

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb



Diplomová práce



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Machač Jméno: Lukáš Osobní číslo: 423793
Zadávající katedra: K 124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Bytový dům RESBY - návrh pasivního domu na bázi konstrukcí s vysokou akumulační schopností

Název diplomové práce anglicky: Residential house RESBY - design of passive house based on construction with high thermal capacity.

Pokyny pro vypracování:

Vypracovat rešerši konceptu be 2226. Na základě architektonické studie bytového domu RESBY zhotovit několik různých variant materiálového a technologického řešení. Následně vypracovat stavebně-energetickou analýzu a navrhout stavební konstrukce s ohledem na jejich akumulační schopnosti. Dále vypracovat řešení stavebně-konstrukčních detailů (1:20) a předběžně navrhout nosné konstrukce objektu. Součástí řešení bude zpracována koncepce TZB - systém vytápění, větrání a přípravy teplé vody

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Jan Růžička, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 10.10.2018 Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2019
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)



SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Lukáš Machač

Název diplomové práce: Bytový dům RESBY - návrh pasivního domu na bázi konstrukcí s vysokou akumulační schopností

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 85 %

Formulace úkolů: Rešerše projektu 2226.
Návrh konstrukčních variant s využitím technologie 2226 a porovnání s běžnými řešeními
Analýza energetických bilancí a teplotní stability s ohledem na konstrukční varianty, provoz budovy a režim větrání.
Technické řešení vybrané varianty - komplexní řez 1:20

Podpis vedoucího DP: Datum:

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: Technické zařízení budov podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

Formulace úkolů: Energetická analýza s využitím SW nástroje DesignBuilder.

Podpis konzultanta: Datum:

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)



Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího Ing. Jana Růžičky, Ph.D.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

.....

podpis



Na tomto místě chci poděkovat především panu Ing. Janu Růžičkovi, Ph.D. za poskytnutý čas a cenné rady při zpracování diplomové práce v průběhu celého zimního semestru akademického roku 2018/2019. Dále bych chtěl také poděkovat panu prof. Ing. Karelů Kabelemu, CSc., který mi poskytl odborné vedení a rady v části technických zařízení budov, zejména při tvorbě energetického modelu. V neposlední řadě patří díky také celé mojí rodině, která mi byla oporou v celém průběhu mého studia.



Bytový dům RESBY – návrh pasivního domu na bázi konstrukcí s vysokou akumulací schopností

Residential house RESBY – design of passive
house based on construction with high thermal
capacity



Anotace:

Předmětem této diplomové práce je prozkoumání a pochopení principů vedoucím k teplotní stabilitě a ideální energetické bilanci v administrativní budově Bürohaus 2226. Dále využití těchto principů a jejich aplikace na bytový dům RESBY umístěný do lokality Praha Kbely. Hlavním tématem a cílem práce je zjištění jaký vliv má provoz budovy, režim větrání a akumulací schopnosti konstrukcí budovy na její teplotní stabilitu a energetickou bilanci. Toto zkoumání je provedeno prostřednictvím softwarového nástroje DesignBuilder, ve kterém je vytvořen model budovy a dynamická analýza především průběhu operativní teploty v interiéru budovy.

Klíčová slova: *měrná tepelná kapacita, režim větrání, teplotní stabilita, provoz budovy*

Abstract:

The aim of this diploma thesis is to investigate and understand the principles leading to thermal stability and ideal energy balance in administrative building Bürohaus 2226. Further use of these principles and their application to Residential house RESBY located in Prague. The main topic and aim of the thesis is to find out how the building operation, ventilation mode and accumulation capabilities of the building influence its temperature stability and energy balance. This research will be done through the DesignBuilder software tool, which creates a model of the building and process dynamic analysis of the operating temperature in the interior of the building.

Keywords: *heat capacity, ventilation mode, thermal stability, building operation*



Obsah

1	Rešerše konceptu BE 2226.....	5
1.1	Obecné informace	5
1.2	Konstrukce budovy a jejich tepelné vlastnosti	8
1.3	Počátky myšlenky BE 2226	9
1.4	Důvod vzniku a principy návrhu	12
1.5	Energetický koncept	14
1.6	Řídicí systém	21
1.6.1	Technologie	21
1.6.2	Řízení	23
1.6.3	Letní provoz	25
1.6.4	Potřeba energie	25
2	Popis analyzovaného objektu RESBY	27
2.1	Lokalita.....	27
2.2	Okrajové podmínky modelu.....	27
2.3	Dispozice	32
2.3.1	1.NP.....	32
2.3.2	2.NP, 3.NP.....	33
2.3.3	4.NP.....	33
2.4	Konstrukční řešení a porovnání skladeb jednotlivých konstrukcí zejména z hlediska měrné tepelné kapacity	34
2.4.1	Obecné informace, princip návrhu jednotlivých variant konstrukcí a jejich kombinací	34
2.4.2	Obvodové konstrukce	35
2.4.3	Konstrukce stropu	36
2.4.4	Vnitřní dělicí konstrukce	36
2.5	Provoz – Porovnání odlišností provozu Administrativní budovy a bytového domu a jeho vlivu na energetické a teplotní bilance	37
2.5.1	Bytový dům	37
2.5.2	Administrativní budova.....	38
2.5.3	Porovnání	39
2.6	Systém přirozeného větrání a regulace.....	39
2.6.1	Obecné informace	39
2.6.2	Bytový dům - zimní období	40
2.6.3	Bytový dům - letní období – noční předchlazování	41
2.6.4	Administrativní budova.....	42
2.6.5	Neregulované větrání	42
3	Návrh jednotlivých variant modelů	43
3.1	Metodika tvorby jednotlivých variant a jejich porovnání	43
3.2	Popis a porovnání vytvořených kombinací	43



3.2.1	Bytový dům s regulací větrání	43
3.2.1.1	Model 01	43
3.2.1.2	Model 02	44
3.2.1.3	Model 03	44
3.2.1.4	Model 04	44
3.2.1.5	Model 05	45
3.2.1.6	Model 06	45
3.2.1.7	Model 07	45
3.2.1.8	Model 08	46
3.2.1.9	Model 09	46
3.2.2	Bytový dům s větráním bez regulace	46
3.2.2.1	Model 11	46
3.2.2.2	Model 18	47
3.2.2.3	Model 19	47
3.2.3	Administrativní budova.....	47
3.2.3.1	Model 21	47
3.2.3.2	Model 28	48
3.2.3.3	Model 29	48
3.2.4	Shrnutí všech variant a struktura provedené analýzy.....	49
4	Analýza a vyhodnocení jednotlivých variant.....	50
4.1	Vliv obvodových konstrukcí (01,02,03,04,05)	50
4.2	Vliv vnitřních dělicích konstrukcí (01,06)	52
4.3	Vliv stropních konstrukcí (01,07,08)	54
4.4	Porovnání nejtěžší, nejlehčí a referenční varianty s provozem bytového domu a regulací větrání (01, 08, 09)	56
4.5	Porovnání nejtěžší, nejlehčí a referenční varianty s provozem bytového domu a bez regulace větrání (11, 18, 19)	58
4.6	Porovnání nejtěžší, nejlehčí a referenční varianty s provozem administrativní budovy a regulací větrání (021, 028, 029).....	60
4.7	Porovnání vlivu provozu bytového domu s/bez regulace větrání a provozu administrativní budovy u referenční varianty (01, 11, 21).....	62
4.8	Porovnání vlivu provozu bytového domu s/bez regulace větrání a provozu administrativní budovy u nejtěžší varianty (08, 18, 28).....	64
4.9	Porovnání vlivu provozu bytového domu s/bez regulace větrání a provozu administrativní budovy u nejlehčí varianty (009, 019, 029)	66
5	Grafické zpracování vybrané konstrukční varianty.....	69
6	Závěr.....	70
	Literatura.....	71
	Seznam použitých softwaru.....	72
	Seznam obrázků	73



Seznam tabulek..... 77



Cíl práce

Zadáním a hlavním cílem této diplomové práce je inspirovat se způsobem návrhu konstrukčního, energetického a regulačního řešení administrativní budovy BE 2226, která využívá zejména vysoké akumulací schopnosti svých konstrukcí. Využít tuto inspiraci při návrhu bytového domu RESBY a pokusit se tento dům navrhnout takovým způsobem, aby dokázal svým uživatelům poskytnout komfortní prostředí při co možná nejnižší spotřebě energie. V ideálním případě při nulové importované energii na vytápění, chlazení a mechanické větrání.

Jedním z hlavních témat této práce je prověřit funkčnost principů využitých a popsanych u budovy BE 2226 v objektech se zcela odlišným účelem a provozem. K této analýze je využito softwarového nástroje Designbuilder, ve kterém je vytvořen model bytového domu RESBY a je zkoumáno, jaký vliv mají akumulací schopnosti konstrukcí budovy na její teplotní stabilitu a energetickou bilanci. Úkolem je navrhnout různé kombinace materiálových řešení daných konstrukcí s jejím provozem, tyto kombinace porovnat, zvolit nejlepší možnou variantu a zejména zjistit, zda je reálné navrhnout obdobnou budovu jako je Bürohaus BE 2226 s provozem bytového domu.



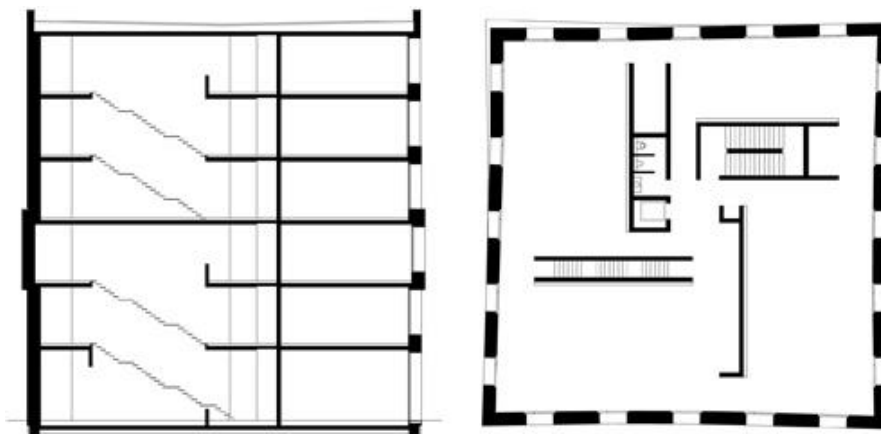
1 Rešerše konceptu BE 2226

Koncept BE 2226 dostal svůj název podle jeho tvůrců a své základní myšlenky. Písmena BE jsou počátečními písmeny jmen Rakouských architektů Baumschlager a Eberle, jejichž jména nese i firma, kterou společně založili. Číslo 2226 jednoduše znamená teplotní rozmezí ve stupních Celsia, ve kterém se má pohybovat vnitřní operativní teplota v interiéru objektu, který bude postaven v souladu s konceptem BE 2226, přestože se v daném objektu nebude nacházet žádný systém vytápení, chlazení nebo mechanického větrání. [1]

1.1 Obecné informace



Obr. 1: Bürohaus 2226 [2]



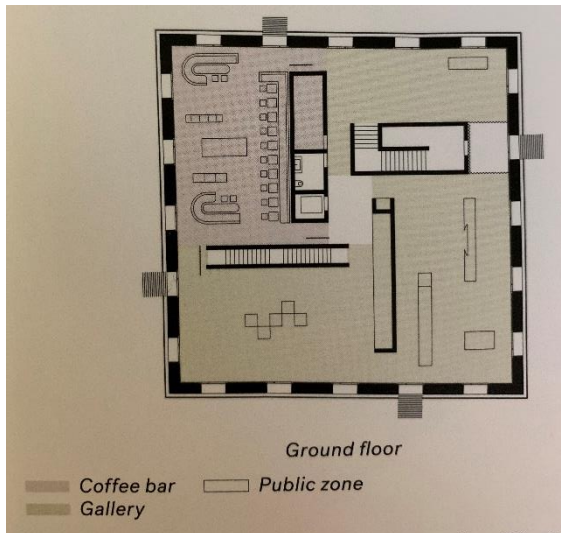
Obr. 2: Bürohaus 2226, schématický půdorys a řez [3]



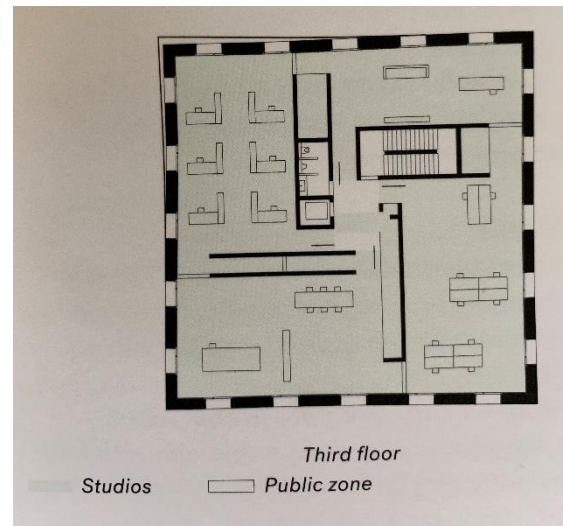
Bürohaus 2226 je administrativní budova navržena a postavena firmou Bauchschlager a Eberle v Lustenau poblíž Bregenzu, který se nachází na západě Rakouska. Budova leží v nadmořské výšce 400 metrů a je situována do průmyslové zóny na okraji města. Nejbližší meteorologická stanice je v Bregenzu tedy asi 15 km daleko. Oblast se nachází v mírném klimatu. Průměrná roční teplota je 9,3°C. Průměrná teplota v chladných zimních měsících dosahuje hodnoty přibližně -3°C a v teplých letních měsících 24°C. Průměrná doba slunečního svitu v této oblasti činí 1608 h.

Objekt má za cíl dokázat to, že lze vytvořit budovu s kvalitním vnitřním prostředím bez použití jakéhokoli mechanického vytápění, chlazení a mechanického větrání včetně rekuperace tepla. Budova by měla na své obyvatele působit jako smysluplné propojení přírody a technologie. Zároveň by měla být navržena tak, aby se operativní teplota v interiéru pohybovala mezi komfortními 22°C až 26°C i při zachování přirozené výměny vzduchu na takové úrovni, aby koncentrace CO₂ v interiéru nepřekročila hodnotu 1000 ppm.

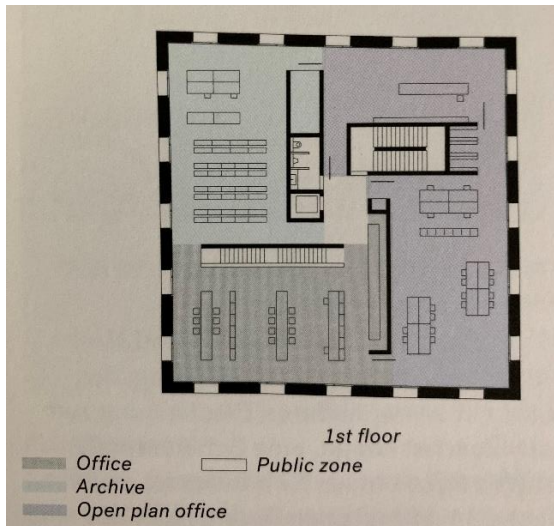
Tato budova s nadčasovým vzhledem a tvarem postavená z kvalitních materiálů je navržena na životnost mezi šedesáti a sty léty. Dá se tedy předpokládat, že v průběhu svého života může být využívána i k jiným účelům, než byla původně postavena. Z toho důvodu jsou dispozice všech šesti podlaží navrženy stejně a dostatečně variabilně. Díky minimálnímu použití mechanických systémů a velice flexibilním dispozicím všech podlaží není problém budovu lehce přebudovat, aby mohla sloužit i pro jiné účely. [1]



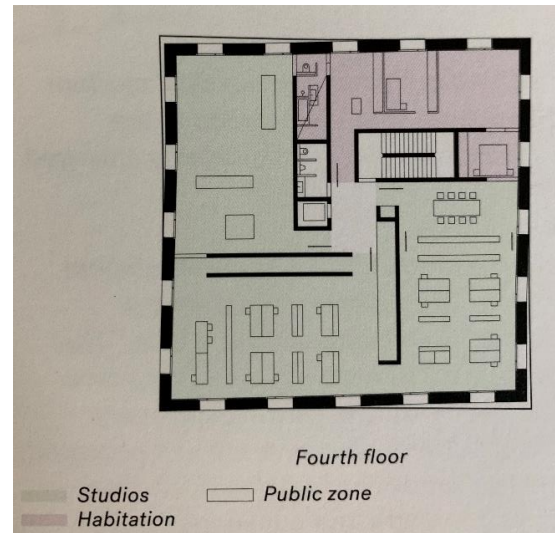
Obr. 3: Dispozice: 1.NP [4]



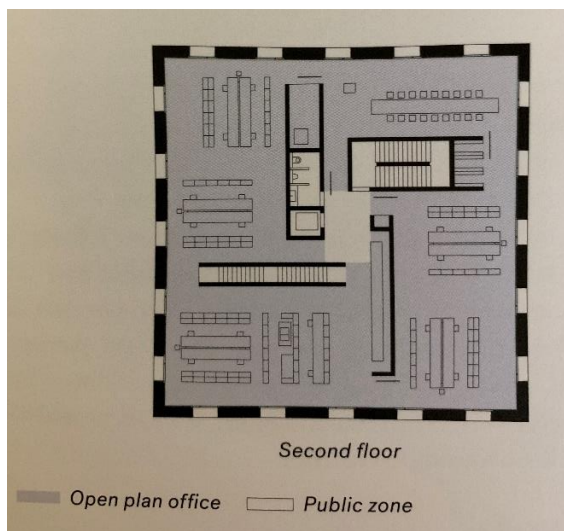
Obr. 6: Dispozice: 4.NP [4]



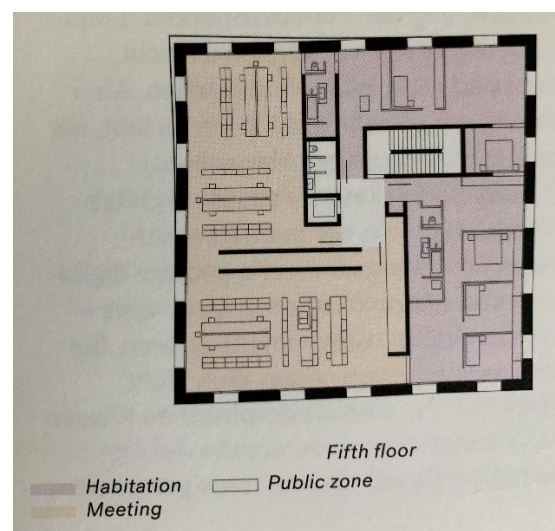
Obr. 4: Dispozice: 2.NP [4]



Obr. 7: Dispozice: 5.NP [4]



Obr. 5: Dispozice: 3.NP [4]



Obr. 8: Dispozice: 6.NP [4]



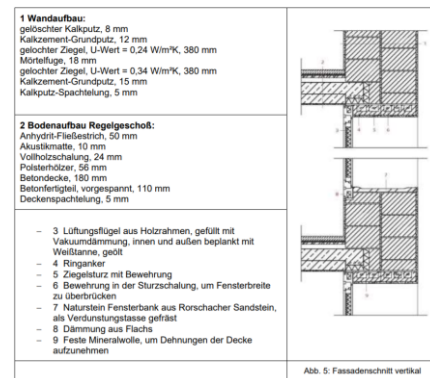
1.2 Konstrukce budovy a jejich tepelné vlastnosti

Jedná se o šesti podlažní administrativní budovu s čtvercovým půdorysem o straně 24 metrů. Vzhled dokonalé krychle s okny narušuje pouze lehce natočené třetí a čtvrté podlaží. Podlahová plocha objektu činí 2 421 m². První nadzemní podlaží má konstrukční výšku cca 4,6 m, všechna ostatní podlaží mají konstrukční výšku 3,75 m.

Veškeré vertikální konstrukce jsou postaveny z keramických tvárnic, zatímco stropy jsou z betonu. Vnější obálka budovy je zhotovena ze dvou vrstev cihel. Vnitřní vrstva o tloušťce 38 cm má primárně nosnou funkci. Vnější vrstva je rovněž tlustá 38 cm a je zhotovena z cihel s výbornými tepelně izolačními vlastnostmi. [2]



Obr. 9: Ostění a parapet v obvodové stěně [5]



Obr. 10: Detail napojení stropu na stěnu, parapetu a nadpraží [5]

Dohromady tyto dvě vrstvy tvoří velice masivní a vzduchotěsnou obálku, která dosahuje hodnoty součinitele prostupu tepla $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Díky tomu, že je budova postavena z poměrně velké masy těžkých materiálů, které jsou schopny akumulovat relativně velké množství tepla, může být teplota uvnitř této budovy velmi stabilní a při nadměrných tepelných ziscích do sebe teplo dobře naakumulovat. Naopak v obdobích, kdy by bylo nutné v interiéru vytápět, mohou konstrukce toto naakumulované teplo předávat zpět do interiéru. Toto lze dobře využít především v případě nadměrných zisků v teplých letních měsících, kdy nastává problém s letním přehříváním především u administrativních budov. Využití spočívá v tom, že je možné se v chladnějších nočních hodinách zvýšenou intenzitou větrání zbavit přebytečného tepla, které do sebe konstrukce naakumulovala přes den a mohla tak další den udržet v interiéru komfortní vnitřní prostředí.

Okna v této budově jsou velmi velká a sahají až ke stropní rovině. Z důvodu omezení dopadu přímých slunečních paprsků do interiéru jsou okna osazena až na vnitřní stranu ostění a díky



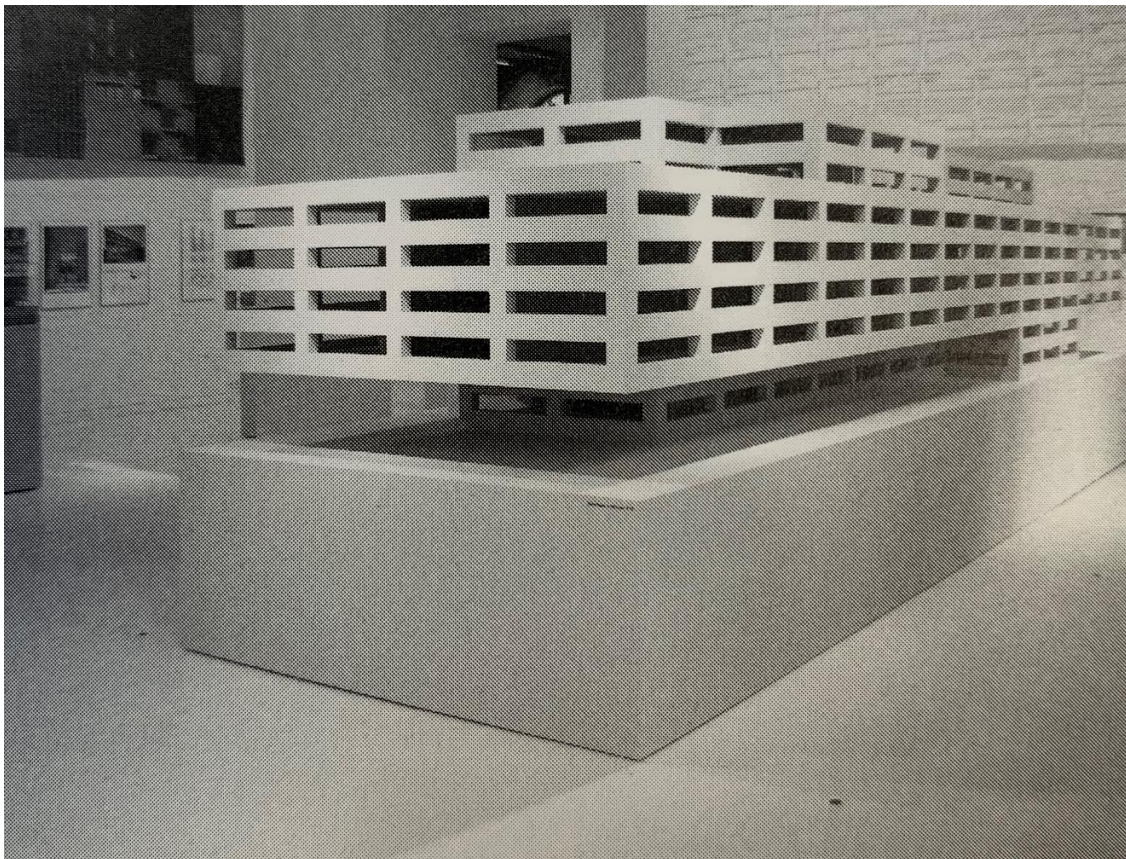
velké tloušťce obvodových stěn je omezen dopad přímého slunečního záření. Interiér je však velmi dobře prosvětlen, a to především díky difusní složce světla, které přichází do interiéru až po odrazu od ostění okna. Dobrá prosvětlenost interiéru napomáhá také ke snížení spotřeby energie na umělé osvětlení. [2]

1.3 Počátky myšlenky BE 2226

V květnu 2008 byl představen první návrh budovy od architektů Baumschlager a Eberle, který byl navržen v souladu s konceptem 2226. Tento první návrh byl podlouhlá budova s pravouhloú strukturou, která měla šest podlaží, přičemž menší 1.NP působilo jako jakýsi podstavec. Budova měla být umístěna v Berlíně a byla poprvé představena v rámci výstavy „The City in the House“. Toto první představení konceptu 2226 a vzbudilo hodně pozornosti. Více než o návrh budovy samotné se jednalo spíše o určitý experiment. Navrhnout budovu bez systému vytápění, která po všechna čtyři období poskytuje konfortní vnitřní prostředí působí jako velice ambiciózní plán i v dnešní době, natož před deseti lety.

Pro tvůrce byl tento projekt od počátku velkou výzvou, ve které se snažili dokázat, čeho všeho je v současné době a klimatu architektura schopná. Například postavit budovu bez jakékoli importované energie s využitím jejích konstrukcí jako média, které je schopno transportovat teplo a energii v prostoru, ale i v čase. Celý tento koncept a návrh vyažadovaly velmi komplexní přístup od samotného počátku.

