Kolektiv autorů; *Topenářská příručka, 120 let topenářství v Čechách a na Moravě*; svazek 1; GAS s.r.o.; 2001. ISBN 80-86176-82-7
- [4] Nožička, J.; *Sdílení tepla*; ČVUT; 1997. ISBN 8001015998
- [5] Adamovský, R. – Neuberger, P.; *Termomechanika II*; 1.vydání, ČZU; 2003. ISBN 80-213-0987-3
- [6] Bernardinová A., Mareš M.; *Zpracování průkazu energetické náročnosti budovy – Praktická příručka pro všechny majitele rodinných a bytových domů, bytů a pro realitní kanceláře*; Linde; 2013. ISBN 978-80-7201-914-4
- [7] Filleux Ch., Gutermann A.; *Solární teplovzdušné vytápění*; 1.vydání, HEL Ostrava, 2006. ISBN 80-86167-28-3
- [8] Kotrbatý, M. – Hojer, O. – Kovářová, Z.; *Hospodaření teplem v průmyslu*; 1.vydání, ČSTZ; 2009. ISBN 978-80-86028-41-5
- [9] Vyhláška č.78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Internetové zdroje:

- [I] www.mzp.cz
- [II] www.kotrbaty.cz
- [III] www.vipsgas.cz
- [IV] www.lersen.cz
- [V] www.mandik.cz
- [VI] www.fenixgroup.cz
- [VII] www.thermowell.cz

- www.prefahaly.cz

- www.tzb-info.cz

- www.infrazarice-infratopeni.cz

- www.kaspo.cz

- www.stavebni-fyzika.cz

Projektová dokumentace:

- [xx] Projektová dokumentace, inveko 4U

Výpočetní program pro PENB:

DEKSOFT software pro stavební fyziku (www.stavebni-fyzika.cz)

Zpřístupněno oprávněnou osobou Ing. Bc. Aleš Zvěřina, číslo oprávnění 391

Seznam použitých označení

<i>Označení</i>	<i>Veličina</i>	<i>Jednotka</i>
e	přirážka na zátap	-
U_{em}	součinitel prostupu tepla	W/(m ² K)
Φ_c	celková tepelná ztráta	W
Φ_p	tepelná ztráta prostupem tepla stavebními konstrukcemi	W
Φ_v	tepelná ztráta větráním (infiltrací)	W
Φ_z	tepelné zisky	W

Seznam grafů

<i>Graf č.1: Celková primární energie</i>	45
<i>Graf č.2: Neobnovitelná primární energie</i>	45
<i>Graf č.3: Celková dodaná energie</i>	46
<i>Graf č.4: Dodaná dílčí energie na vytápění</i>	46
<i>Graf č.5: Dílčí spotřeba energie dle energonositelů</i>	47
<i>Graf č.6: Vyhodnocení nákladů na roční provoz</i>	48

Seznam tabulek

<i>Tabulka č.1: Údaje o konstrukcích pro PENB</i>	43
---	----

Seznam obrázků

<i>Obrázek č.1: Jednopodlažní hala</i>	<i>13</i>
<i>Obrázek č.2: Vícepodlažní objekt</i>	<i>14</i>
<i>Obrázek č.3: Zobrazení podílu tepelného toku sáláním pro různé druhy vytápění ...</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek č.4: Prvky teplovzdušného vytápění</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek č.5: Schéma solárního ohřívání přiváděného vzduchu</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek č.6: Světlý plynový zářič</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek č.7: Tmavý plynový zářič</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek č.8: Světlý elektrický zářič</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek č.9: Tmavý elektrický zářič</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek č.10: Zastavovací situace vybraného objektu</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek č.11: Půdorys 1.NP vybraného objektu</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek č.12: Příčný řez vybraného objektu</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek č.13: Schéma řezu teplovzdušného vytápění s rekuperací</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek č.14: Schéma rozmístění infrazářičů ve výrobní hale.....</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek č.15: Schéma rozmístění teplovzdušných jednotek ve výrobní hale</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek č.16: Nabízené možnosti pro výběr tepelného zdroje v PENB</i>	<i>48</i>