Během dalších pěti let tedy do jara roku 2013 se podoba návrhu budovy Haus 2226 poněkud změnila. Stále se jednalo o budovu bez systému vytápění, chlazení a mechanického větrání, ale její tvar byl upraven do téměř dokonalé krychle o straně 24 metrů. Do budovy se vchází přes masivní dřevěné dveře, které jsou stejně vysoké jako místnost za nimi, tedy asi 4 metry. Místnosti v budově jsou velmi světlé, ne však zcela bílé. Jejich povrch je matný a velmi hladký. Propojení interiéru a exteriéru je zajištěno prostřednictvím oken, jejichž výška sahá až ke stropu. Okna mají rámy z lakovaného jedlového dřeva. Tajemství jedinečné atmosféry v interiéru však spočívá v jednoduchosti a minimalistickém vzhledu místností v budově. Pro navození prostého, uklidňujícího a přírodního vzhledu je v interiéru použito mnoho přírodních materiálů, jako například: Vápenná omítka, ve které jsou ponechány stopy po broušení; cementový podlahový potěr s povrchovou úpravou připomínající průmyslové objekty; přímé a poměrně strmé schodiště se stupnicemi z dubového dřeva atd. Takovýto interiér přímo vybízí pro pořádání výstav, protože veškeré, zde vystavené exponáty v minimalistickém a jednoduchém interiéru vyniknou a dostanou jedinečný vzhled. [7]



Obr. 11: První návrh budovy představen na výstavě „The City in the House“ [11]



Obr. 12: Přepracovaný a finální návrh budovy z jara roku 2013 [11]



Obr. 13: Vstupní dveře do budovy [11]



Obr. 16: Interiér budovy [11]



Obr. 14: Interiér budovy [11]



Obr. 17: Interiér budovy [11]



Obr. 15: Interiér budovy [11]



Obr. 18: Interiér budovy [11]



1.4 Důvod vzniku a principy návrhu

„Speciální na tomto domě je absolutní absence klasických mechnickýh systémů, díky čemuž může vyniknout jeho jedinečná architektura. Energetická strategie, která zde byla aplikována, dává architektuře zpátky její důstojnost.“ Dietmar Steiner – Architekt a kritik [8]

Vzhled a konstrukce budovy 2226, který je tvořen hranatým, masivním zevnějškem s monolitickou fasádou s pravidelně uspořádanými okenními otvory, je v přímém kontrastu s administrativními budovami, které se začaly stavět od počátku devadesátých let minulého století. Fenomémem této doby byly, převážně hladké, celoprosklené fasády, které ve výstavbě tohoto typu budov převládají prakticky dodnes.

V této době se společnost Baumschlager-Eberle zabývala návrhem budovy se skleněnou fasádou, avšak se dvěma vrstvami. Vnější z těchto vrstev, která měla odolávat povětrnostním podmínkám, byla vyrobena ze skleněných panelů. Vnitřní z tepelně uzavřené izolační skleněné fasády s řízeně otevíravými okny. V této době z pohledu stavební fyziky se jedná o logický přístup při výstavbě energeticky efektivních budov.

V devadesátých letech rovněž došlo k nástupu digitalizace v navrhování energeticky efektivních budov. Díky tomu, byly k dispozici první výpočetní programy, které byly schopné určit energetickou náročnost budovy, ještě předtím, než bude samotná budova postavena. Toto dalo za vznik zcela nové oblasti ve stavebnictví, tedy oblasti certifikace budov. Náhle se zde začaly objevovat „zelené, zlaté, modré“ a podobně pojmenované budovy.

O pár let později se německý stavební fyzik Wolfgang Feist rozhodl porovnat skutečnou spotřebu energie již postavených administrativních budov s celoprosklenou fasádou se spotřebou těchto budov, která byla určena simulacemi v průběhu návrhu. Zjistil tak, že skutečná spotřeba energie ve všech zkoumaných budovách se značně liší od výpočtů simulačních prostředků a je znatelně vyšší.

Problém vysoké spotřeby energie a snaha o její maximální snížení se však rozhodně netýká pouze velkých komerčních budov. Již počátkem 70. let minulého století bylo jasné, že doba spotřeby fosilních paliv se blíží ke svému konci, a to především proto, že při spalování těchto paliv vznikají skleníkové plyny především tedy CO₂. Začalo se tak uvažovat o alternativních zdrojích energie, jakými jsou například jaderná nebo solární energie. Při řešení tohoto problému se německý fyzik Wolfgang Feist rozhodl pro jinou strategii. Vytvořil analýzu, jakým způsobem se toto obrovské množství paliva, pocházející ze země, využívá. Po vyhodnocení této analýzy došel k závěru, že více než třetina veškerých fosilních paliv se využívá pro vytápění



budov. Přišel tedy s myšlenkou, že je nutné začít stavět domy, které budou daleko efektivněji fungovat při hospodaření s energií, a to především s její neobnovitelnou částí.

Poprvé v historii tak byl zaveden tzv. standart pasivního domu. Profesor Feist tehdy definoval pasivní dům jako dům, který se i v střeoevropském klimatu obejde bez konvenčního systému vytápění. Rozhodl se tak v německém městě Darmstadt postavit čtyři domy, které by splňovali jím definovaný standart pasivního domu a měly spotřebu energie na vytápění nižší než 15 kWh/m²a. Tyto domy, po svém dokončení, byly neustále a podrobně monitorovány a bylo zjištěno, že dlouhodobě spotřebovávají přibližně 10 kWh/m²K. Tuto spotřebu, ale byly schopny dosáhnout pouze díky tomu, že bylo omezeno přirozené větrání a musel být zaveden ventilační systém s účinnou rekuperací tepla. Vyvstala myšlenka pasivních domů se začala vážně dotýkat především běžné výstavby. Ze začátku se jednalo většinou o jednotlivé rodinné domy, jejichž majitelé byli nuceni trávit dlouhé hodiny nastavováním a laděním různých elektronických a dalších systémů, aby tak docílili skutečné pasivity svých domů. Brzy se jako pasivní domy začaly také navrhovat bytové domy s více bytovými jednotkami. Jak se, ale ukázalo, úspora energií byla spíše obrázkem toho, jak se chovají jejich obyvatelé a jakým způsobem je provozují, než pokročilých technologií budovy.

V následujících letech, kdy euforie z nové myšlenky energeticky úsporných budov trochu opadla, začalo být jasnější, že tyto domy jsou spíše složitými stroji s nezanedbatelnými náklady na kontrolu svého provozu a běh svých řídicích systémů. Všechna tato zařízení byl provozovatel nucen kontrolovat a řídit, měnit filtry atd. Na první pohled se zdálo, že se dosáhlo výsledku a spousta těchto pasivních domů byla skutečně velmi energeticky úsporná. Problém byl však v tom, že majitelé takového domu by museli projít komplexním a náročným školením, jak svůj dům správně provozovat a řídit. Došlo by tedy k tomu, že dům neslouží svému majiteli, ale majitel slouží svému domu.

O 25 let později od položení základů myšlenky pasivních domů, hlavně kvůli počáteční nedůvěře k tomuto systému, se dům splňující standard pasivního domu neobejde bez velmi dobré tepelně izolační obálky, která musí být také do určité míry i vzduchotěsná. V neposlední řadě se také neobejde bez složitých mechanických systémů, jakými jsou například rekuperační jednotky, tepelná čerpadla, systémy solárních panelů atd. Dalším, rozhodně nezanedbatelným problémem je, že většina používaných zateplovacích systémů přináší návratnost nákladů v řádu 20-30 let. V podobném řádu se však pohybuje i jeho životnost a při jejich aplikaci se zdá se zapomnělo, že v okamžiku, kdy zateplovací systém budově doslouží, měl by být šetrně a ekologicky zlikvidován, což při daných objemech a povaze používaných materiálů bude poměrně obtížné.



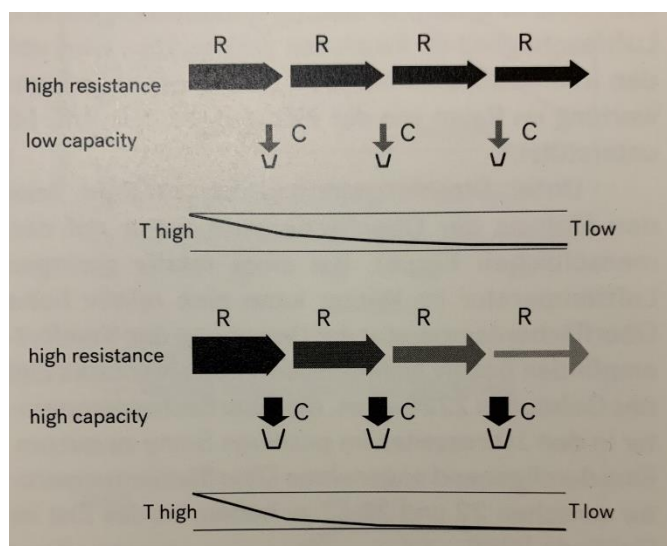
Z tohoto důvodu se rozhodli architekti Baumschlage a Eberle o postavení prototypu budovy, který bude opět ryším pasivním domem v jeho právním slova smyslu, tedy že nebude spotřebovávat téměř žádnou energii, a to i bez složitých mechanických systémů včetně rekuperace a díky tomu nechá v této budově vyniknout její pravou architekturu. [8]

1.5 Energetický koncept

Hlavním cílem energetického konceptu 2226 v Lustenau je dokázat, že budova je schopna fungovat bez konvenčního systému vytápění, chlazení a mechanického větrání, nebo radikálně snížit závislost budovy na těchto systémech, za předpokladu zachování vysokých nároků na komfortní prostředí v interiéru. Zejména tedy na teplotu a kvalitu vzduchu. Především kvůli relativně vysokým vnitřním ziskům, budovy postavené v přibližně stejných klimatických podmínkách v některých letech vykazují poměrně malou potřebu energie na vytápění, a naopak dochází ke zvýšení potřeby energie na chlazení. Vystává tedy otázka: Bylo by možné při důmyslném využití přírodního prostředí a klimatických podmínek jako například sluneční záření denního světla nebo také tepelné kapacity konstrukcí a navrhnout budovu zcela bez systému vytápění?

Při výstavbě energeticky efektivních budov v dnešní době je největší výzvou zohlednění chování obyvatel v budově v energetické analýze, než zohlednění vlivu klimatu.

Obvodový plášť budovy musí být navržen tak, že jeho hlavním cílem je co možná nejvíce snížit součinitel prostupu tepla obálky budovy. Běžně používaný součinitel prostupu tepla „U“ ve své hodnotě však nezahrnuje vliv tepelné kapacity konstrukce, ke které je přiřazen. Se zvýšením tepelné kapacity dané konstrukce budovy, dojde k podstatnému snížení rychlosti tepelného toku skrze tuto konstrukci. [9]



Obr. 19: Znárodnění vlivu tepelné kapacity obvodového pláště na průběh teploty v konstrukci [9]

Z tohoto důvodu, jedním z hlavních cílů návrhu 2226 bylo demonstrovat, jak moc efektivní může být kombinace tepelného odporu a tepelné kapacity obvodové konstrukce budovy. Budova je tak postavená ze dvou vrstev vysoce tepelně izolačních cihel.

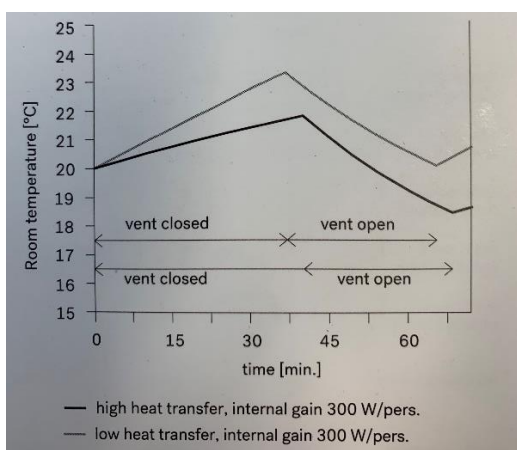
V běžných budovách, které jsou velice dobře tepelně zaizolovány, může i v průběhu zimního období docházet k přehřívání, a to hlavně kvůli tomu, že ventilace je nastavena tak, aby docházelo co možná k nejmenším tepelným ztrátám. Byl by nesmysl toto přebytečné teplo odvádět ventilací ven z vytápěného prostoru. Mnohem efektivnější a sofistikovanější způsob využití tohoto tepla, je jeho uložení do masivních konstrukcí budovy s vysokou tepelnou kapacitou, které pomůže v budově udržet příjemnou teplotu a překlenout tak tyto extrémní období. V létě je díky tomuto principu využíváno noční předchlazování a to tak, že studený noční venkovní vzduch je přiváděn přímo do interiéru, kde ochlazuje konstrukce budovy a odvádí z nich tak přebytečné teplo, které do sebe tyto konstrukce naakumulovaly během dne. Konstrukce jsou tak znovu připraveny na další den, ochlazovat vnitřní vzduch v budově. Pro správné využití tohoto principu je nutná přesná analýza toků energií a vzduchu v budově, množství vnitřních zisků a podobně. Vnitřními zisky mohou být: tělesné teplo obyvatel; elektrická zařízení; osvětlení; atd. Množství těchto zisků je navázáno na chování uživatelů v budově a na tom jak často a jak dlouho se v budově zdržují.

V případě objektu haus 2226 v některých zimních extrémech je brzo ráno zapnuto osvětlení pro vytvoření zásob tepla do konstrukcí. Ve Vorarlbergu kde se budova nachází lze elektřinu jako zdroj tohoto tepla tolerovat, a to z toho důvodu, že je generována místní vodní elektrárnou. Množství této energie potřebné pro toto vytápění odpovídá množství energie běžného topného

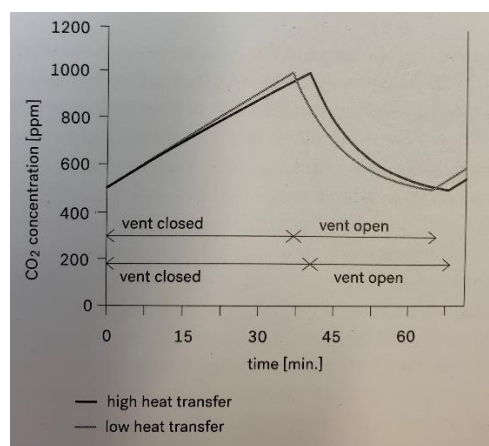


systému, který by dodal toto množství energie. V této koncepci je samozřejmě zohledněna i radiální teplota konstrukcí, která je nedílnou součástí toho, jak se budou lidé v objektu cítit. Ukazatelem tohoto je tzv. operační teplota, což je hodnota, která zohledňuje jak teplotu vzduchu, tak radiální teplotu povrchů v interiéru. Základním cílem je udržet v budově 2226, jak už sám název napovídá, tuto hodnotu mezi 22 a 26 °C. Tohoto cíle je v budově dosaženo především díky automatickému ventilačnímu systému.

Hlavním úkolem automatického systému větrání je udržet v budově komfortní prostředí, a to jak z hlediska teploty, tak z hlediska kvality vzduchu, tedy především koncentrace CO₂. Největší výzvou je pochopitelně tyto dva parametry udržet na požadované úrovni během extrémních teplot jak v zimním, tak v letním období. [9]

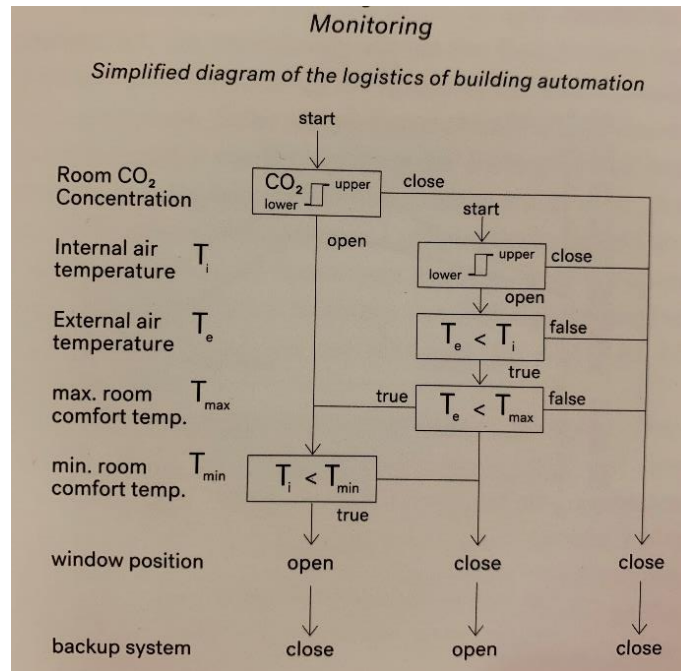


Obr. 20: Průběh teploty v interiéru v závislosti na velikosti prostupu tepla a stavu ventilace [9]



Obr. 21: Průběh koncentrace CO₂ v závislosti na velikosti prostupu tepla a stavu ventilace [9]

Hlavní myšlenkou nastavení ventilace v této budově je, že se větrá pouze a jenom tehdy, kdy je to právě potřeba. Ve všech místnostech budovy jsou umístěny senzory měřící koncentraci CO₂. Tyto senzory dávají signál v případě, že koncentrace stoupne nad hodnotu 1000 ppm, aby se začalo větrat, ne dříve, ne později. To znamená, že pokud se v místnosti nenacházejí osoby, v místnosti se nevětrá, protože to není třeba. V běžných výpočetních metodách se uplatňuje přístup výpočtu výměny vzduchu za jednu hodinu. Pokud se tedy v místnosti nenacházejí žádné osoby, nevětrá se. Z měření vyplynulo, že pokud jsou ventilační průduchy zavřeny, kvůli infiltraci je výměna vzduchu v objektu 0,1 h⁻¹. [9]



Obr. 22: Algoritmus pro monitoriag a řízení okenních štěrbin [9]

Nejdůležitějším prvkem regulace vnitřního prostředí v budově jsou svislé větrací štěrbin, které jsou součástí okenních rámců. Tyto štěrbin jsou vysoké jako samo okno tedy téměř přes celou výšku podlaží.



Obr. 23: Větrací štěrbina v okně

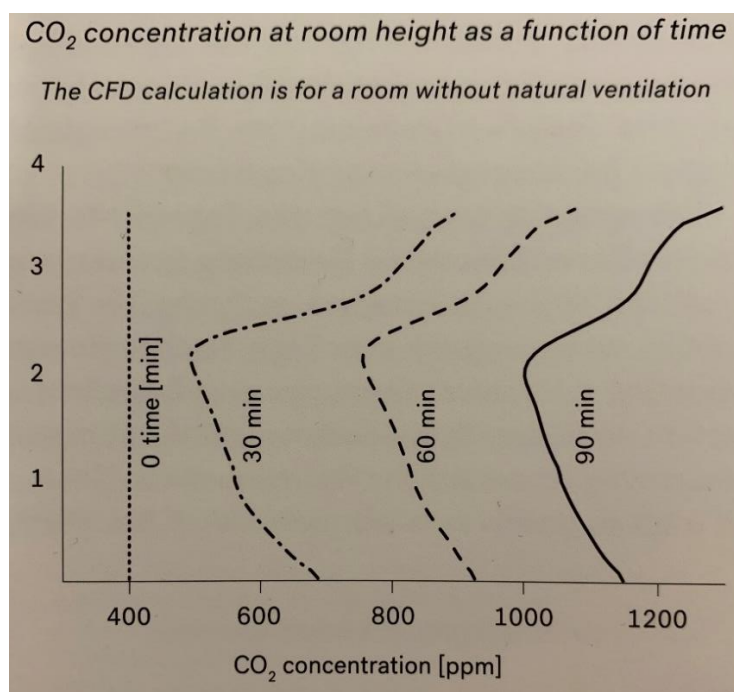


Obr. 24: Větrací štěrbina v okně



Otevírání a zavírání jednotlivých průduchů v oknech řídí software, který sleduje čtyři hlavní parametry: vnitřní teplotu; koncentraci CO₂; relativní vlhkost prostředí a venkovní teplotu.

I při větrání po více krátkých intervalech je možné zajistit těmito průduchy dostatečnou výměnu vzduchu. Svislý charakter větracích štěrbin se předpokládá jako nejlepší řešení z hlediska rozložení vzduchu po výšce místnosti. Poměrně vysoká světlá výška místností využívá stratifikačního jevu, kdy velké množství CO₂ je v prostoru pod stropem a ne v pobytové zóně, kde je nežádoucí. Senzory na měření koncentrace CO₂ jsou umístěny ve výšce 1,2 metrů nad podlahou. [9]



Obr. 25: Koncentrace CO₂ v místnosti v závislosti na její výšce [9]

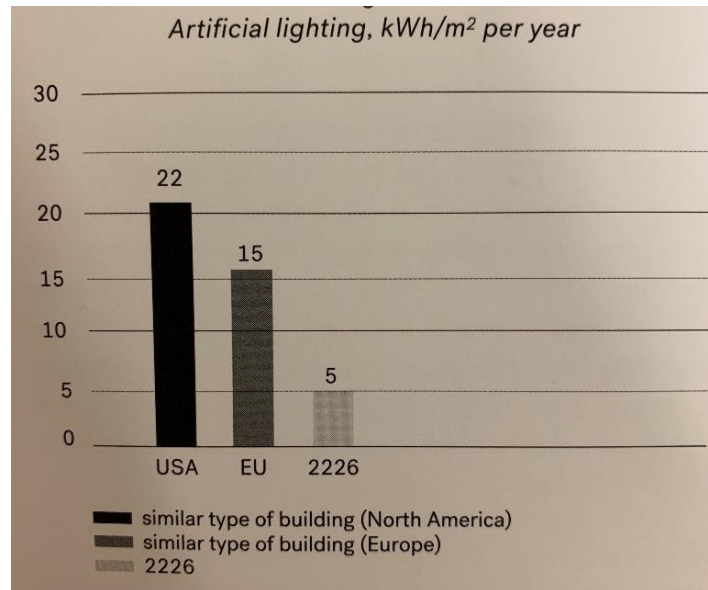
Z grafů na předchozím obrázku je ukázána koncentrace CO₂ v závislosti nejen na době bez přívodu čerstvého vzduchu, ale také rozložení této koncentrace po výšce místnosti. Jak je vidět, CO₂ se nechová tak, že by postupem času stoupala jeho koncentrace rovnoměrně v celé místnosti, ale chová se spíše jako teplý vzduch. Větší koncentrace jsou u stropu místnosti, což znamená, že koncentrace v pobytové zóně stoupá pomaleji, z toho vyplývá, že sledovaná místnost je v zimním období schopna poskytovat dobré vnitřní prostředí po delší dobu, než by jinak vycházelo z konvenčních výpočtů. Velká světlá výška místností je rovněž výhodou z důvodu velké zásobárny čerstvého vzduchu, což má rovněž za následek pomalejší stoupání koncentrace CO₂ v místnosti. Z těchto důvodů není proto nutné větrat tak často, což vede ke snížení tepeplných ztrát. [9]



Obr. 26: Rozložení denního světla a solární zisky [11]

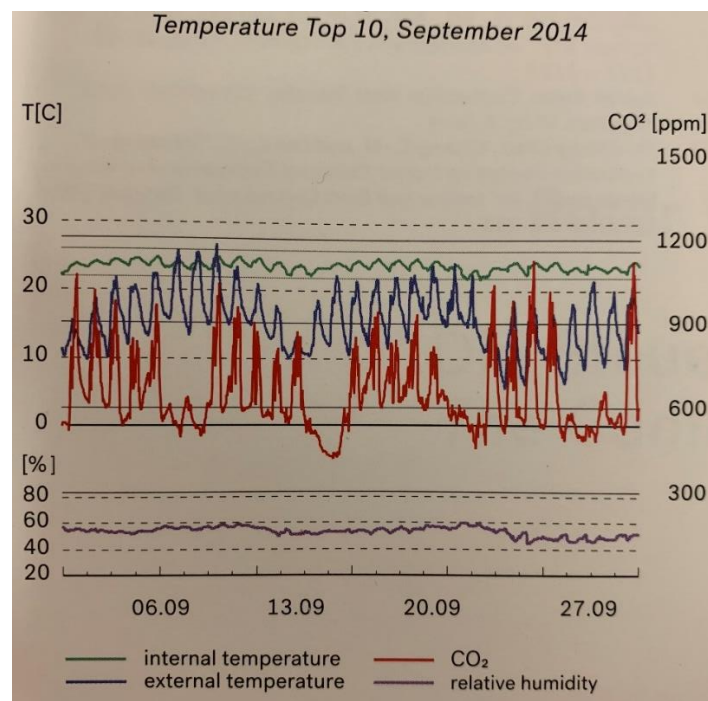
Správné rozložení denního světla má velký význam pro snížení potřeby energie, protože se jedná o významnou složku vnitřních zisků energie. Díky tomu je také možné významně omezit potřebu umělého osvětlení. Z toho důvodu, že umělé osvětlení je zajištěno vždy výhradně za pomoci elektřiny, byl na aspekt denního osvětlení při návrhu 2226 kladen velký důraz, přestože zajištění co možná nejvíce denního světla může způsobovat nežádoucí vnitřní zisky a přehřívání v letním období. Toto bylo vyřešeno tak, že okna využívají celou světlovou výšku místnosti tak, aby dodávala denní světlo co nejvíce do hloubi místnosti a co nejvíce tak využila svých ploch, které byly zredukovány na 16 % z povrchu fasády. Jednou z největších výzev při návrhu a výpočtech bylo navrhnout velikost oken tak, aby v letním období nepřinášela nežádoucí tepelné zisky, ale naopak v zimním období solární záření pomáhalo s vytápěním interiéru. I přes značný technický pokrok součinitel prostupu oken je mnohonásobně vyšší než součinitel prostupu tepla stěnou v této budově. Po zahrnutí všech těchto aspektů do výpočtů se ukázalo, že nejvýhodnější je navrhnout okenní otvory co možná nejmenší. Zmiňovaných 16% procent z povrchu fasády, tak vycházelo z požadavků na proslunění a denní osvětlení místností. Jak již bylo zmíněno vysoká okna prosvětly interiér při minimalizaci jejich plochy.

Další výhodou toho, že vysoká okna velmi dobře dokáží prosvětlit interiér místnosti, je úspora energie na umělé osvětlení. Umělé osvětlení je tedy převážně zapínáno v ranních hodinách zimního období, kvůli kratším dnům, horšímu počasí a v neposlední řadě také pro dodatečný tepelný zisk. [9]



Obr. 27: Porovnání spotřeby energie na umělé osvětlení v budovách s obdobným provozem v EU a USA [9]

Jak se ukázalo, očekávání konceptu 2226 byla naplněna. Ukázalo se, že i při plném využití budovy je možné udělat všechny kritéria komfortního vnitřního prostředí na požadovaných úrovních. V zimním období si lidé v budově nestěžovali na chlad, průvan a ani špatnou kvalitu vzduchu. Kvalita vzduchu byla měřena odborníky v průběhu dne, kdy byla budova plně obsazena a koncentrace CO_2 nepřesáhla požadovanou úroveň. To znamená, že ventilační systém budovy založený na přirozených fyzikálních silách je funkční. [9]



Obr. 28: Průběh interiérové a exteriérové teploty, koncentrace CO_2 a relativní vlhkosti [9]



1.6 Řídicí systém

„Budova ukazuje využití stavebně fyzikálních vlastností konstrukcí a vytváří skvělé vnitřní prostředí. Její řídicí systém je co možná nejjednodušší a využívá skutečně minimální množství vybavení. K hladkému chodu budovy je nutný pouze jeden server. Uživatelé se o chod budovy nemusí vůbec starat a užívat si jejího skvělého vnitřního prostředí.“

Peter Widerin – fyzik a programátor [10]

V minulém desetiletí rapidně vzrostlo zastoupení technologických systémů v budovách. Progres v oblasti řídicích systémů, vývoj moderních senzorů a inovace v oblasti systémů vytápění a chlazení zapříčinil to, že z moderních budov se staly high-tech zařízení s drahými řídicími systémy a složitými systémy vytápění a chlazení. Technologie jsou v dnešní době ta vůbec nejnákladnější věc v budovách.

V této souvislosti se zdá až troufalé, pokusit se navrhnout budovu typu 2226, která slibuje perfektní vnitřní prostředí, při minimalizaci použitých technologií. Pochopitelně, při takovém pokusu vyvstávají otázky: Lze, aby budova bez systémů vytápění a chlazení poskytovala komfortní vnitřní prostředí?; Je možné dosáhnout požadovaných teplot v interiéru pouze díky vnitřním zdrojům, jako jsou, umělé osvětlení, vnitřní vybavení a obyvatelé?; Lze odvést veškeré teplo naakumulované v konstrukcích v teplých letních dnech pouze nočním předchlazováním?; Může toto všechno zajistit pouze systém přirozeného větrání s automatickým řízením, a jak přesně by tento systém měl být řízen?

Z toho důvodu, že se v budově nachází mnoho různých provozů (zasedací místnosti, kavárna, galerie, byty, kancelář, open-space), musí být řídicí systém jak individuální, tak komplexní. Systém musí být schopen reagovat na dynamické změny v místnostech. Tato schopnost je umožněna díky podpůrnému systému, který je založen na monitorování základních parametrů v interiéru. Díky kontinuálnímu měření a vyhodnocování je systém schopen ihned reagovat na změny v budově a učinit tak potřebná opatření. [10]

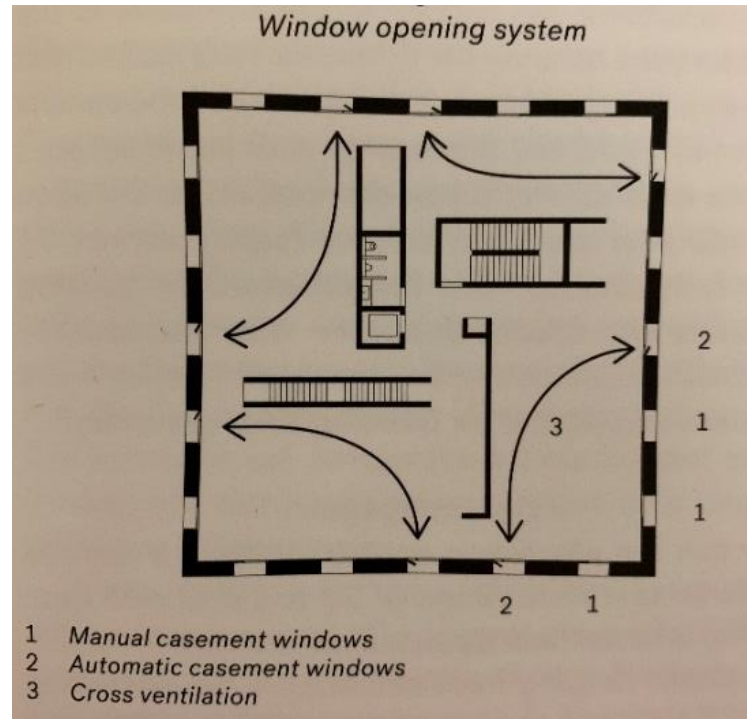
1.6.1 Technologie

Haus 2226 má šest nadzemních podlaží. Dispozice jednotlivých podlaží je velice otevřená a flexibilní. Nachází se v něm čtyři základní zóny umístěné v rozích budovy.

Každá z těchto dvaceti čtyř zón je vybavena senzory měřící teplotu, koncentraci CO₂ a relativní vlhkost v reálném čase. Jako doplnění k těmto vnitřním sensorům slouží vnější meteorologická stanice umístěná na střeše zaznamenávající vnější teplotu, rychlost větru, a

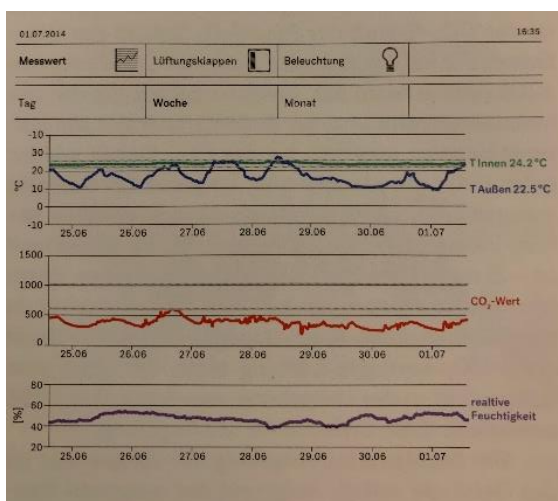


světelné podmínky. Veškerá data jsou vyhodnocována centrálním počítačem. Na základě vyhodnocení těchto dat centrální počítač otevře nebo zavře větrací štěrbinu v dané místnosti. Vždy dvě okna, které jsou od sebe nejdále a na úhlopříčku, tak jak je znázorněno na následujícím obrázku.[10]

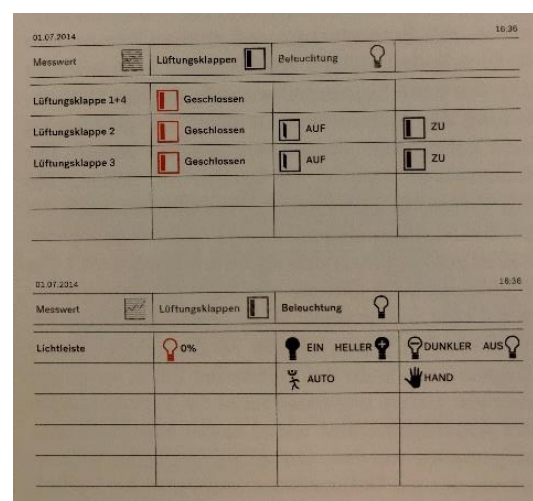


Obr. 29: Schéma přirozeného větrání [10]

Data v jednotlivých místnostech jsou zobrazována na dotykových obrazovkách, které slouží rovněž jako manuální ovladač pro uživatele místnosti. Na obrazovce lze ovládat ostatní větrací štěrbinu, osvětlení a otevírání dveří. [10]



Obr. 30: Display řídicího systému [10]



Obr. 31: Display řídicího systému [10]

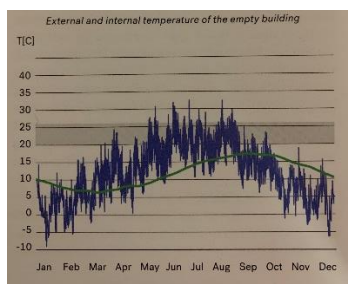


Komunikace mezi centrálním počítačem a pohonem štěrbin je zajištěn systémem kabelů vedených v podlaze. Přesun dat od senzorů do počítače a následně na dotykové obrazovky ve všech místnostech je sprostředkován bezdrátově pomocí intranetu. [10]

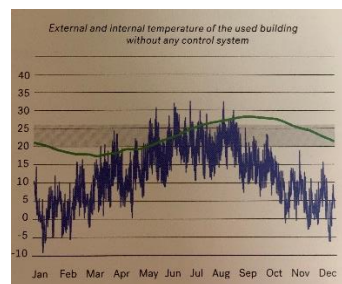
1.6.2 Řízení

Jak je možné, že nějaký elektronický systém dokáže udržet teplotu v interiéru mezi 22 a 26°C, přestože venkovní teplota během roku kolísá mezi -10 °C a více než 30 °C? jak je možné, že se kvalita vnitřního vzduchu udrží na požadované úrovni?

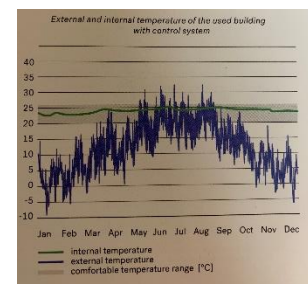
Klíčové pro přívod čerstvého vzduchu je měření dat, především tedy koncentraci CO₂. Jakmile tato koncentrace stoupne nad hodnotu 1200 ppm, štěrbin se otevřou bez ohledu na ostatní vnitřní nebo vnější podmínky a zavřou se znovu až v okamžiku kdy koncentrace CO₂ klesne na hodnotu 800 ppm. Výhodou je řízení každé místnosti zvlášť a podle jejich individuálních potřeb. Díky prostředí, ve kterém je budova postavena se jedná o jednoduchý způsob udržení dobré kvality vnitřního vzduchu. Regulace teploty je prováděna obdobně.



*Obr. 32: Průběh
vnitřní a vnější teploty
v prázdné budově [10]*

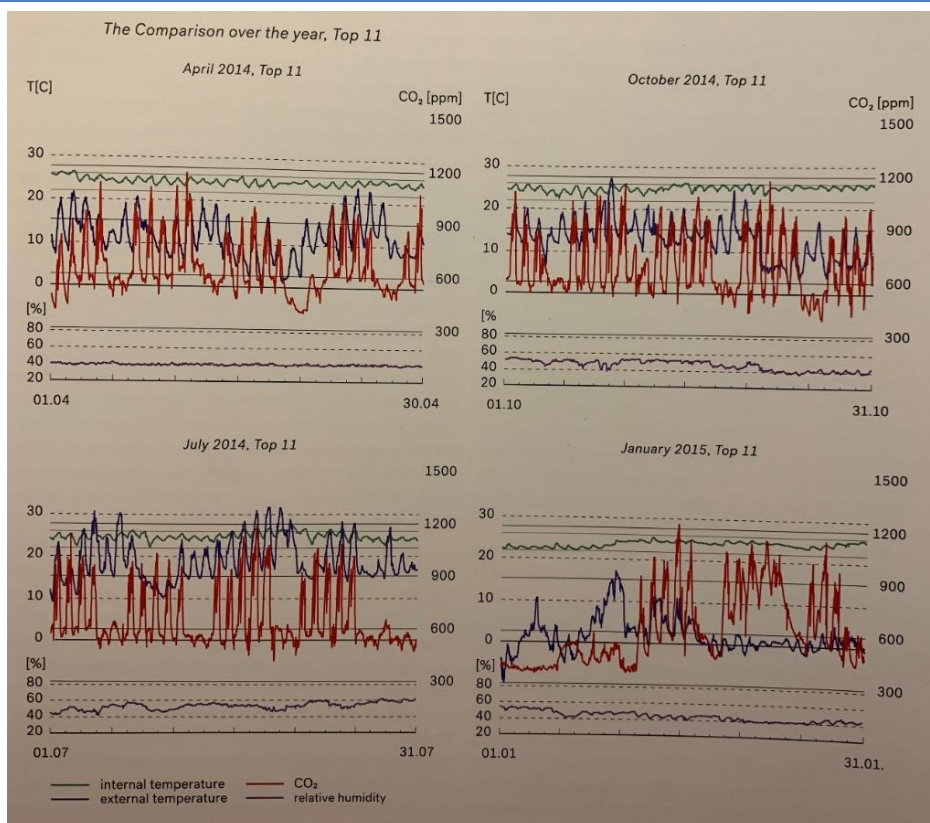


*Obr. 33: Průběh
vnitřní a vnější teploty
v osídlené budově bez
řídícího systému [10]*

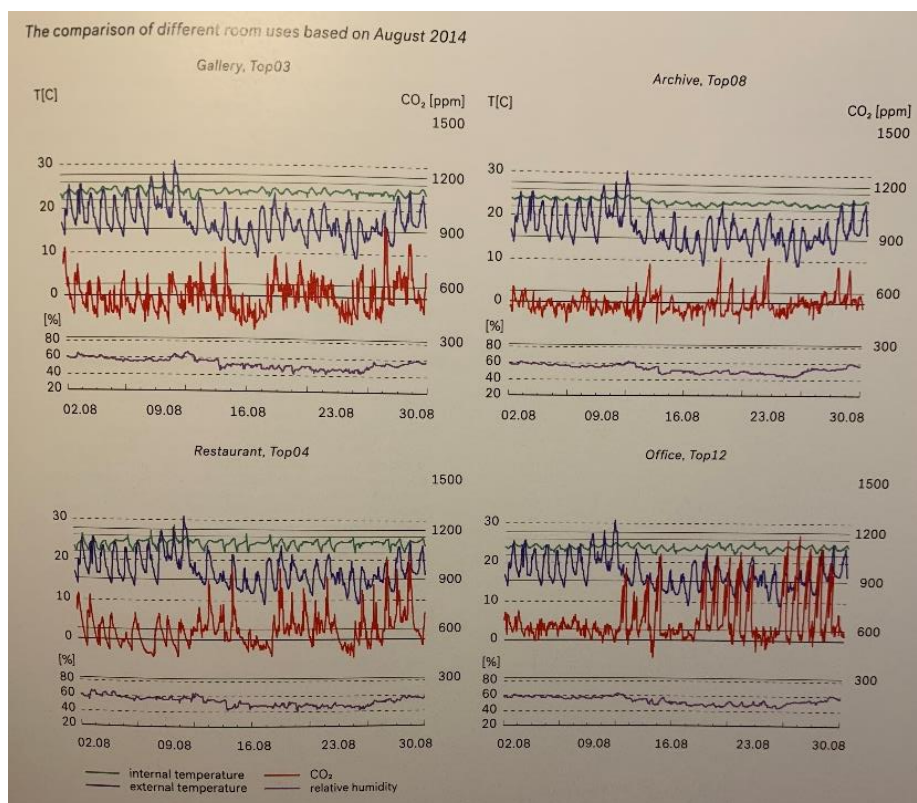


*Obr. 34: Průběh
vnitřní a vnější teploty
v osídlené budově s
řídícím systémem [10]*

Díky velmi nízké tepelné vodivosti obvodového pláště je i v chladných dnech při exteriérové teplotě okolo -8°C zachována teplota interiéru v požadovaném rozmezí, za předpokladu vnitřního zisku 100-200W na jedno pracovní místo a k tomu ještě několik počítačů. V dlouhých chladných obdobích při relativně malých vnitřních ziscích z důvodu absence osob apod. (Vánoce) je tepelná stabilita zajištěna řídicím systémem, který dle potřeby zapíná v interiéru osvětlení. [10]



Obr. 35: Měsíční průběhy vnitřní a vnější teploty, koncentrace CO₂ a relativní vlhkosti v jednotlivých ročních období [10]

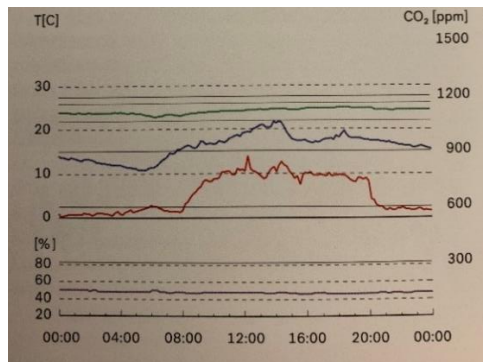


Obr. 36: Průběhy vnitřní a vnější teploty, koncentrace CO₂ a relativní vlhkosti během srpna v jednotlivých provozech budovy [10]

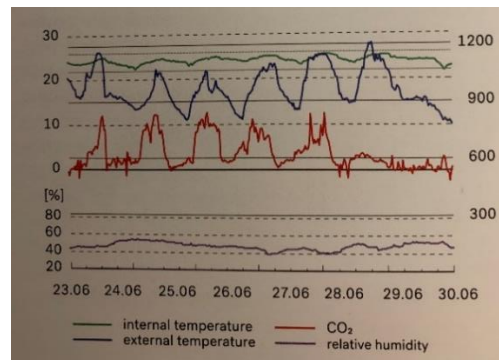


1.6.3 Letní provoz

V letním období je využíváno již popsané noční předchlazování. Je možné, že nastane situace, kdy během letního dne bude nutné kvůli vysoké koncentraci CO_2 v interiéru přivést čerstvý, avšak teplý exteriérový vzduch. Tomu, že ani tento teplý vzduch neohřeje vzduch v místnosti natolik, aby se teplota nedostala mimo požadované rozmezí, přispívají masivní konstrukce s tepelnou kapacitou více než stokrát větší, než má vzduch.



Obr. 37: Průběh vnitřní a venkovní teploty, koncentrace CO_2 a relativní vlhkosti v průběhu 25. června 2014 [10]

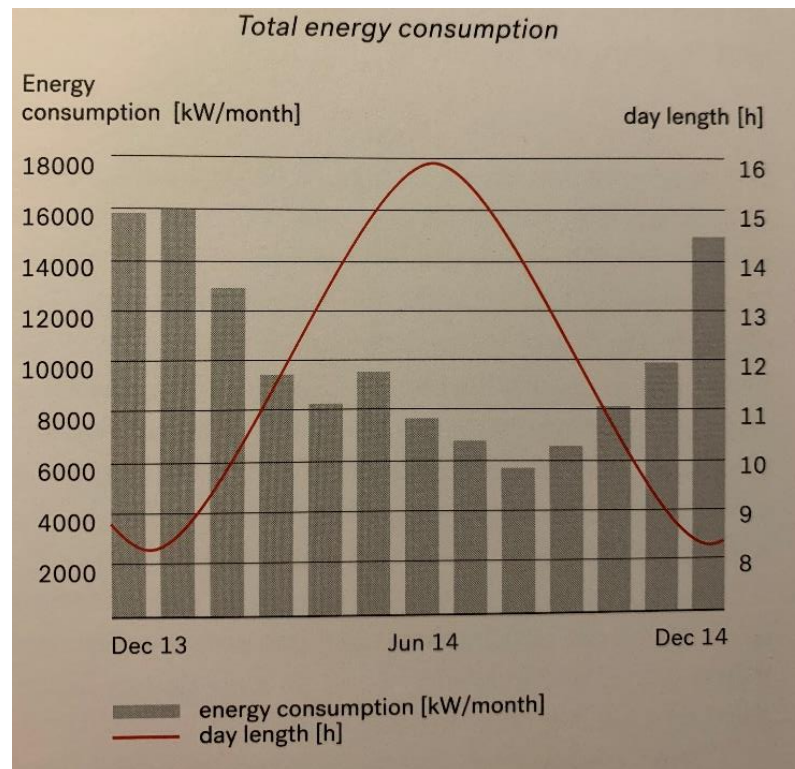


Obr. 38: Průběh vnitřní a venkovní teploty, koncentrace CO_2 a relativní vlhkosti od 23. do 26. června 2014 [10]

1.6.4 Potřeba energie

Jediná energie spotřebovávaná v budově je elektřina. Jednoduše to znamená, že spotřeba elektřiny, rovná se spotřeba energie celého objektu. Spotřeba elektřiny zahrnuje: osvětlení, výtah, kuchyň, galerie, kanceláře. Celková spotřeba elektřiny v roce 2013 činila 120 MWh/a

Vztaženo na podlahovou plohu měla budova spotřebu $38\text{kWh/m}^2\text{a}$. Pro porovnání a představu zde lze uvést studii, která se zabývala spotřebou energie ve stovaceti kancelářských budovách. Zjistilo se, že velký vliv na tuto spotřebu má to, zda a v jaké míře je v objektu použita klimatizace. Běžné administrativní budovy bez klimatizace měli spotřebu $46\text{kWh/m}^2\text{a}$, budovy částečně klimatizované $65\text{kWh/m}^2\text{a}$ a budovy zcela klimatizované $136\text{kWh/m}^2\text{a}$. Vzhledem k tomu, že v této budově se nenacházejí systémy vytápění ani chlazení ani mechanického větrání největší vliv na konečnou honostu spotřeby energie bude mít spotřeba energie na osvětlení. Toto je dobře patrné z následujícího grafu, na kterém je vidět, že spotřeba elektrické energie klesá v letních měsících, kdy jsou delší dny a naopak.



Obr. 39: Rozložení spotřeby energie do jednotlivých měsíců a jeho porovnání s délkou dnů v průběhu roku. [10]

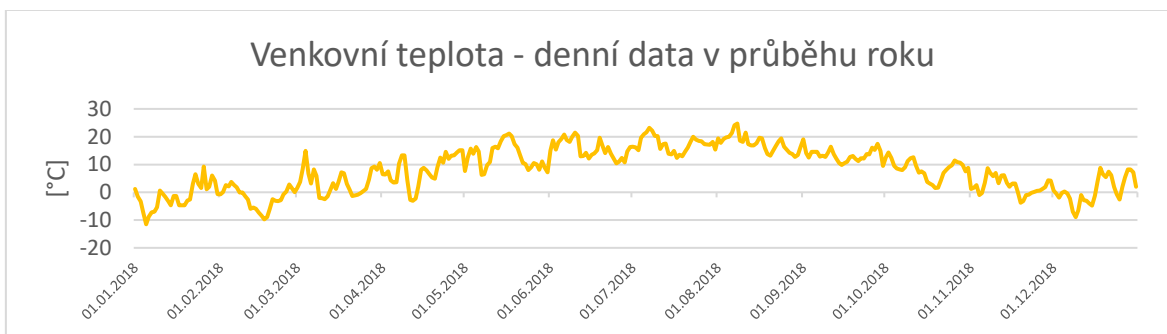


2 Popis analyzovaného objektu RESBY

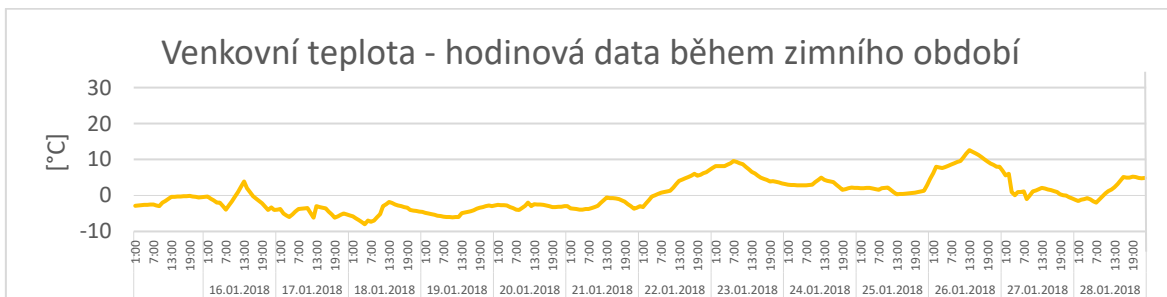
2.1 Lokalita

Budova bude situována do Prahy. Pozemek byl zvolen v lokalitě Praha 19 Kbely, tedy poblíž meteorologické stanice Praha – Kbely.

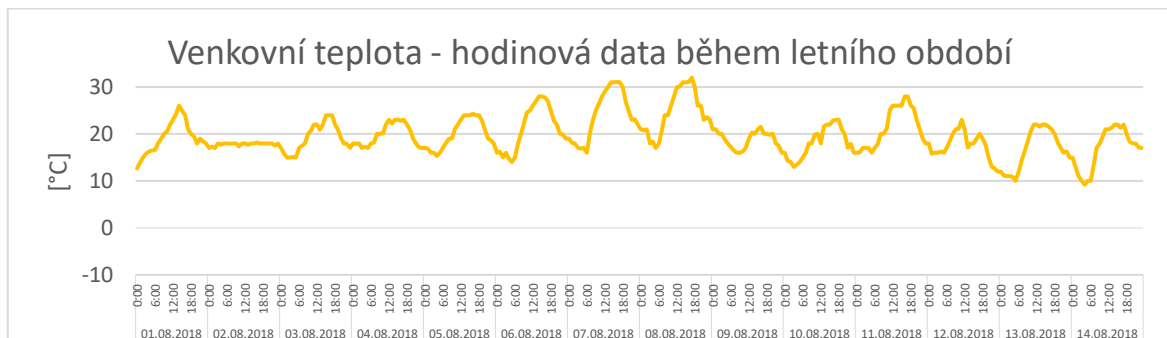
2.2 Okrajové podmínky modelu



Obr. 40: Venkovní teplota – denní data v průběhu roku

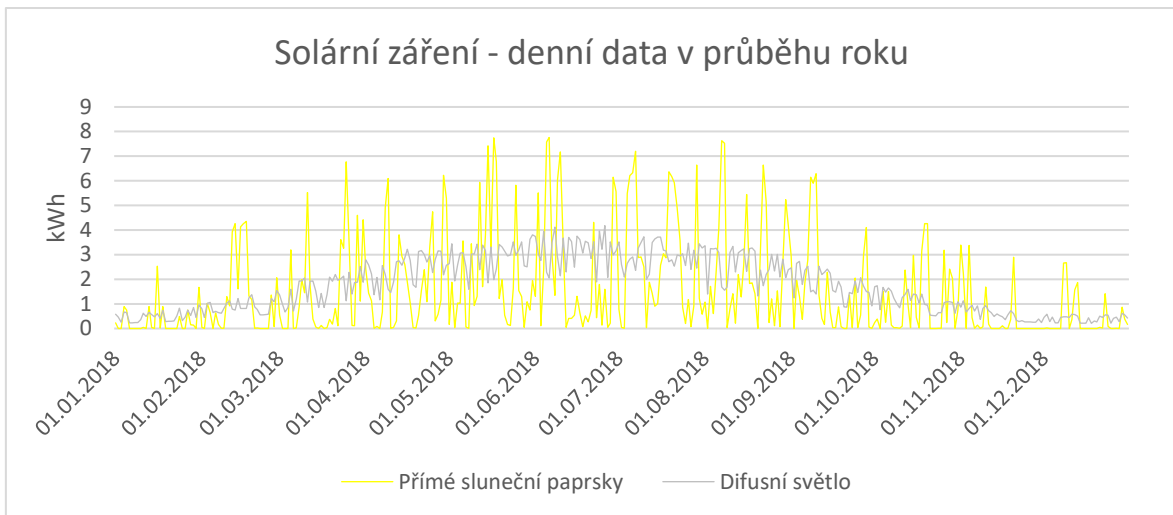


Obr. 41: Venkovní teplota – hodinová data během zimního období

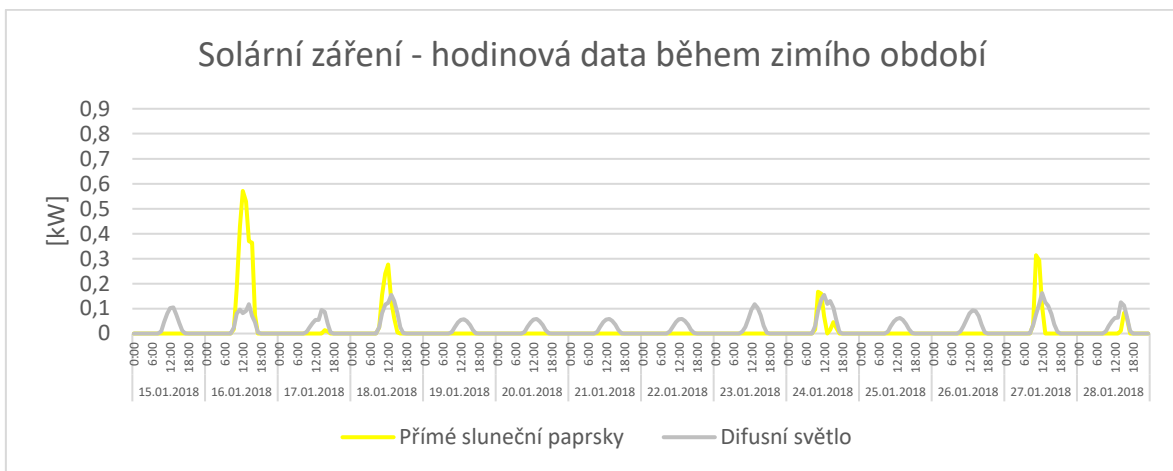


Obr. 42: Venkovní teplota – hodinová data během letního období

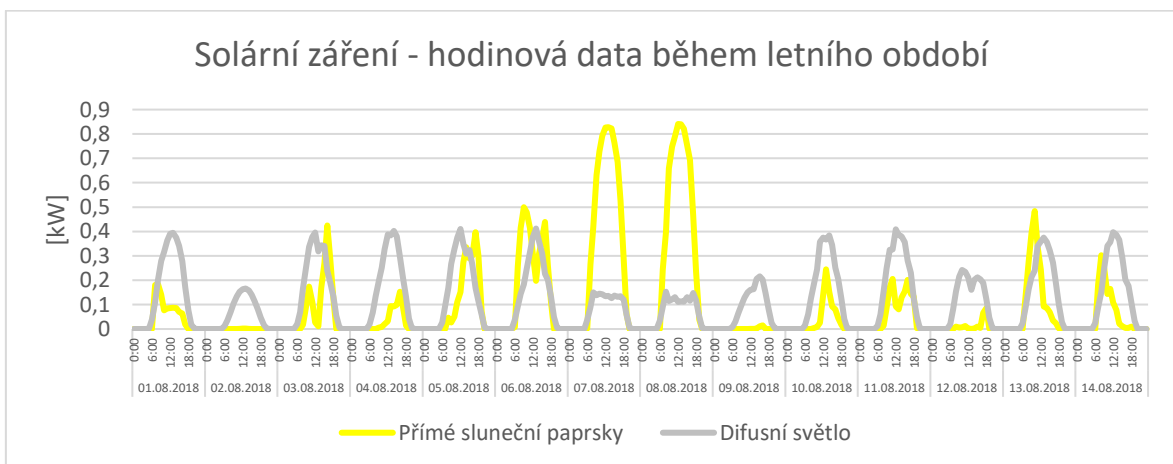
Průběh venkovní teploty během roku je jednou ze základních okrajových podmínek, které mají vliv na teplotní stabilitu v budově. Venkovní teplota určuje teplotní spád mezi vytápěným a nevytápěným prostorem, a proto má zásadní vliv na tepelné zisky a ztráty a na průběh teploty v interiéru budovy.



Obr. 43: Solární záření – denní data v průběhu roku

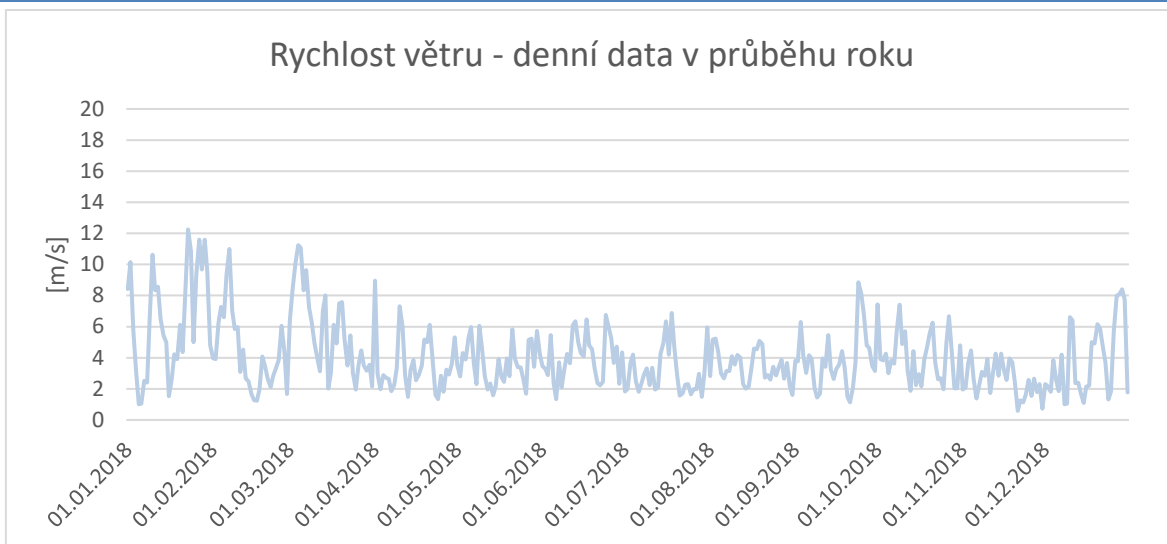


Obr. 44: Solární záření – hodinová data během zimního období

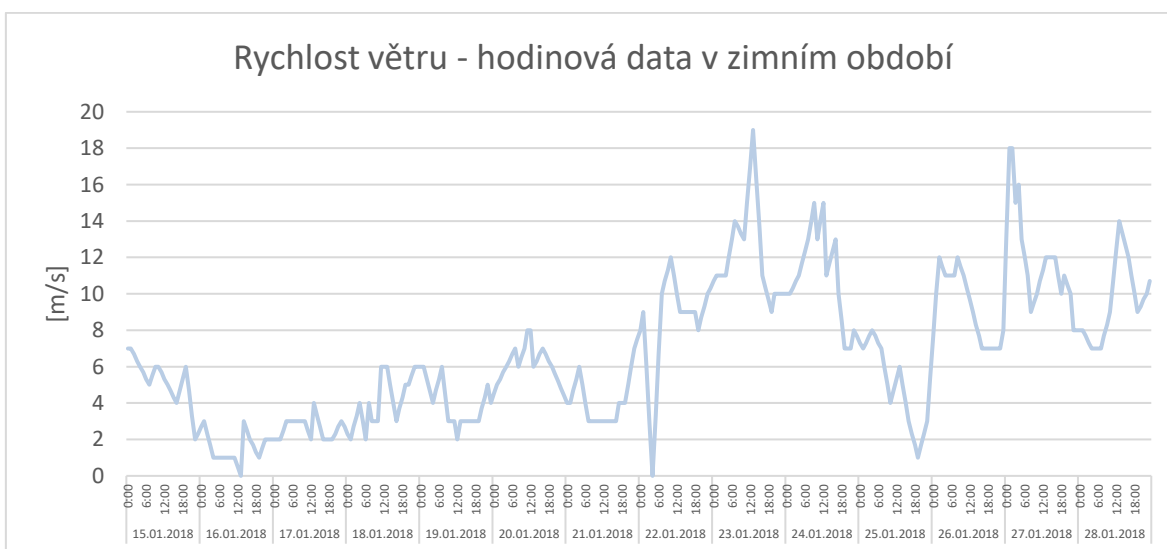


Obr. 45: Solární záření – hodinová data během letního období

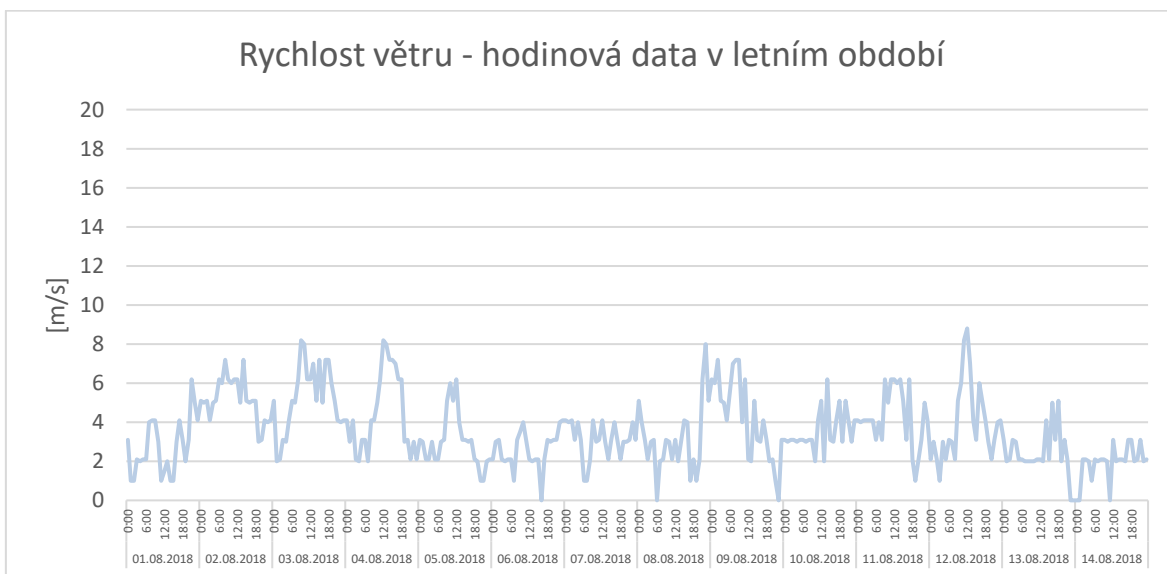
Internzita solárního záření má značný vliv na energetickou bilanci v objektu, zejména proto, že díky solárním ziskům lze budovu prostřednictvím okeních otvorů zahřívat během zimního období. V letním období je zase nutné nežádoucí zisky z budovy odstranit nebo je nějakým způsobem zredukovat.



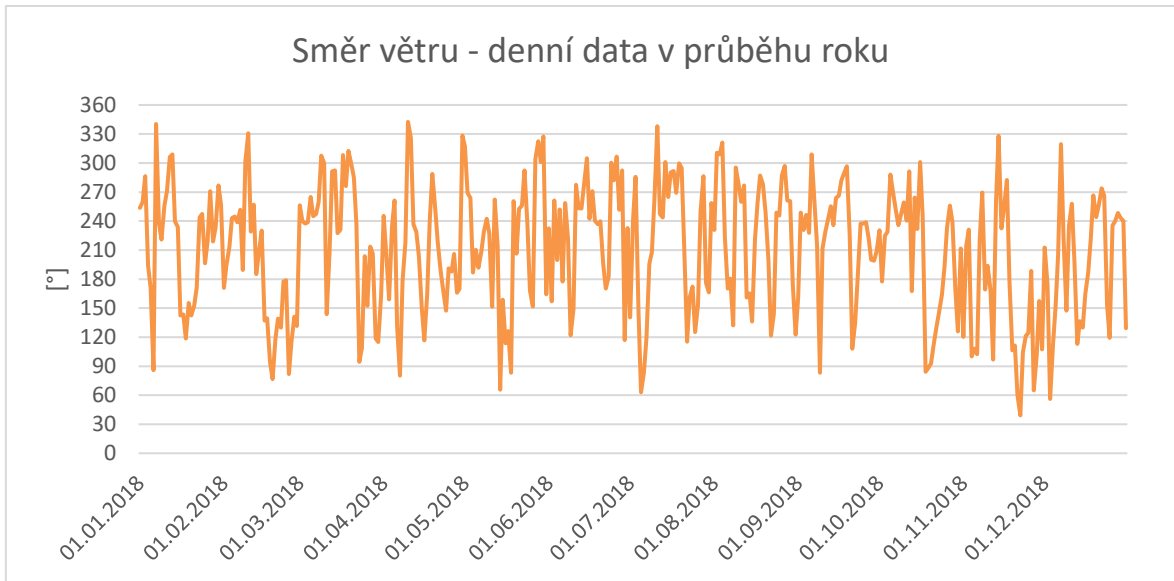
Obr. 46: Rychlost větru – denní data v průběhu roku



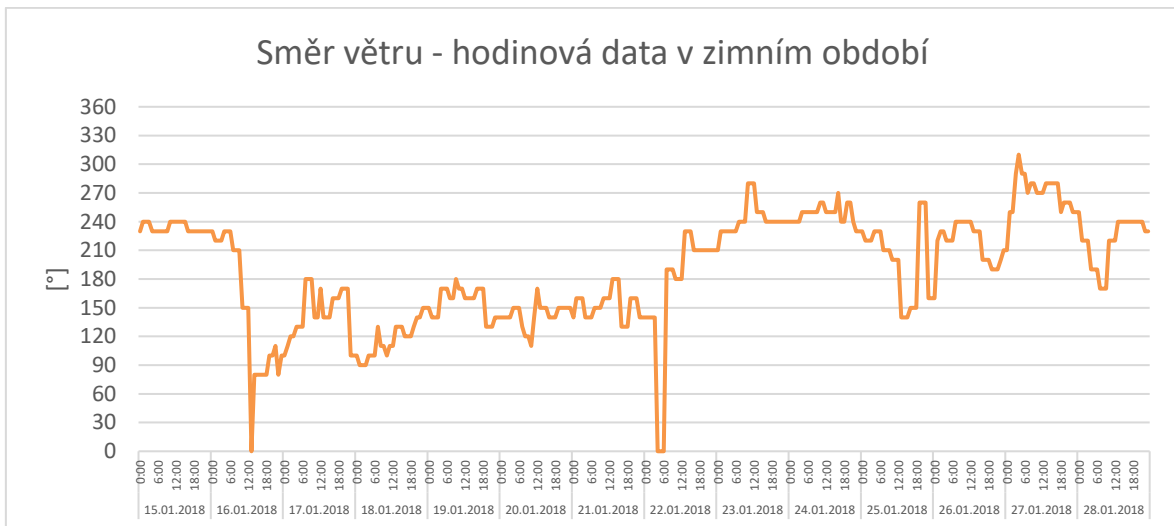
Obr. 47: Rychlost větru – Hodinová data v zimním období



Obr. 48: Rychlost větru – Hodinová data v letním období



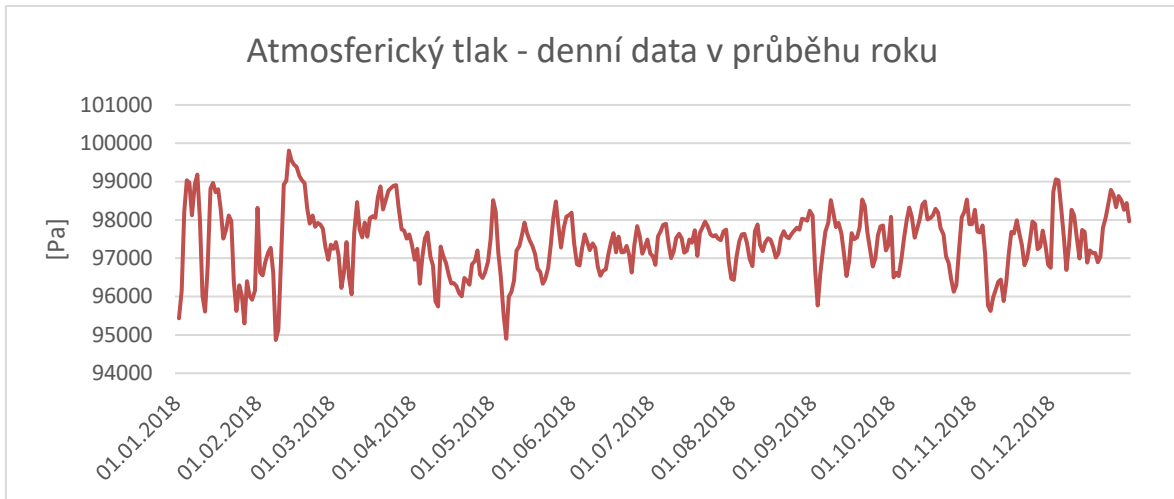
Obr. 49: Směr větru – denní data v průběhu roku



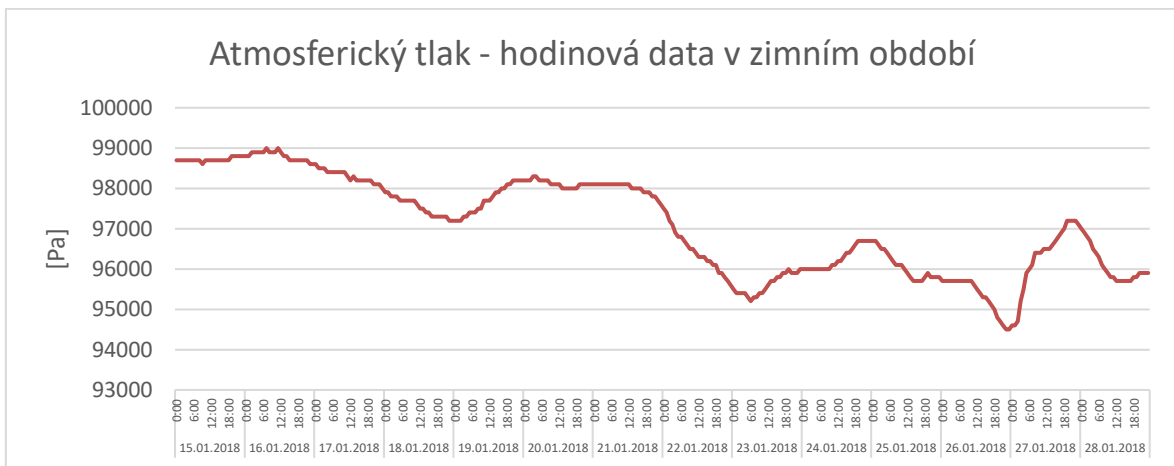
Obr. 50: Směr větru – Hodinová data v zimním období



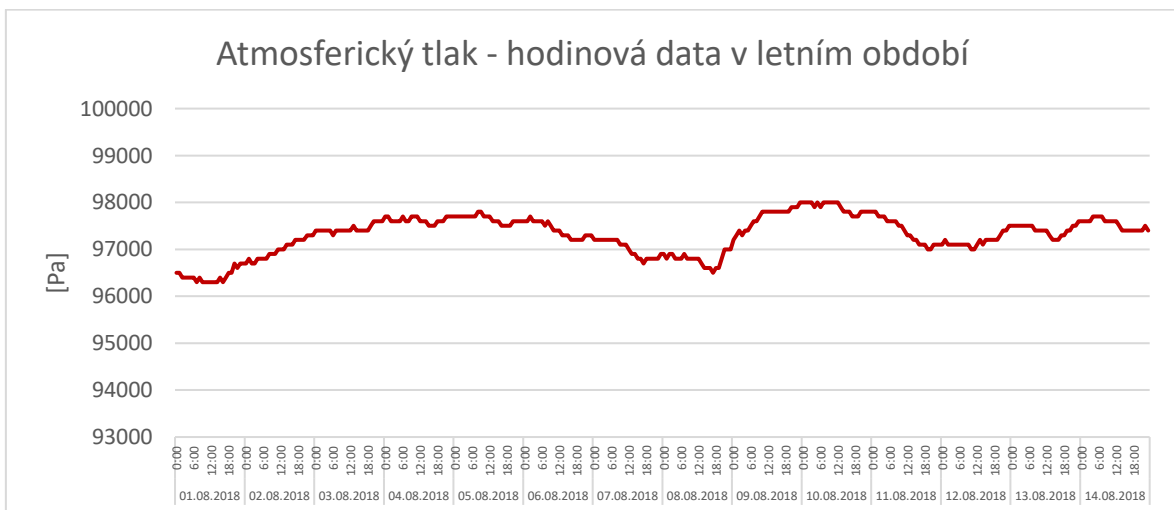
Obr. 51: Směr větru – Hodinová data v letním období



Obr. 52: Atmosferický tlak – denní data v průběhu roku



Obr. 53: Atmosferický tlak – Hodinová data v zimním období



Obr. 54: Atmosferický tlak – Hodinová data v letním období

Parametry, jakými jsou rychlost a směr větru a atmosferický tlak, jsou v energetické analýze důležité především proto, že objekt bude větrán pouze přirozeně a pomocí infiltrace a tyto okrajové podmínky mají zásadní vliv na výměnu vzduchu v objektu.



Teplotní extrémý

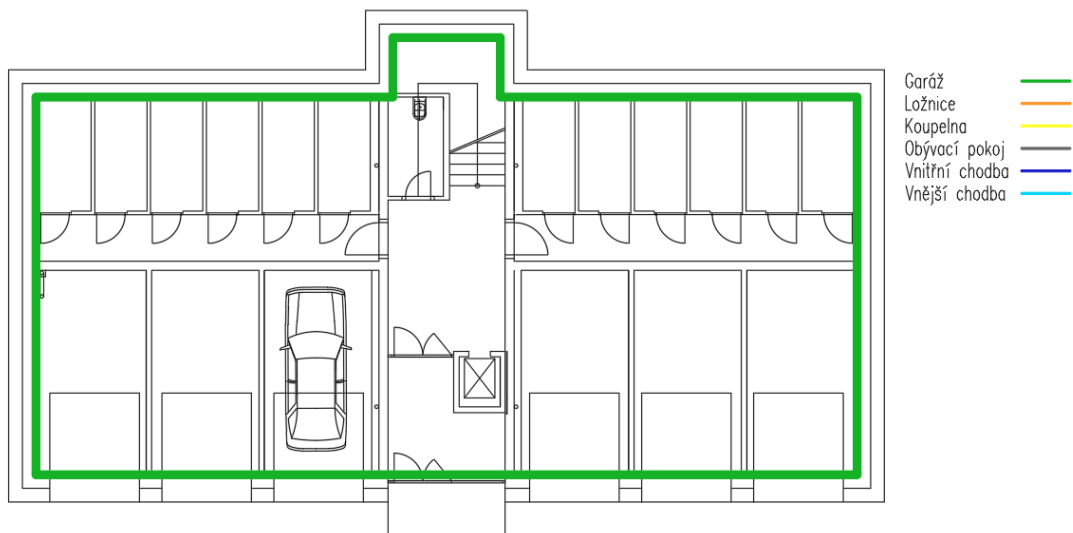
	Hodinová data		Denní data	
	Hodnota [°C]	Datum	Hodnota [°C]	Datum
Max	-15	17.2. 8:00	-11,5	5.1.
Min	32	8.8. 17:00	24,7	8.8.

Tab. 1: Teplotní extrémý

2.3 Dispozice

Jedná se o čtyřpodlažní bytový dům bez podzemního podlaží. V 1.NP se nacházejí garáže a skladovací prostory. V ostatních podlažích se jsou umístěny bytové jednotky, přičemž dispozice 2.NP a 3.NP je shodná. Ve všech obytných místnostech jsou umístěny okenní otvory, které jsou vysoké téměř přes celou výšku místností. Vjezd do garáží se nachází na jižní straně budovy.

2.3.1 1.NP



Obr. 55: Dispozice a rozdělení na zóny v 1.NP

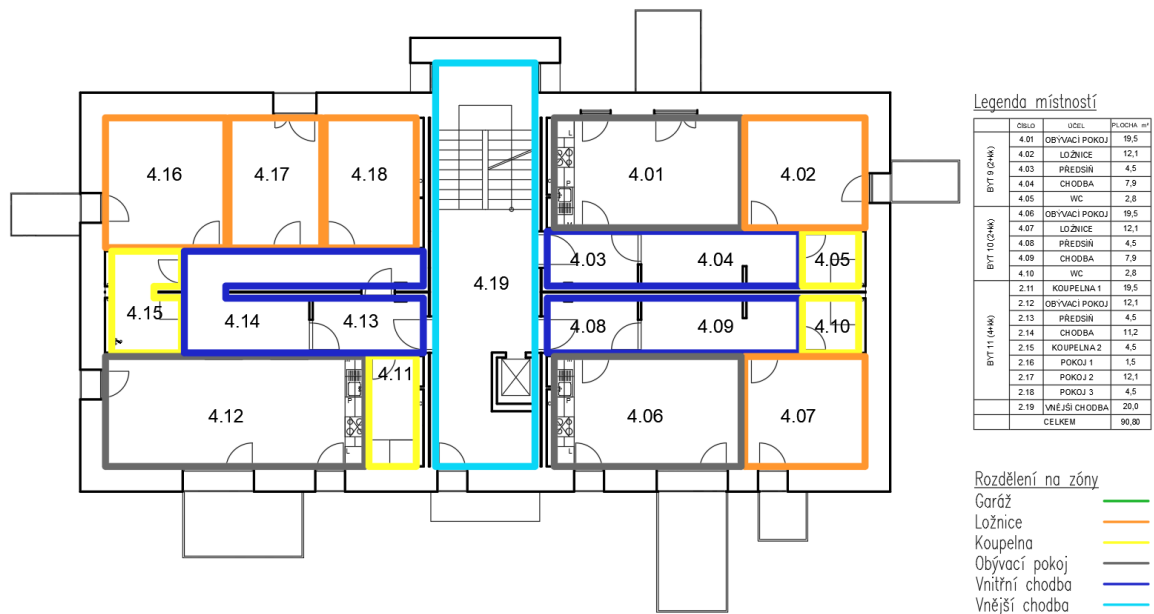


2.3.2 2.NP, 3.NP



Obr. 56: Dispozice a rozdělení na zóny v 2.NP,3.NP

2.3.3 4.NP

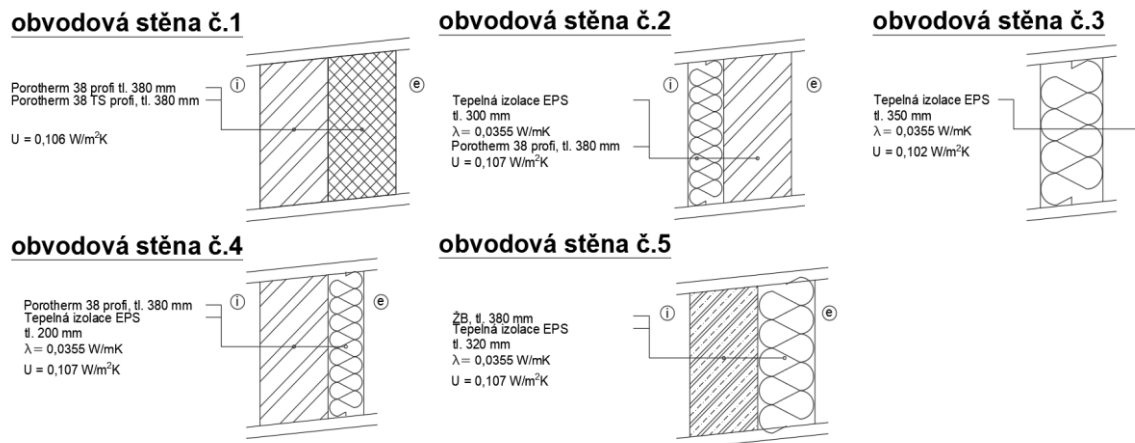


Obr. 57: Dispozice a rozdělení na zóny v 4.NP



Pro následnou energetickou analýzu bylo zvoleno několik druhů obvodových konstrukcí, stropů a vnitřních dělicích konstrukcí. Jednotlivé varianty byli navrhovány tak, aby parametry vstupující do energetických výpočtů jednotlivých variant byly shodné a navržené varianty se tak lišily od sebe pouze svou měrnou tepelnou kapacitou. Do analýzy bylo zvoleno pět variant obvodových plášťů, z nichž obvodový plášť č.1 je navržen obdobně, jako u budovy Bürohaus 2226. Dále byla navržena varianta s nosnou vrstvou z železobetonu a kontaktním zateplovacím systémem. Dvě zděné varianty s kontaktním zateplovacím systémem na interiérové a exteriérové straně pro porovnání vlivu pořadí vrstev na teplotní stabilitu, a nakonec nejlehčí varianta obvodového pláště č. 3, která je obdobná jako u současných dřevostaveb. Do analýzy dále vstupují tři druhy stropní konstrukce lišící rovněž především svou akumulací schopností a dva druhy vnitřních dělicích konstrukcí o stejné tloušťce, ale opět s výrazně jinou hodnotou měrné tepelné kapacity

2.4.2 Obvodové konstrukce



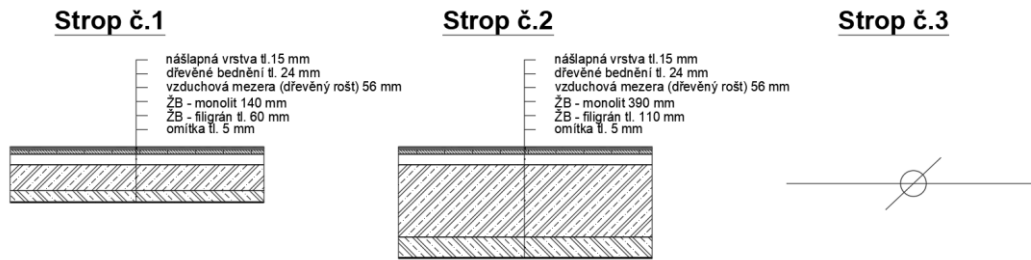
Obr. 60: Skladby obvodových konstrukcí

Konstrukce	tloušťka [mm]	součinitel prostupu tepla [$\text{W/m}^2\text{K}$]	měrná tepelná kapacita [$\text{J/m}^2\text{K}$]
Obvodová stěna č.1	760	0,106	543400
Obvodová stěna č.2	580	0,107	287940
Obvodová stěna č.3	350	0,102	20212
Obvodová stěna č.4	580	0,107	287940
Obvodová stěna č.5	580	0,107	9164704

Tab. 2: Shrnutí měrné tepelné kapacity obvodových konstrukcí



2.4.3 Konstrukce stropu

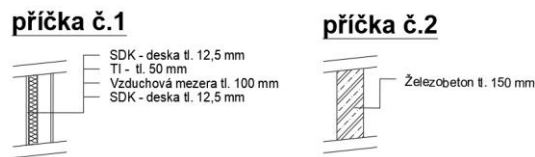


Obr. 61: Skladby stropních konstrukcí

Konstrukce	tloušťka [mm]	měrná tepelná kapacita [J/m ² K]
Strop č.1	300	514425
Strop č.2	580	1234425
Strop č.3	0	0

Tab. 3: Shrnutí měrné tepelné kapacity stropních konstrukcí

2.4.4 Vnitřní dělicí konstrukce



Obr. 62: Skladby vnitřních dělicích konstrukcí

Konstrukce	tloušťka [mm]	měrná tepelná kapacita [J/m ² K]
příčka č.1	150	360000
příčka č.2	150	25080

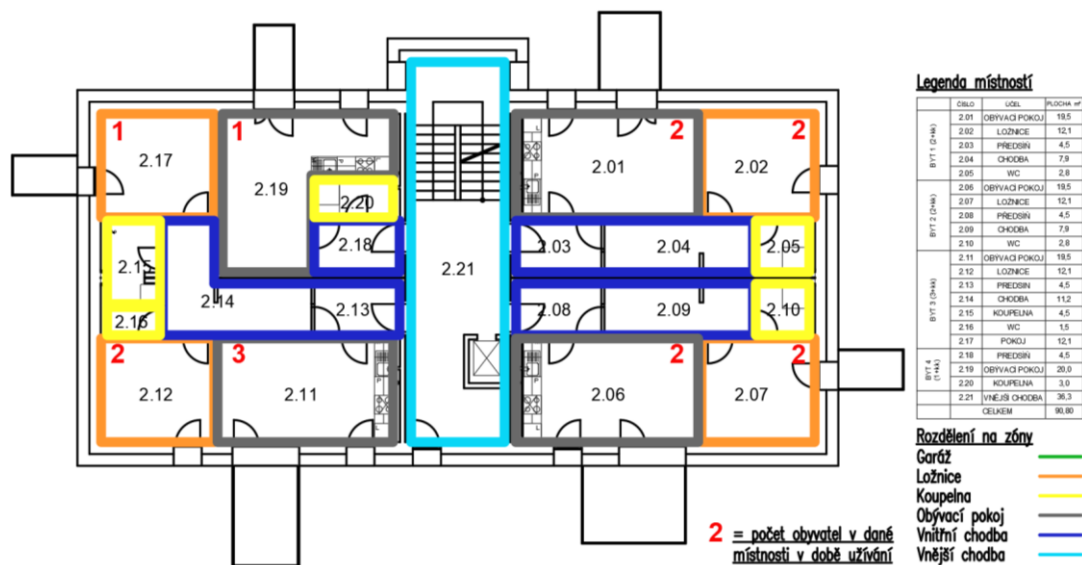
Tab. 4: Shrnutí měrné tepelné kapacity vnitřních dělicích konstrukcí



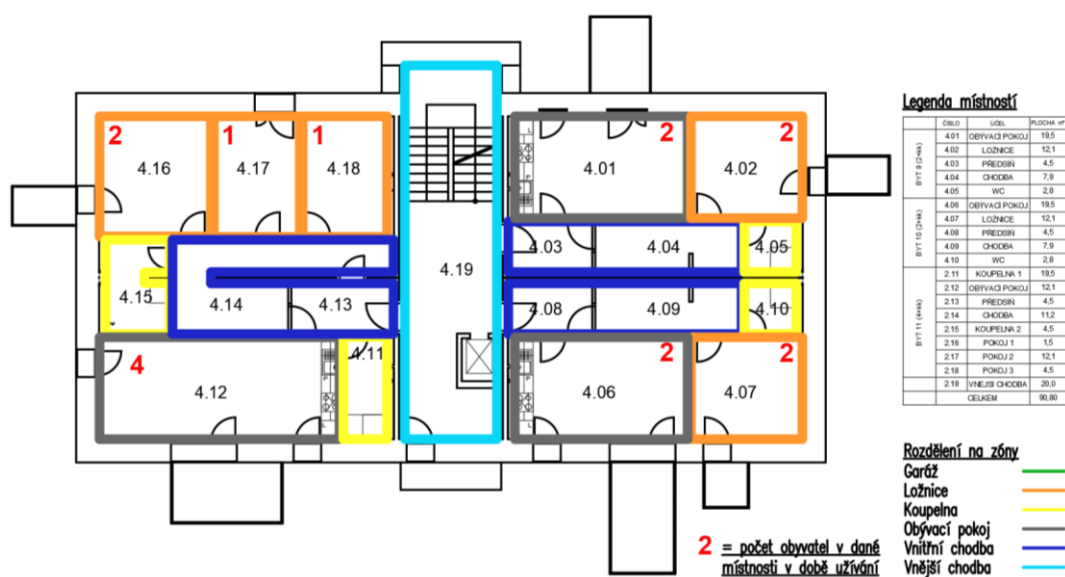
2.5 Provoz – Porovnání odlišností provozu Administrativní budovy a bytového domu a jeho vlivu na energetické a teplotní bilance

2.5.1 Bytový dům

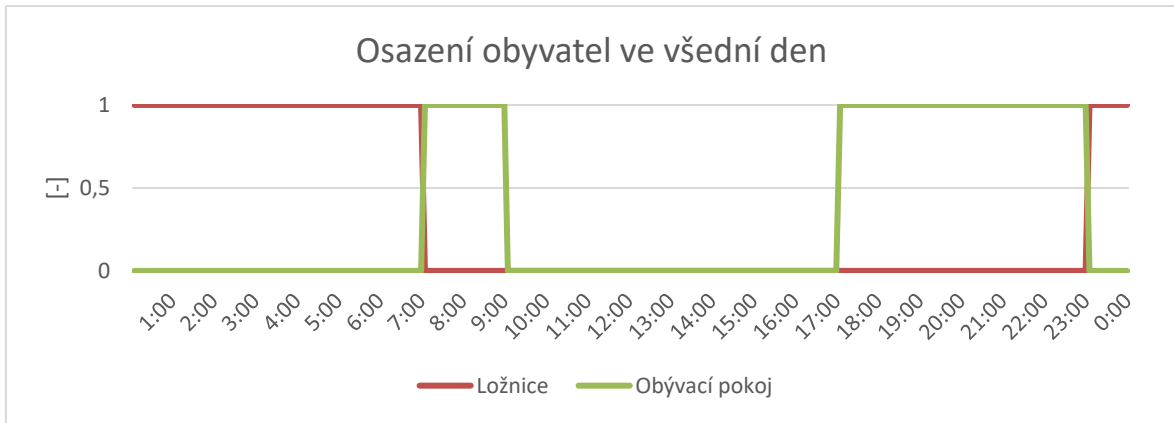
V každé obytné místnosti je uvažován daný počet obyvatel, podle účelu místnosti a velikosti dané bytové jednotky. Počet obyvatel v místnosti v době maximálního osazení je znázorněn v dispozici. Režim pobytu lidí v jednotlivých místnostech je znázorněn na grafech níže. Rozdělení obyvatel bylo uvažováno podle klíče: Byt 1+kk = 1 obyvatel; Byt 2+kk = 2 obyvatel; Byt 3+kk = 3 obyvatel; Byt 4+kk = 4 obyvatel.



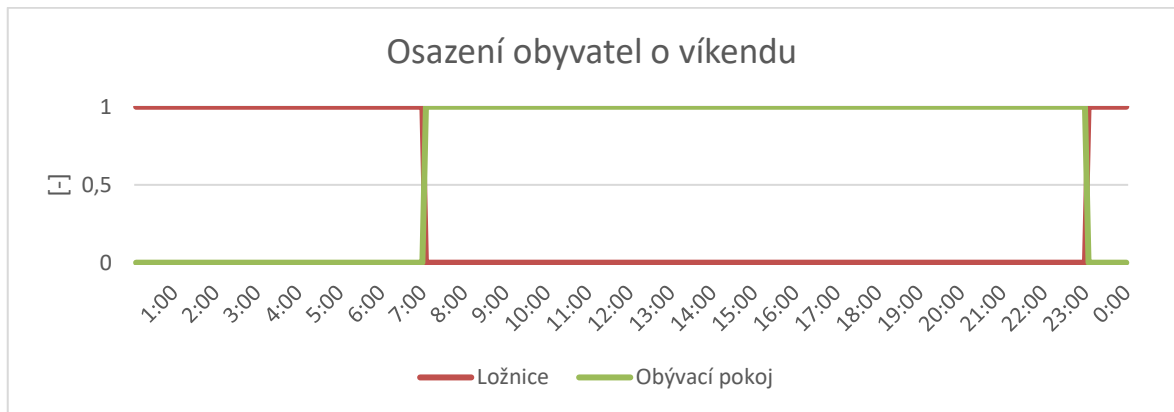
Obr. 63: Provoz bytového domu – 2.NP,3.NP



Obr. 64: Provoz bytového domu – 4.NP



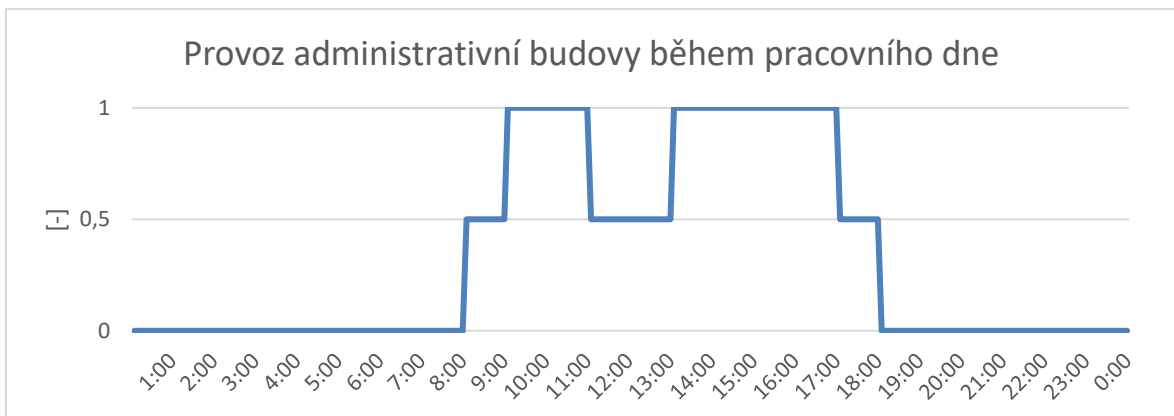
Obr. 65: Bytový dům – režim osazení obyvatel ve všední den



Obr. 66: Bytový dům – režim osazení obyvatel o víkendu

2.5.2 Administrativní budova

Pro porovnání vlivu provozu na teplotní stabilitu, a energetickou bilanci v budově byl do objektu rovněž navržen provoz administrativní budovy. Ve všech místnostech v budově v 2. – 4. NP byla uvažována hustota obyvatel $0,125\text{os/m}^2$. Provoz budovy z hlediska užívání se řídí dle navrženého režimu provozu znázorněného na následujícím grafu. O víkendech a svátcích je provoz uvažován jako zcela nulový.



Obr. 67: Administrativní budova – režim osazení obyvatel ve všední den



2.5.3 Porovnání

Při porovnání provozů bytového domu a administrativní budovy je patrné, že tyto dva provozování jsou téměř svými pravými opaky. Zatímco bytový dům je provozován od večera do rána a o víkendu stále. Administrativní budova je provozována od rána do večera během pracovních dnů a o víkendech je zcela neosídlena. Tento rozdíl bude mít bezpochyby vliv na energetickou bilanci a teplotní stabilitu. Předpoklad, který je následně prověřen v energetické analýze níže je takový, že během zimního období bude lépe držet požadovanou teplotu administrativní budova, a to především díky tomu, že chladných nocí není nutné větrat tak, jako v bytovém domě, kde se obyvatelé nachází především v noci. Naopak během letního období je předpoklad přehřívání objektu provozované jako administrativní budovy, a to přesně z opačného důvodu, a tedy že veškeré tepelné zisky budova získává během dne, kdy bude hrozit riziko přehřívání.

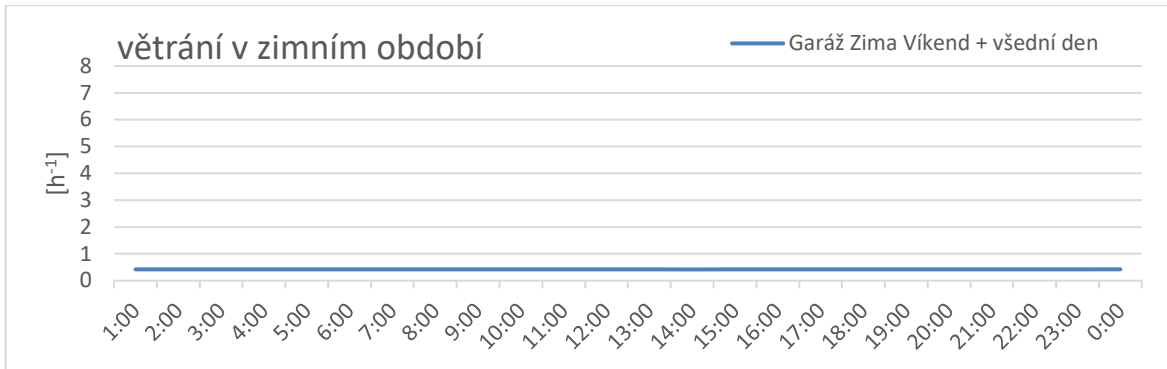
2.6 Systém přirozeného větrání a regulace

2.6.1 Obecné informace

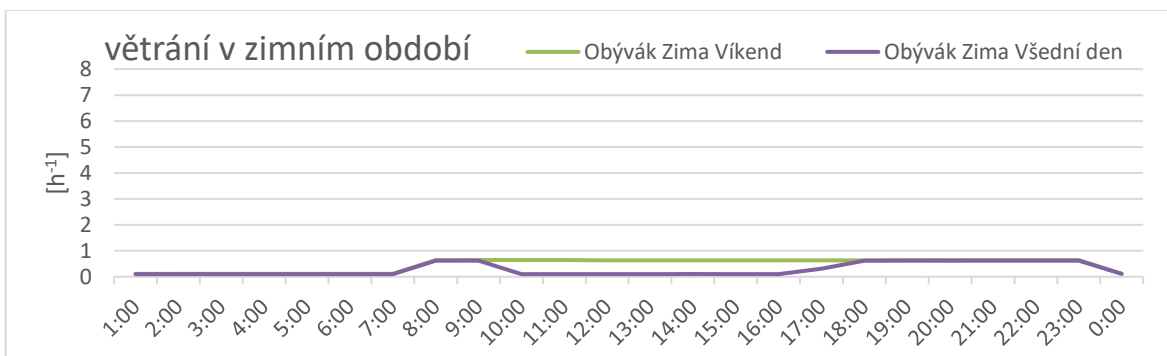
V budově bylo nastaveno pouze přirozené větrání. Výměna vzduchu je regulována tak, aby do objektu bylo přiváděno pro každou osobu v době, kdy se v budově nachází minimální požadované množství vzduchu tedy $15 \text{ m}^3/\text{os}$. V celé budově je nastavena infiltrace vzduchu netěsnostmi na $0,1 \text{ h}^{-1}$. V letním období je využíváno nočního předchlazování tak, aby bylo možné odvést teplo naakumulované do konstrukcí a udržet tak požadovanou teplotu v interiéru budovy i během letního období. Režim větrání je obdobný jako režim osídlení obyvateli tak, aby se v budově větralo jen tehdy, kdy je to nezbytně nutné, anebo tehdy, kdy je to prospěšné například přes noc v letním období.



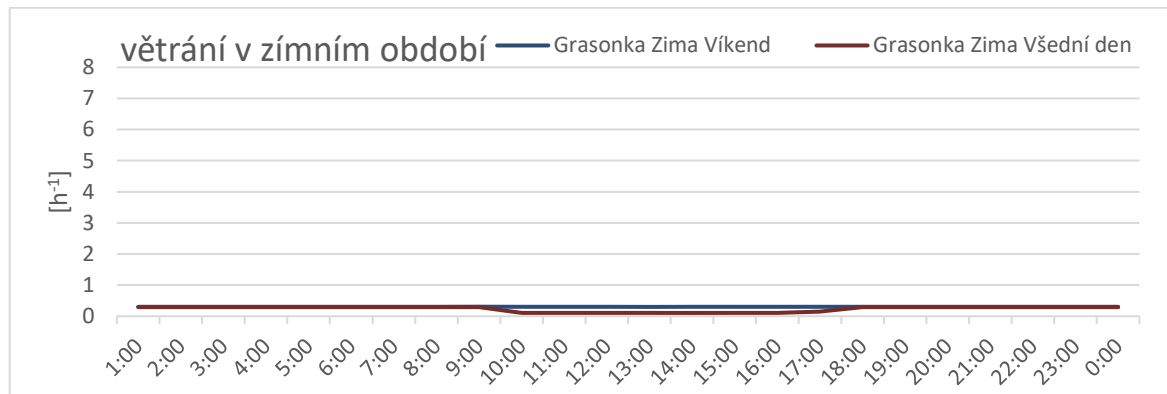
2.6.2 Bytový dům - zimní období



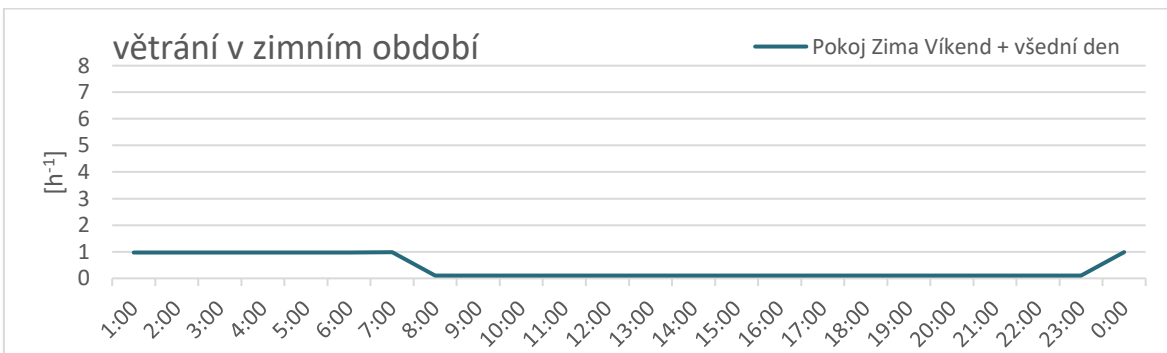
Obr. 68: Větrání v bytovém domě v zimním období (garáž)



Obr. 69: Větrání v bytovém domě v zimním období (obývací)



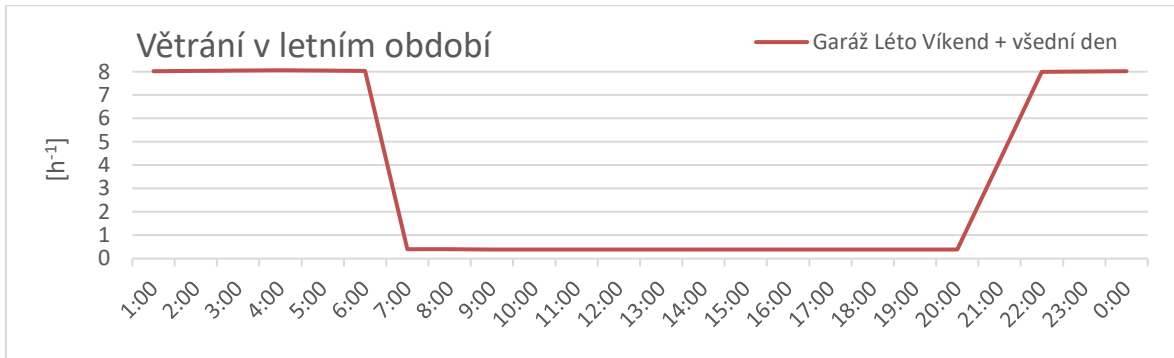
Obr. 70: Větrání v bytovém domě v zimním období (garsonka)



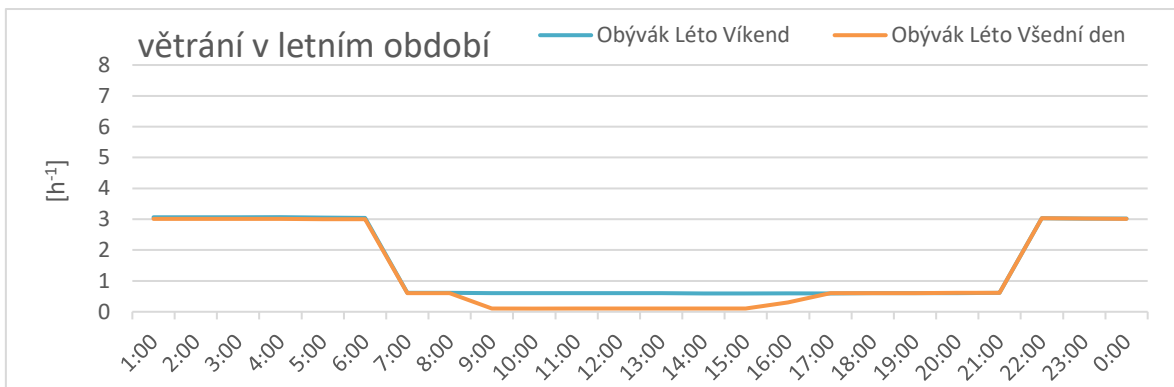
Obr. 71: Větrání v bytovém domě v zimním období (ložnice)



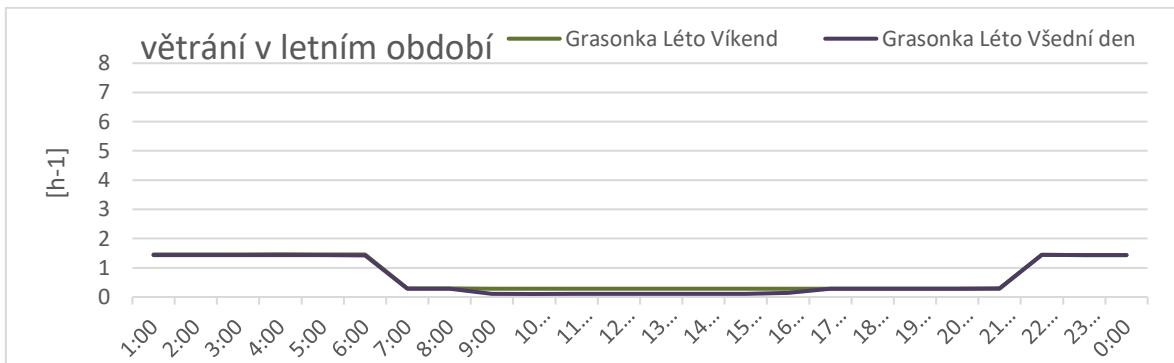
2.6.3 Bytový dům - letní období – noční předchlazování



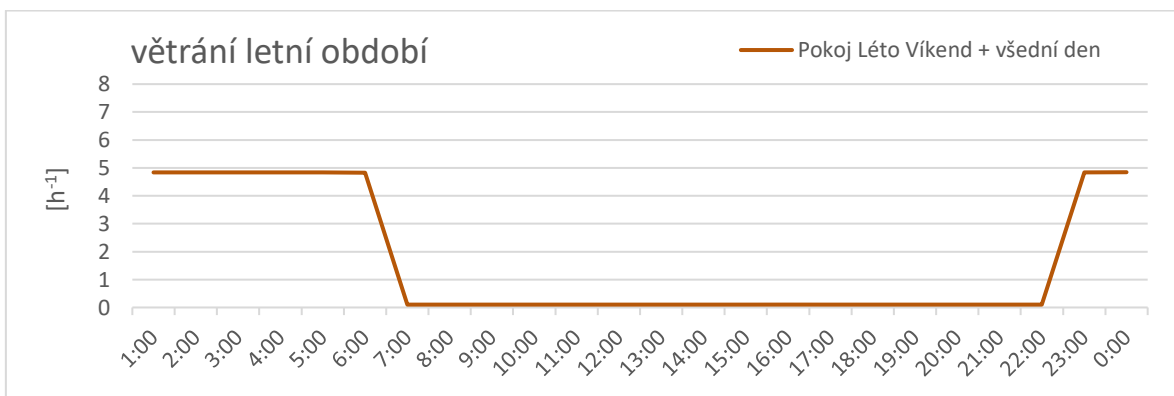
Obr. 72: Větrání v bytovém domě v letním období (garáž)



Obr. 73: Větrání v bytovém domě v letním období (obývací)



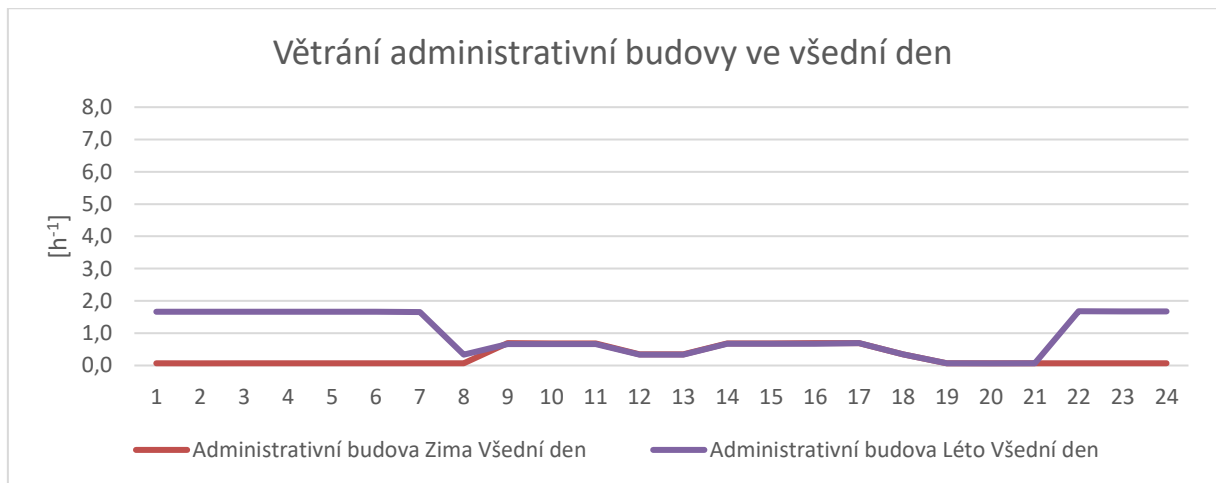
Obr. 74: Větrání v bytovém domě v letním období (garsonka)



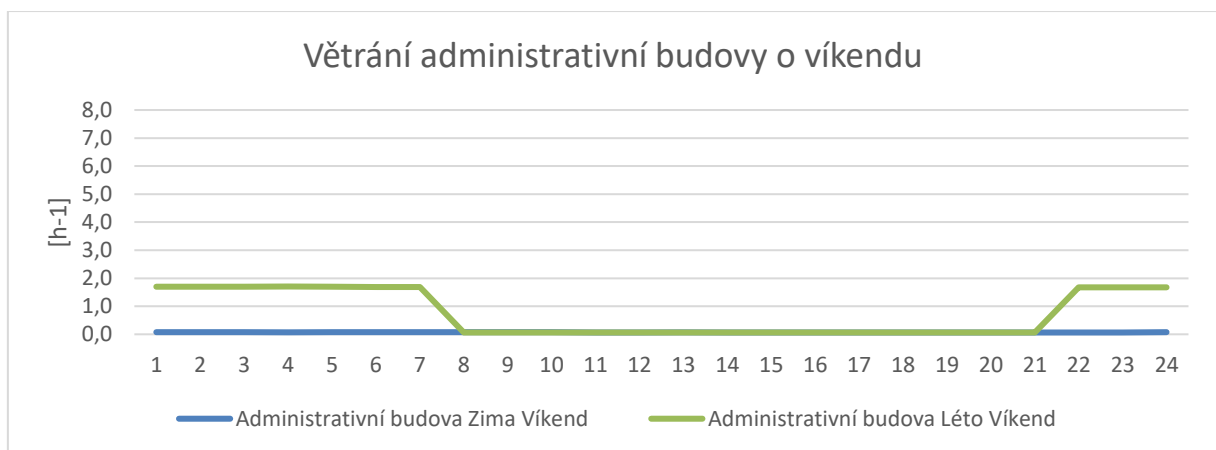
Obr. 75: Větrání v bytovém domě v letním období (ložnice)



2.6.4 Administrativní budova

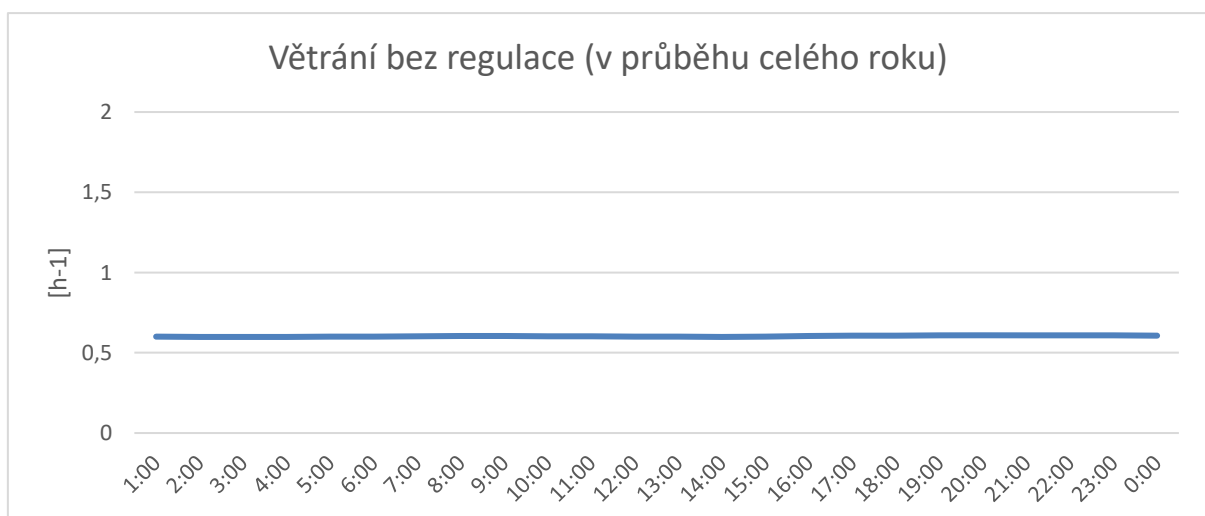


Obr. 76: Větrání administrativní budovy ve všední den



Obr. 77: Větrání administrativní budovy o víkendu

2.6.5 Neregulované větrání



Obr. 78: Větrání v bytovém domě bez regulace



3 Návrh jednotlivých variant modelů

3.1 Metodika tvorby jednotlivých variant a jejich porovnání

V energetické analýze bylo vytvořeno několik variant, které byly vytvořeny kombinací konstrukcí obvodových pláštů, vnitřních stropů, vnitřních dělicích konstrukcí, různých provozů a režimů větrání.

Zprvce byla vytvořena referenční varianta, ze které se v analýze vycházelo. Následně byl tato varianta porovnána s dalšími čtyřmi modely, které se od té referenční lišily pouze konstrukcí obvodového pláště. Dále byl referenční model porovnán s modely s různými konstrukcemi stropů. Následně bylo toto provedeno také s konstrukcemi vnitřních dělicích konstrukcí. Nakonec této části analýzy byly vytvořeny dvě extrémní varianty s nejtěžší a nejlehčí kombinací obvodového pláště, stropů a vnitřních dělicích konstrukcí a tyto varianty byly vzájemně porovnány.

Zadruhé byla ve vybraných třech variantách (nejlehčí, nejtěžší a referenční) vypnuta regulace větrání tedy bylo po celý rok větráno tak jako by se v budově neustále nacházeli lidé.

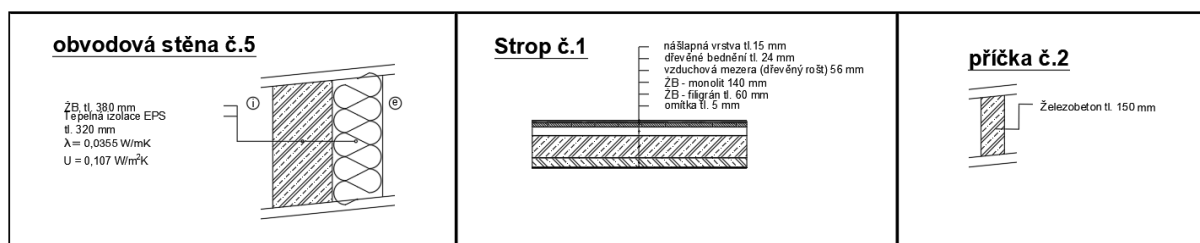
Zatřetí byl rovněž v těchto třech variantách změněn provoz na provoz administrativní budovy a větrání bylo regulováno podle tohoto provozu.

3.2 Popis a porovnání vytvořených kombinací

3.2.1 Bytový dům s regulací větrání

3.2.1.1 Model 01

a) Konstrukce



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

Regulované větrání (viz. 2.6.2., 2.6.3.)

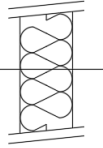


3.2.1.2 Model 02

a) Konstrukce

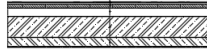
obvodová stěna č.3

Tepelná izolace EPS
tl. 350 mm
 $\lambda = 0,0355 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
 $U = 0,102 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

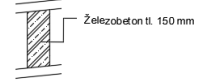


Strop č.1

nášlapná vrstva tl. 15 mm
dřevěné bednění tl. 24 mm
vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
ŽB - monolit 140 mm
ŽB - filigrán tl. 60 mm
omítka tl. 5 mm



příčka č.2



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

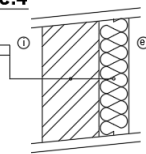
Regulované větrání (viz. 2.6.2., 2.6.3.)

3.2.1.3 Model 03

a) Konstrukce

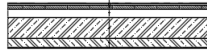
obvodová stěna č.4

Porotherm 38 profi. tl. 380 mm
Tepelná izolace EPS
tl. 200 mm
 $\lambda = 0,0355 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
 $U = 0,107 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$



Strop č.1

nášlapná vrstva tl. 15 mm
dřevěné bednění tl. 24 mm
vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
ŽB - monolit 140 mm
ŽB - filigrán tl. 60 mm
omítka tl. 5 mm



příčka č.2



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

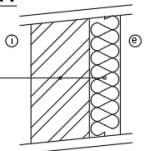
Regulované větrání (viz. 2.6.2., 2.6.3.)

3.2.1.4 Model 04

a) Konstrukce

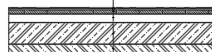
obvodová stěna č.4

Porotherm 38 profi. tl. 380 mm
Tepelná izolace EPS
tl. 200 mm
 $\lambda = 0,0355 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
 $U = 0,107 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

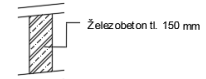


Strop č.1

nášlapná vrstva tl. 15 mm
dřevěné bednění tl. 24 mm
vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
ŽB - monolit 140 mm
ŽB - filigrán tl. 60 mm
omítka tl. 5 mm



příčka č.2



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

Regulované větrání (viz. 2.6.2., 2.6.3.)

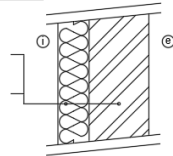


3.2.1.5 Model 05

a) Konstrukce

obvodová stěna č.2

Teplená izolace EPS
tl. 300 mm
 $\lambda = 0,0355 \text{ W/mK}$
Porotherm 38 profi, tl. 380 mm
 $U = 0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$



Strop č.1

nášlapná vrstva tl. 15 mm
dřevěné bednění tl. 24 mm
vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
ŽB - monolit 140 mm
ŽB - filigrán tl. 50 mm
omítka tl. 5 mm



příčka č.2



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

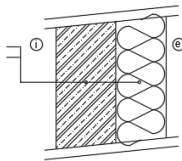
Regulované větrání (viz. 2.6.2., 2.6.3.)

3.2.1.6 Model 06

a) Konstrukce

obvodová stěna č.5

ŽB, tl. 380 mm
Teplená izolace EPS
tl. 320 mm
 $\lambda = 0,0355 \text{ W/mK}$
 $U = 0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$

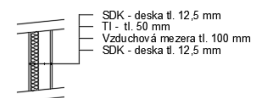


Strop č.1

nášlapná vrstva tl. 15 mm
dřevěné bednění tl. 24 mm
vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
ŽB - monolit 140 mm
ŽB - filigrán tl. 60 mm
omítka tl. 5 mm



příčka č.1



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

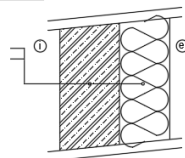
Regulované větrání (viz. 2.6.2., 2.6.3.)

3.2.1.7 Model 07

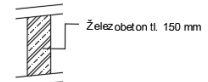
a) Konstrukce

obvodová stěna č.5

ŽB, tl. 380 mm
Teplená izolace EPS
tl. 320 mm
 $\lambda = 0,0355 \text{ W/mK}$
 $U = 0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$



příčka č.2



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

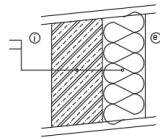
Regulované větrání (viz. 2.6.2., 2.6.3.)



3.2.1.8 Model 08

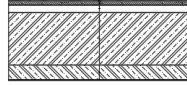
a) Konstrukce

ZB - tl. 380 mm
Tepelná izolace EPS
tl. 320 mm
 $\lambda = 0,0365 \text{ W/mK}$
 $U = 0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$



Strop č.2

nášlapná vrstva tl. 15 mm
dřevěné bednění tl. 24 mm
vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
ZB - monolit 390 mm
ZB - řízeň tl. 110 mm
omítka tl. 5 mm



příčka č.2



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

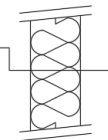
Regulované větrání (viz. 2.6.2., 2.6.3.)

3.2.1.9 Model 09

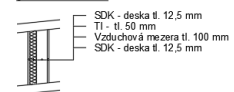
a) Konstrukce

obvodová stěna č.3

Tepelná izolace EPS
tl. 350 mm
 $\lambda = 0,0356 \text{ W/mK}$
 $U = 0,102 \text{ W/m}^2\text{K}$



příčka č.1



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

Regulované větrání (viz. 2.6.2., 2.6.3.)

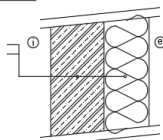
3.2.2 Bytový dům s větráním bez regulace

3.2.2.1 Model 11

a) Konstrukce

obvodová stěna č.5

ZB - tl. 380 mm
Tepelná izolace EPS
tl. 320 mm
 $\lambda = 0,0356 \text{ W/mK}$
 $U = 0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$

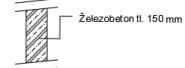


Strop č.1

nášlapná vrstva tl. 15 mm
dřevěné bednění tl. 24 mm
vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
ZB - monolit 140 mm
ZB - řízeň tl. 60 mm
omítka tl. 5 mm



příčka č.2



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

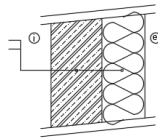
Větrání bez regulace (viz. 2.6.5.)



3.2.2.2 Model 18

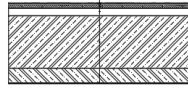
a) Konstrukce

ZB - tl. 380 mm
Tepelná izolace EPS
tl. 320 mm
 $\lambda = 0,0365 \text{ W/mK}$
 $U = 0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$



Strop č.2

nášlapná vrstva tl. 15 mm
dřevěné bednění tl. 24 mm
vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
ZB - monolit 390 mm
ZB - žlárgán tl. 110 mm
omítka tl. 5 mm



příčka č.2

Železobeton tl. 150 mm



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

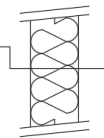
Regulované větrání (viz. 2.6.5.)

3.2.2.3 Model 19

a) Konstrukce

obvodová stěna č.3

Tepelná izolace EPS
tl. 350 mm
 $\lambda = 0,0365 \text{ W/mK}$
 $U = 0,102 \text{ W/m}^2\text{K}$



příčka č.1

SDK - deska tl. 12,5 mm
TI - tl. 50 mm
Vzduchová mezera tl. 100 mm
SDK - deska tl. 12,5 mm



b) Provoz

Bytový dům (viz. 2.5.1)

c) Větrání

Regulované větrání (viz. 2.6.5.)

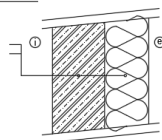
3.2.3 Administrativní budova

3.2.3.1 Model 21

a) Konstrukce

obvodová stěna č.5

ZB - tl. 380 mm
Tepelná izolace EPS
tl. 320 mm
 $\lambda = 0,0365 \text{ W/mK}$
 $U = 0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$



Strop č.1

nášlapná vrstva tl. 15 mm
dřevěné bednění tl. 24 mm
vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
ZB - monolit 140 mm
ZB - žlárgán tl. 60 mm
omítka tl. 5 mm



příčka č.2

Železobeton tl. 150 mm



b) Provoz

Administrativní budova (viz. 2.5.2)

c) Větrání

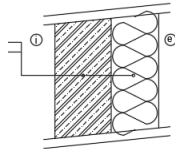
Větrání bez regulace (viz. 2.6.4.)



3.2.3.2 Model 28

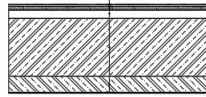
a) Konstrukce

ŽB - tl. 380 mm
Tepelná izolace EPS
tl. 320 mm
 $\lambda = 0,0365 \text{ W/mK}$
 $U = 0,107 \text{ W/m}^2\text{K}$



Strop č.2

nášlapná vrstva tl. 15 mm
dřevěné bednění tl. 24 mm
vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
ŽB - monolit 390 mm
ŽB - filigrán tl. 110 mm
omítka tl. 5 mm



příčka č.2



b) Provoz

Administrativní budova (viz. 2.5.2)

c) Větrání

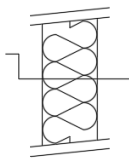
Větrání bez regulace (viz. 2.6.4.)

3.2.3.3 Model 29

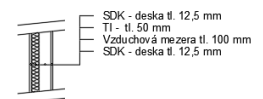
a) Konstrukce

obvodová stěna č.3

Tepelná izolace EPS
tl. 350 mm
 $\lambda = 0,0355 \text{ W/mK}$
 $U = 0,102 \text{ W/m}^2\text{K}$



příčka č.1

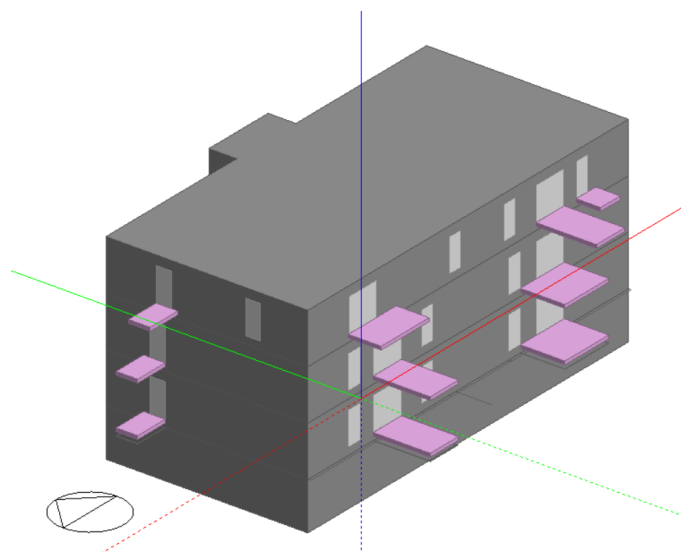


b) Provoz

Administrativní budova (viz. 2.5.2)

c) Větrání

Větrání bez regulace (viz. 2.6.4.)



Obr. 79: Model budovy v DesignBuilderu



3.2.4 Shrnutí všech variant a struktura provedené analýzy

Bytový dům s regulací větrání

Model 0XY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní obložení konstrukce
Model 01	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 02	LEHKÝ DŘEVĚNÝ SKELET	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 03	2226 (2 x POROTHERM)	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 04	POROTHERM + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 05	KZS + POROTHERM	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 06	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	SDK - 150mm
Model 07	ŽB + KZS	-	ŽB - 150mm
Model 08	ŽB + KZS	ŽB - 500mm	ŽB - 150mm
Model 09	LEHKÝ DŘEVĚNÝ SKELET	-	SDK - 150mm

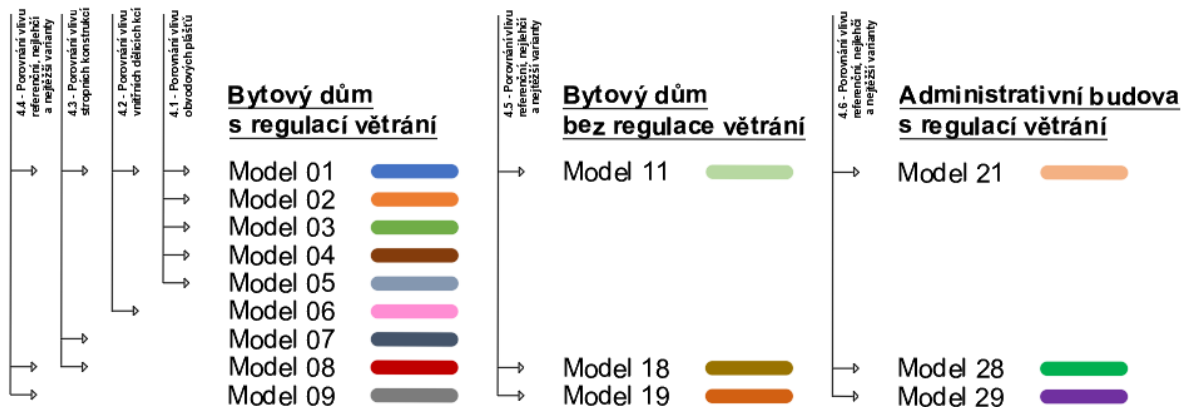
Bytový dům bez regulace větrání

Model 0XY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní obložení konstrukce
Model 11	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 18	ŽB + KZS	ŽB - 500mm	ŽB - 150mm
Model 19	LEHKÝ DŘEVĚNÝ SKELET	-	SDK - 150mm

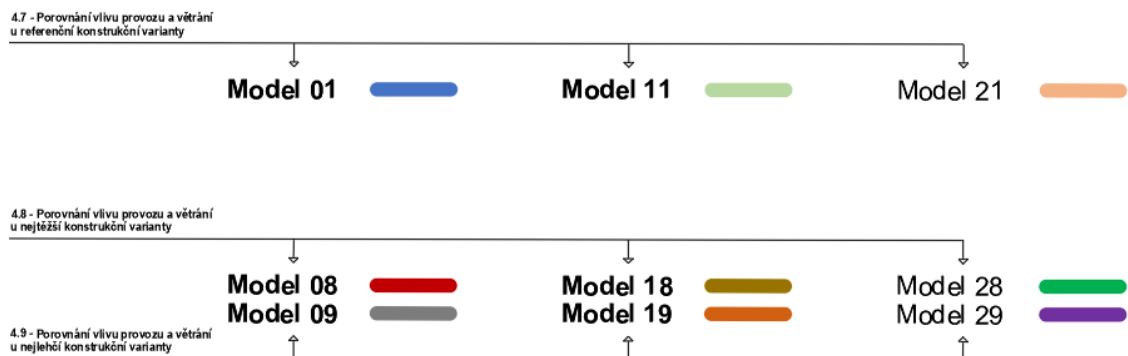
Administrativní budova s regulací větrání

Model 0XY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní obložení konstrukce
Model 21	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 28	ŽB + KZS	ŽB - 500mm	ŽB - 150mm
Model 29	LEHKÝ DŘEVĚNÝ SKELET	-	SDK - 150mm

Analýza vlivu materiálového řešení stavebních konstrukcí budovy



Analýza vlivu provozu a regulace větrání





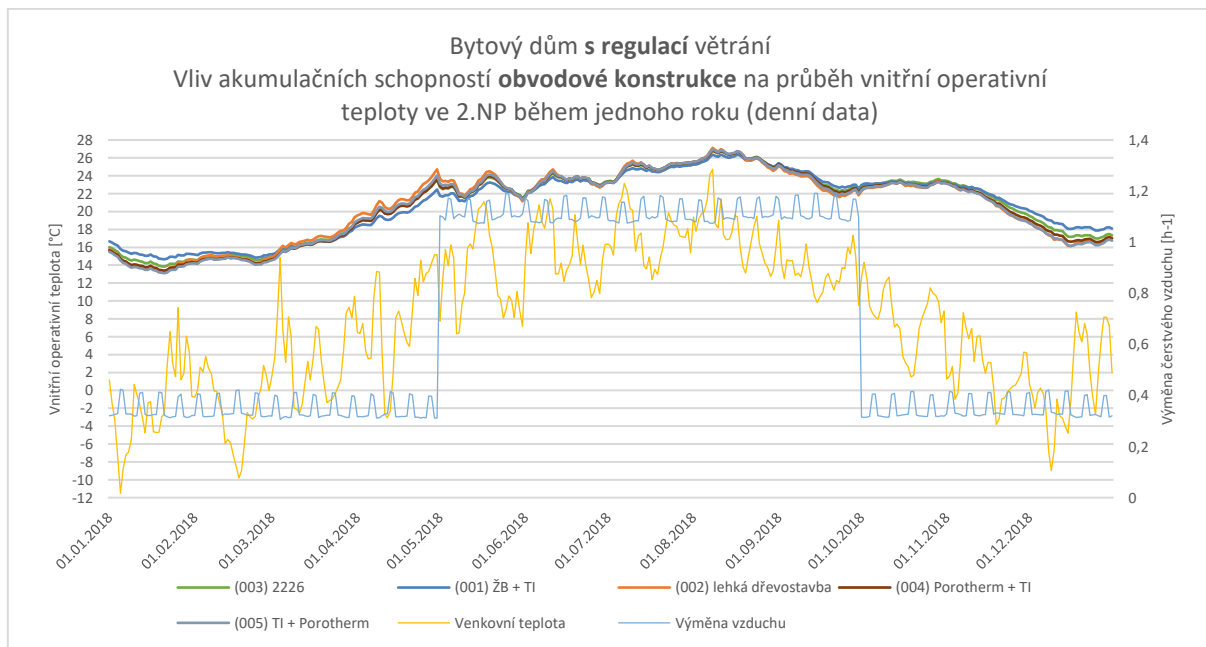
4 Analýza a vyhodnocení jednotlivých variant

4.1 Vliv obvodových konstrukcí (01,02,03,04,05)

Bytový dům s regulací větrání

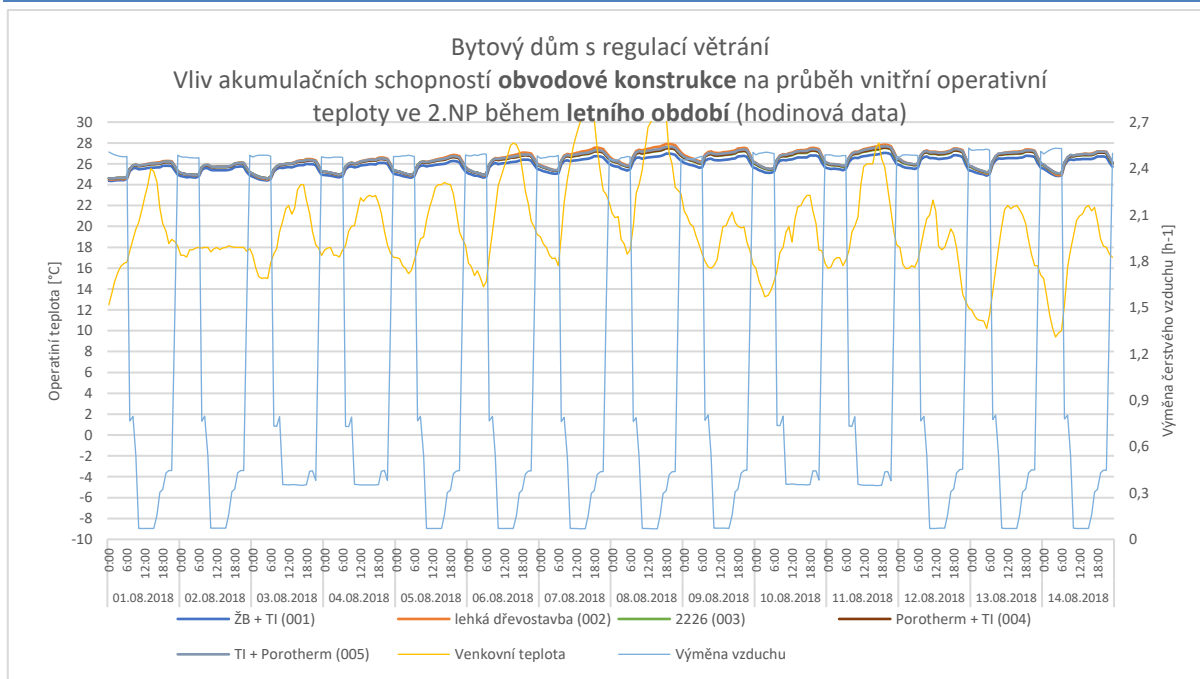
Model 0XY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní dělicí konstrukce
Model 01	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 02	DŘEVĚNÝ SKELET	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 03	2226	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 04	POROTHERM + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 05	KZS + POROTHERM	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm

Tab. 5: Shrnutí variant 01-05

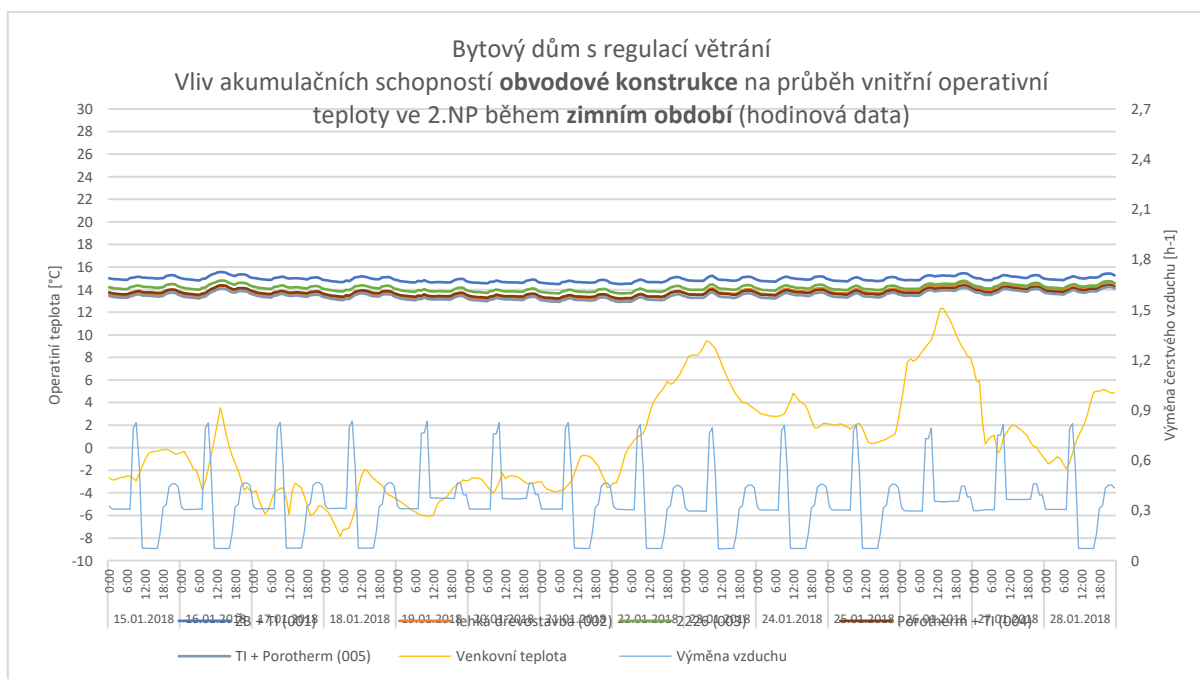


Obr. 80: Vliv obvodových konstrukcí na roční průběh operativní teploty v BD s regulací.

Na předcházejícím grafu lze vidět průběh operačních teplot v interiéru budovy v průběhu jednoho roku. Lze říci, že průběhy u všech pěti porovnávaných variant je podobný a operativní teplota v bytovém domě s regulací větrání v průběhu roku u nejlepší varianty poklesne pouze na 15°C a díky nočnímu předchlazování teplota jen nepatrně přesáhne hranici 26°C. Na grafu je rovněž znázorněna intenzita větrání. Jak lze vidět, intenzita větrání v letních měsících je přibližně třikrát větší než v zimě, a to z důvodu nočního předchlazování konstrukce. Na grafu je patrné, že noční předchlazování zapříčiňuje snížení operativní teploty v létě, ale zároveň snižuje rozdíly u budov s různými konstrukcemi. Toto je dobře patrné z porovnání rozdílů na konci dubna a uprostřed léta. Zatímco na přelomu dubna a května rozdíly teplot dosahují až čtyř stupňů, během léta nejsou rozdíly téměř žádné.



Obr. 81: Vliv obvodových konstrukcí na průběh operativní teploty v BD s regulací v létě.



Obr. 82: Vliv obvodových konstrukcí na průběh operativní teploty v BD s regulací v zimě.

Na předchozích třech grafech lze vidět porovnání vlivu materiálového a konstrukčního řešení obvodového pláště na průběh operativní teploty v interiéru. Na průběhu teplot v letním období se projevuje předchlazování objektu studeným nočním vzduchem, kdy je teplota objektu snížena přibližně o 2°C. Z porovnání jednotlivých variant lze usoudit, že druh obvodového pláště má na teplotní stabilitu budovy určitý vliv, který však není příliš velký. Z tohoto porovnání nejlépe vychází obvodový plášť z ŽB s KZS. Největší rozdíly mezi jednotlivými konstrukcemi jsou jak v zimním, tak i v letním období přibližně 2°C.

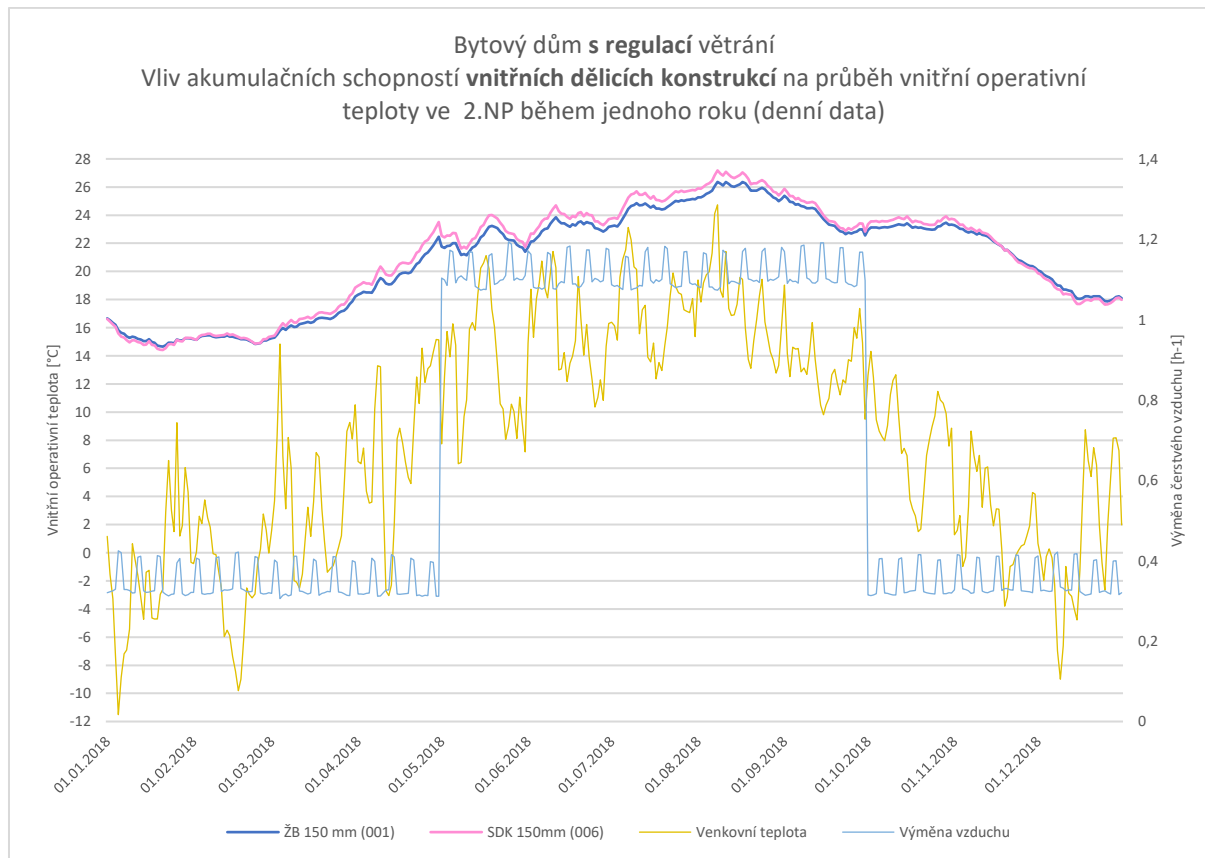


4.2 Vliv vnitřních dělicích konstrukcí (01,06)

Bytový dům s regulací větrání

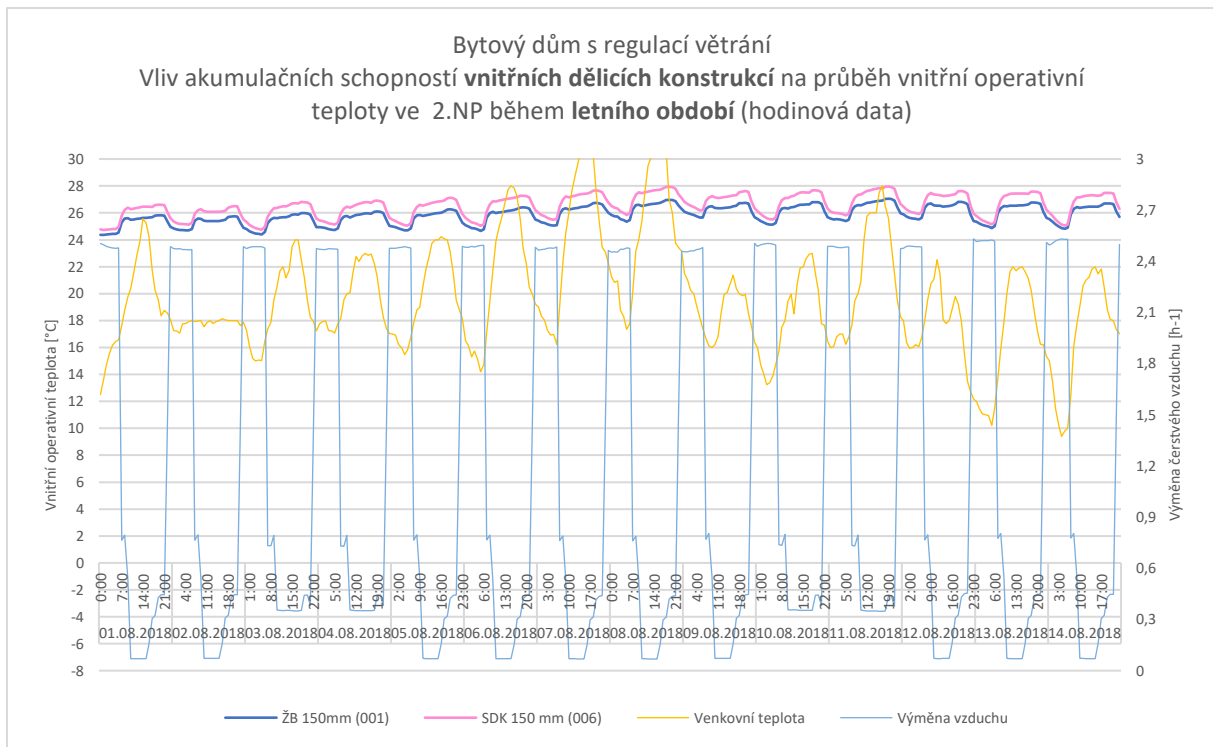
Model 0XY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní dělicí konstrukce
Model 01	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 06	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	SDK - 150mm

Tab. 6: Shrnutí variant 01 a 06

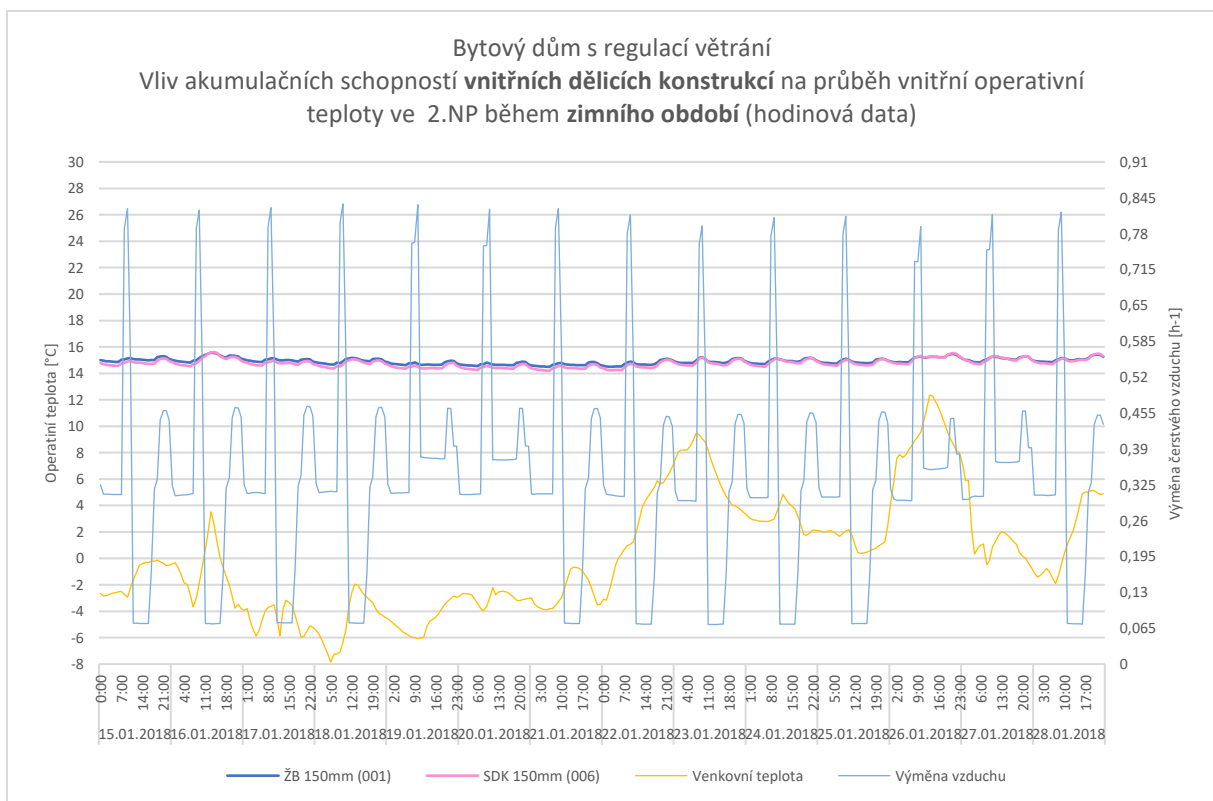


Obr. 83: Vliv příček na roční průběh operativní teploty v BD s regulací.

Po analýze vlivu konstrukčního řešení vnitřních dělicích konstrukcí lze usoudit, že tento vliv je o něco nižší, než vliv konstrukce obvodového pláště, kde rozdíl mezi nelepší a nejhorší variantou byl 4°C, zatímco těžší varianta příček dokáže učinit rozdíl pouze asi 1°C a to pouze v letním období.



Obr. 84: Vliv příček na průběh operativní teploty v BD s regulací v létě.



Obr. 85: Vliv příček na průběh operativní teploty v BD s regulací v zimě.

Na grafech porovnávající vliv vnitřních dělicích konstrukcí je patrné, že rozdíl průběhu v zimním období není žádný. V letním období, díky nočnímu předchlazování, lze určitý rozdíl pozorovat, činní však pouze cca 1°C.



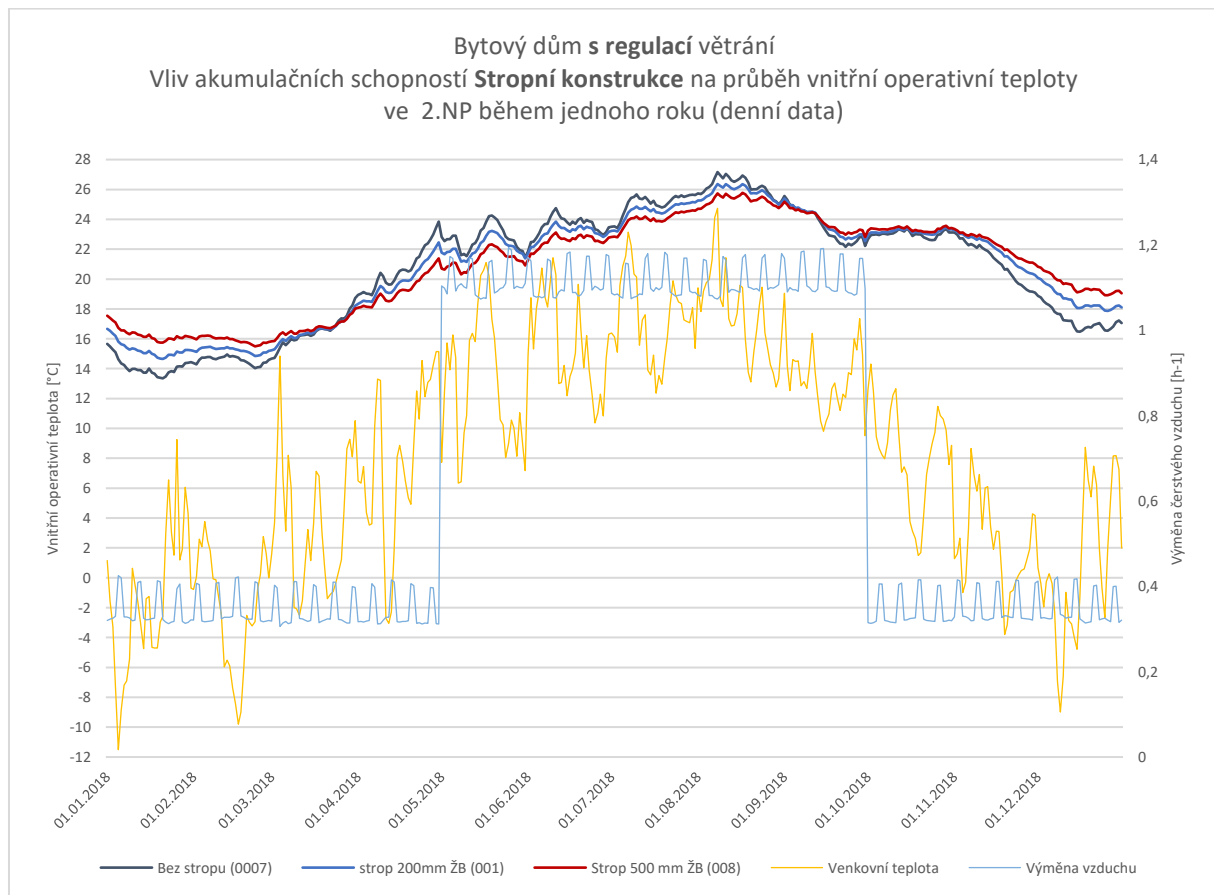
4.3 Vliv stropních konstrukcí (01,07,08)

Tato kapitola se zabývá porovnáním tří variant budovy s provozem bytového domu a regulací větrání. A porovnává vliv akumulační schopnosti stropní konstrukce na průběh teploty v interiéru budovy.

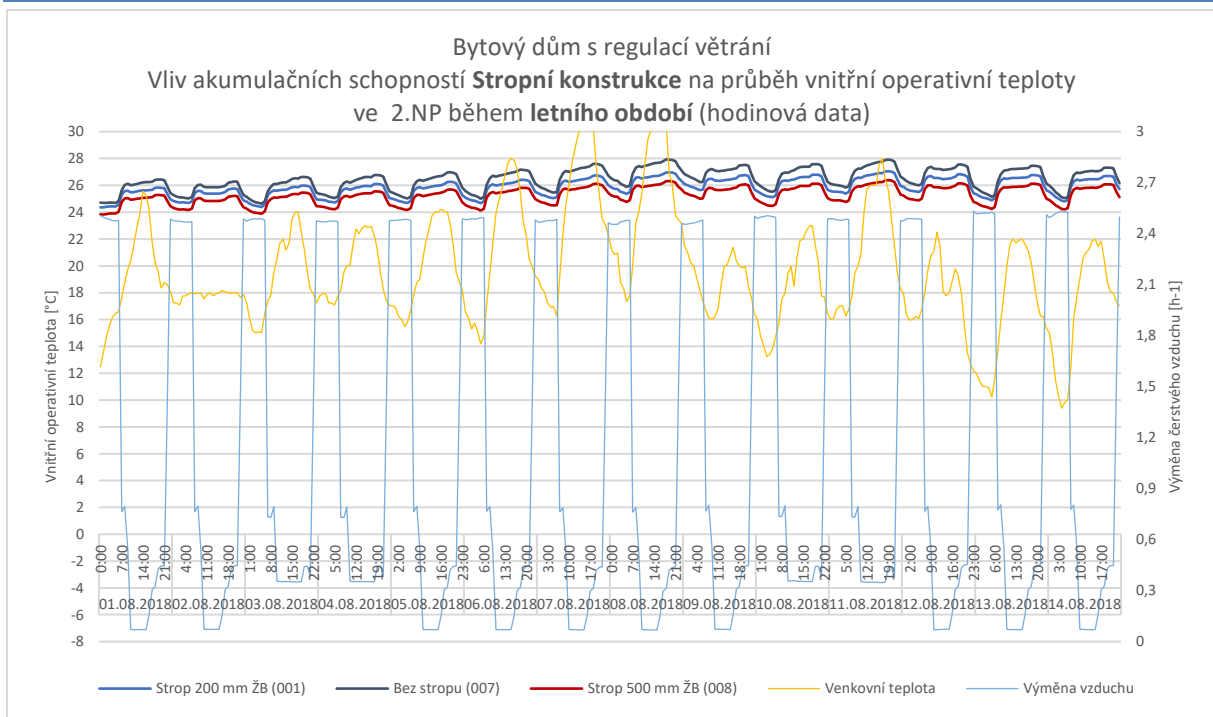
Bytový dům s regulací větrání

Model 0XY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní dělicí konstrukce
Model 01	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 07	ŽB + KZS	-	ŽB - 150mm
Model 08	ŽB + KZS	ŽB - 500mm	ŽB - 150mm

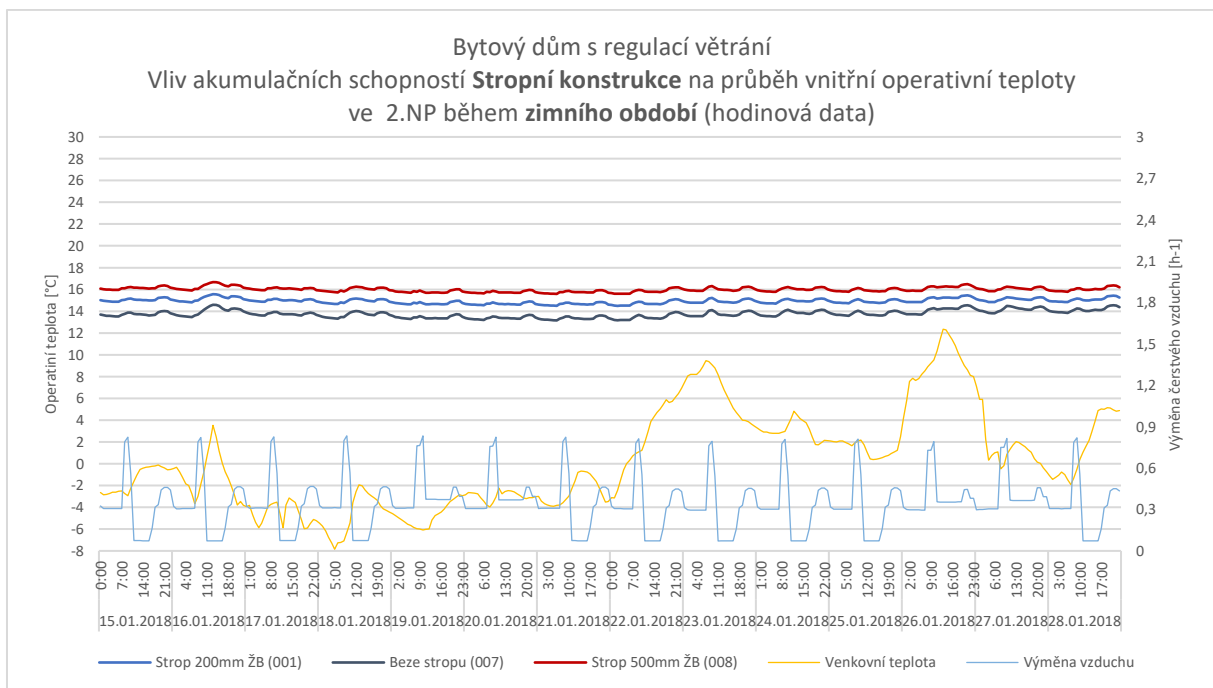
Tab. 7: Shrnutí variant 01,07 a 06



Obr. 86: Vliv stropní konstrukce na roční průběh operativní teploty v BD s regulací.



Obr. 87: Vliv stropní konstrukce na průběh operativní teploty v BD s regulací v létě.



Obr. 88: Vliv stropní konstrukce na průběh operativní teploty v BD s regulací v zimě.

Analýza vlivu stropní konstrukce na průběh vnitřní operativní teploty v interiéru ukázala, že stropní konstrukce má ze všech tří zkoumaných konstrukcí největší vliv na teplotní stabilitu v objektu. Je to především proto, že v konstrukci stropů se nachází největší objem hmoty budovy a díky tomu má velkou tepelnou kapacitu. Jak je vidět konstrukce s největší akumulční hmotou vykazuje nejstabilnější průběh teploty. V zimě je o více než o 2 °C vyšší, a naopak v létě je téměř o 2°C nižší.



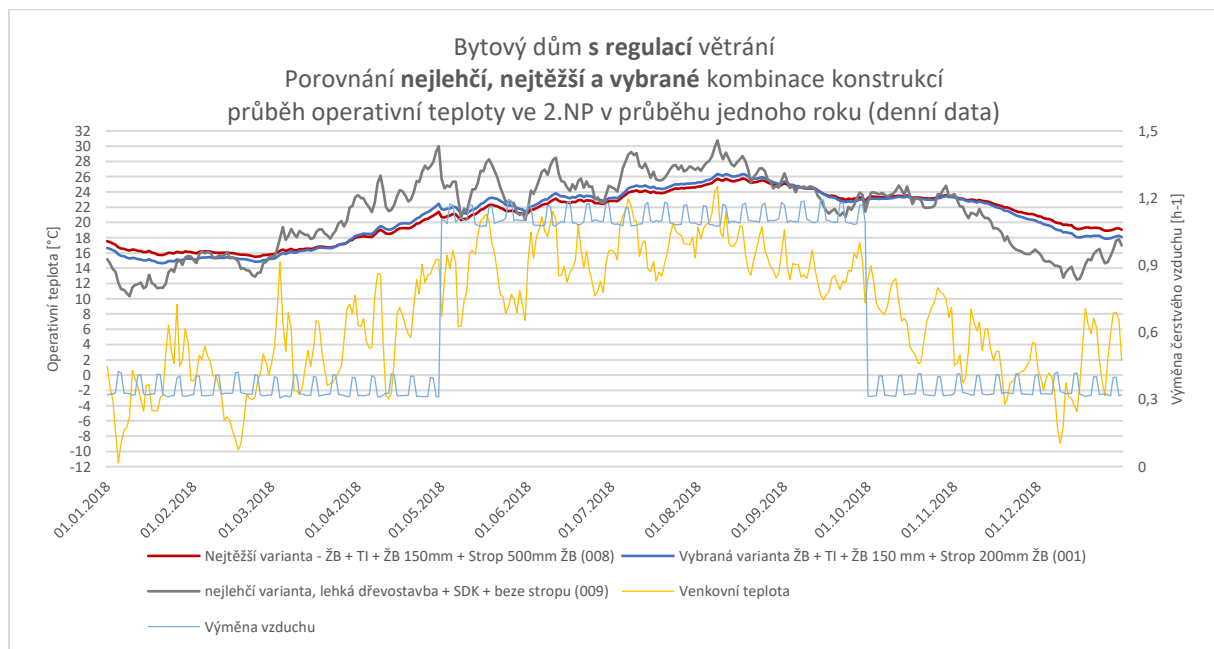
4.4 Porovnání nejtěžší, nejlehčí a referenční varianty s provozem bytového domu a regulací větrání (01, 08, 09)

V této závěrečné analýze provozu bytového domu s regulací větrání je porovnávána referenční varianta s variantami s nejtěžší a nejlehčí možnou kombinací konstrukce obvodové pláště, stropu a vnitřních dělicích konstrukcí.

Bytový dům s regulací větrání

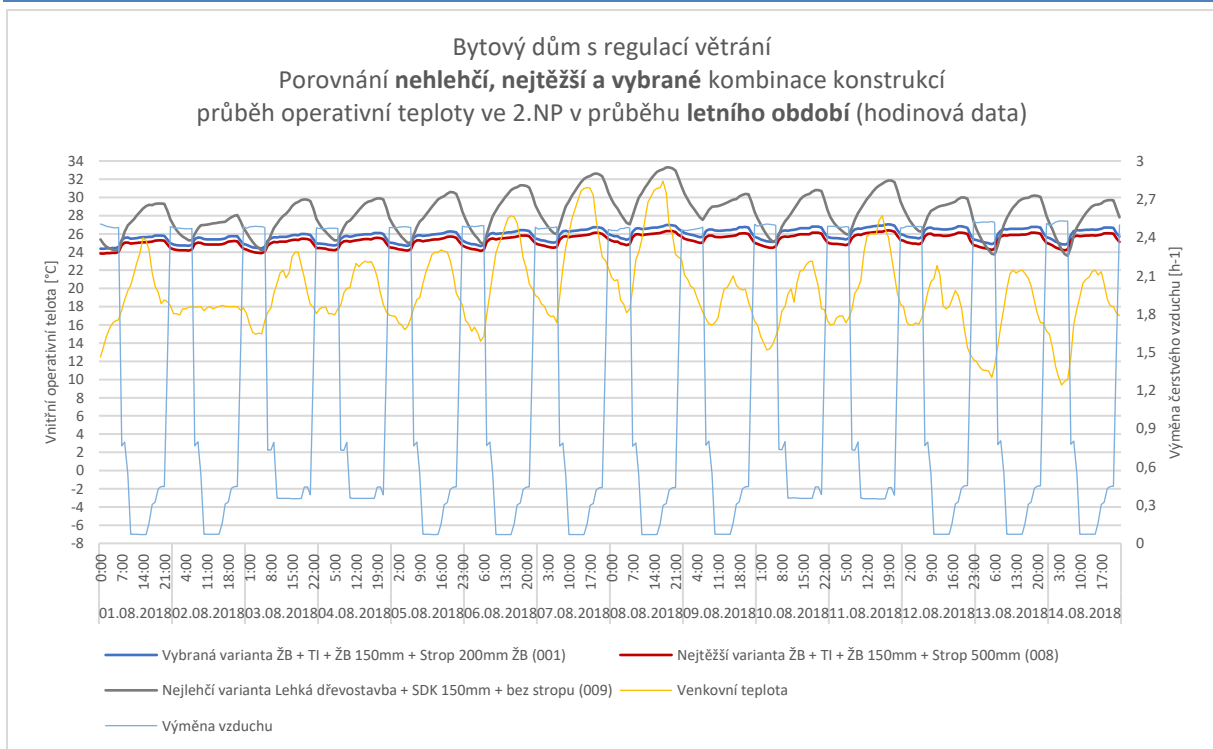
Model 0XY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní dělicí konstrukce
Model 01	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 08	ŽB + KZS	ŽB - 500mm	ŽB - 150mm
Model 09	DŘEVĚNÝ SKELET	-	SDK - 150mm

Tab. 8: Shrnutí variant 01, 08 a 09

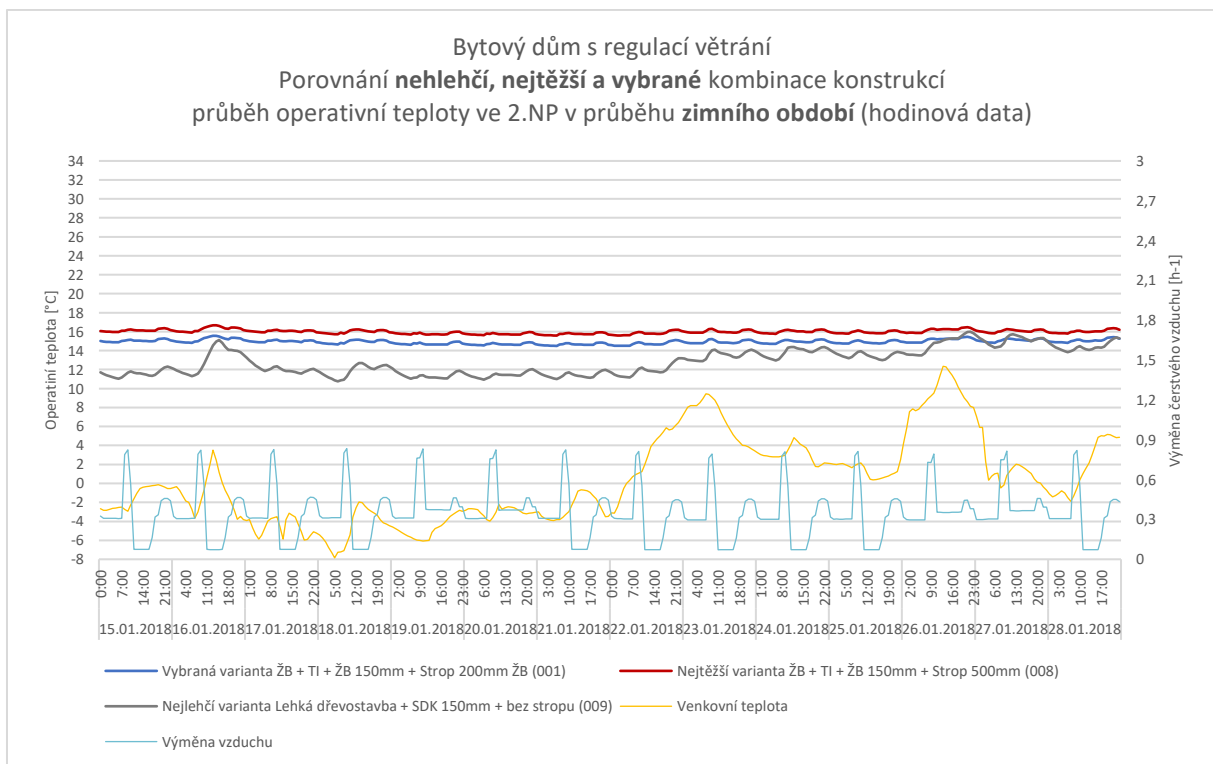


Obr. 89: Roční průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v BD s regulací.

V tomto závěrečném porovnání vlivu konstrukcí je jasné, že akumulací schopnosti konstrukcí mají vliv na teplotní stabilitu v interiéru budovy. Při porovnání nejtěžší a nejlehčí varianty jsou vidět velké absolutní rozdíly, jak v létě 8°C, tak v zimě 6°C. Při pohledu na křivku nejlehčí varianty je jasné, že tato varianta není stabilní, jak v průběhu roku, tak značně kolísá i v kratších intervalech. Teplotní rozdíl od 1.5. do 15.5. činí více než 10°C. Z této analýzy tedy vyšla nejlepe varianta 09, tedy kombinace ŽB stěny s KZS, stropu s 500 mm ŽB a 150 mm silné ŽB příčky. I přesto jako nejvhodnější konstrukční varianta je zvolena varianta 08 a to zejména proto, že vykazuje prakticky stejně stabilní průběh operativní teploty v interiéru a její 200 mm ŽB strop lze, na rozdíl od varianty 09, považovat za reálnou konstrukci.



Obr. 90: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejhledčí a ref. var. v BD s regulací v létě.



Obr. 91: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejhledčí a ref. var. v BD s regulací v zimě.

Při porovnání hodinových dat jak v letním, tak v zimním období je patrné, že nejhledčí varianta, i přestože její obálka má stejné vlastnosti z hlediska součinitele prostupu tepla, vykazuje průběh operativní teploty v interiéru, který zřetelně reaguje na změny vnější teploty a tato teplota je tedy v této budově na rozdíl od dalších dvou velmi nestabilní.



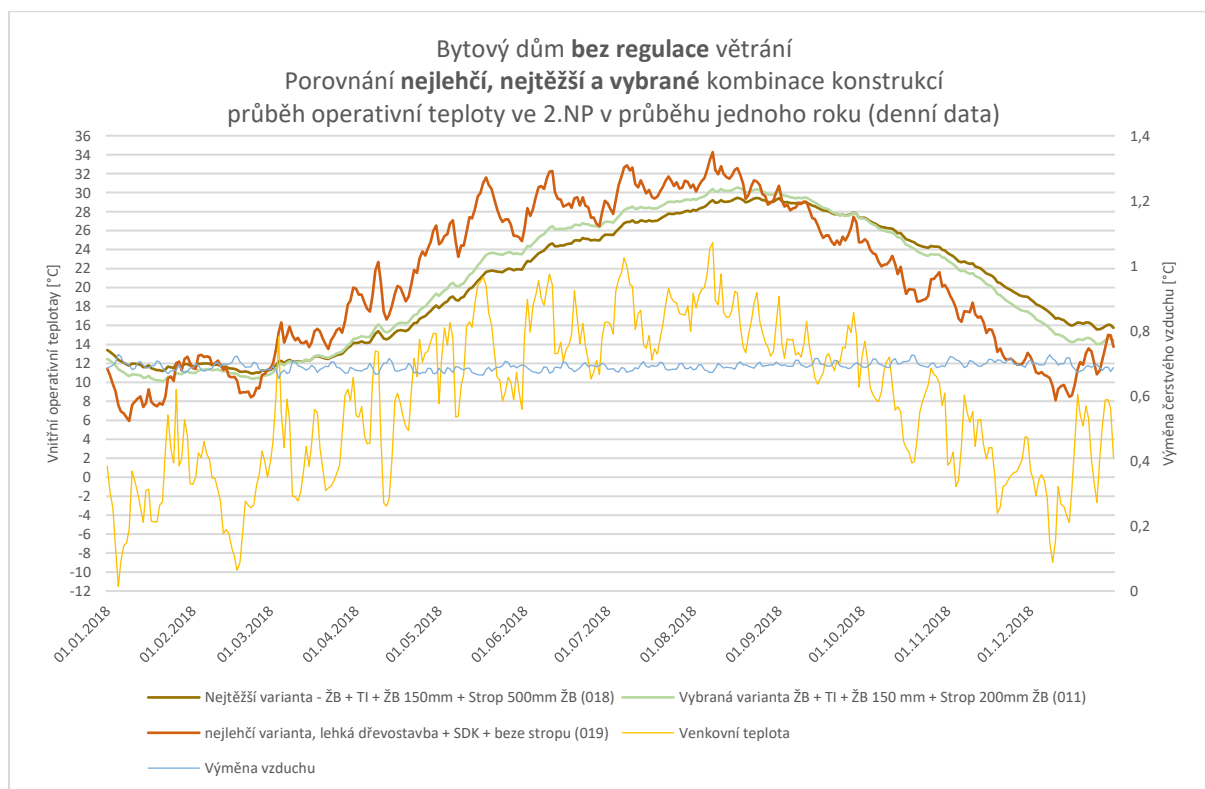
4.5 Porovnání nejtěžší, nejlehčí a referenční varianty s provozem bytového domu a bez regulace větrání (11, 18, 19)

V této analýze je v budově s provozem bytového domu vypnuta regulace větrání a v objektu je větráno neustále intenzitou $0,5 \text{ h}^{-1}$. V rámci této analýzy jsou zkoumány a porovnávány už pouze nejlehčí, nejtěžší a vybraná varianta konstrukčního řešení.

Bytový dům bez regulace větrání

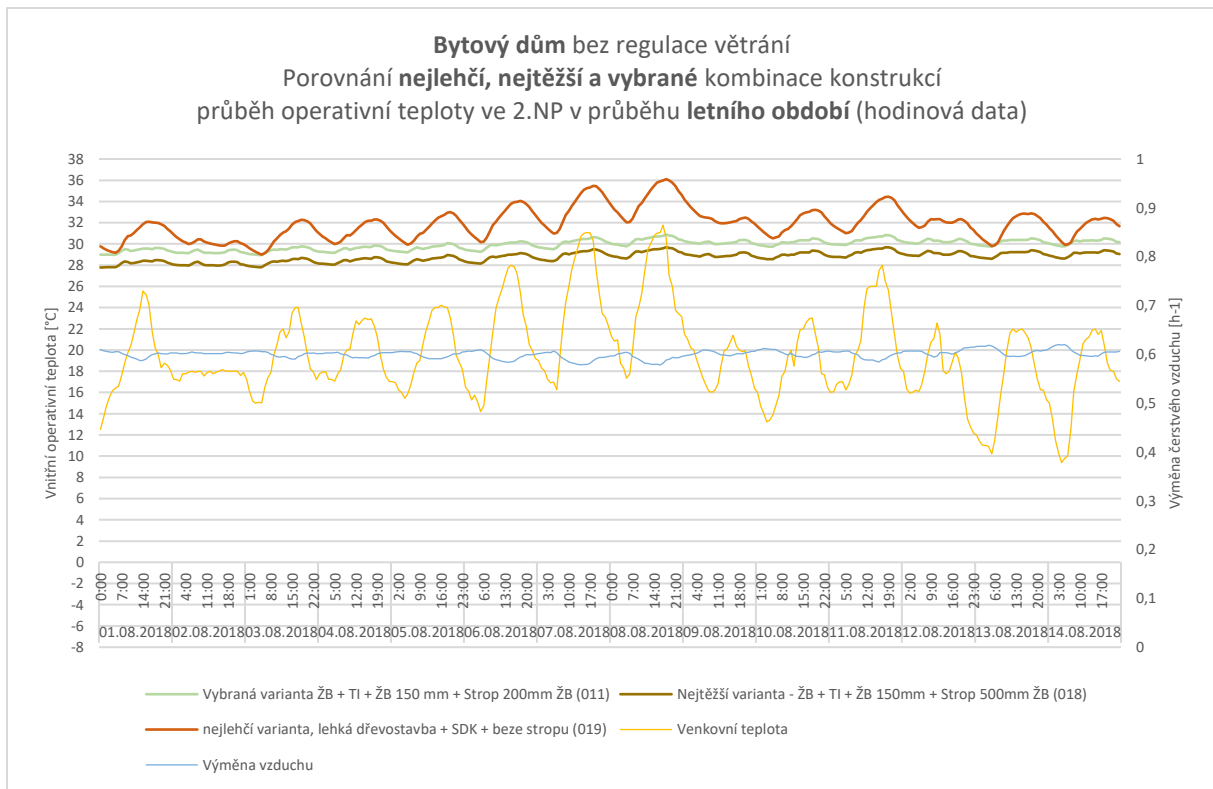
Model OXY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní dělicí konstrukce
Model 11	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 18	ŽB + KZS	ŽB - 500mm	ŽB - 150mm
Model 19	DŘEVĚNÝ SKELET	-	SDK - 150mm

Tab. 9: Shrnutí variant 11,18 a 19

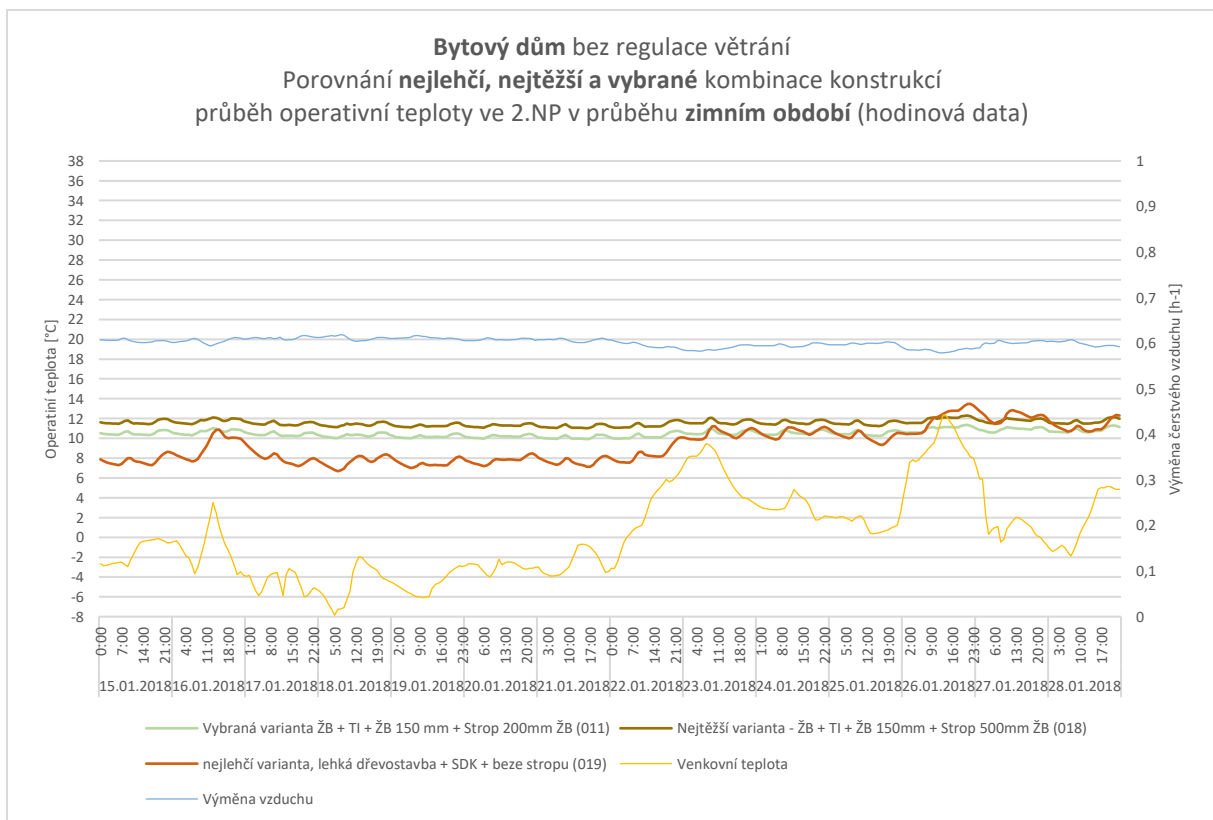


Obr. 92: Roční průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v BD bez regulace.

Tato analýza ukázala, že také i při neregulovaném režimu větrání jsou mezi těmito extrémními variantami značné rozdíly cca 8 – 10 °C. Je také vidět to, že pokud budova větrá stále konstantně, její průběh víceméně kopíruje průběh venkovní teploty, samozřejmě kvůli vnitřním tepelným ziskům posazený o cca 15°C výšše, jenom s tím rozdílem, že ve dvou těžkých variantách konstrukcí je patrný časový posun letní maximální teploty přibližně o dva a půl měsíce.



Obr. 93: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v BD bez regulace v létě.



Obr. 94: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v BD bez regulace v zimě.

Tak jako v předchozí analýze průběh denních teplot ukázal, že nejlehčí varianta na rozdíl od varianty nejtěžší a referenční zřetelně reaguje na výkyvy vnější teploty.



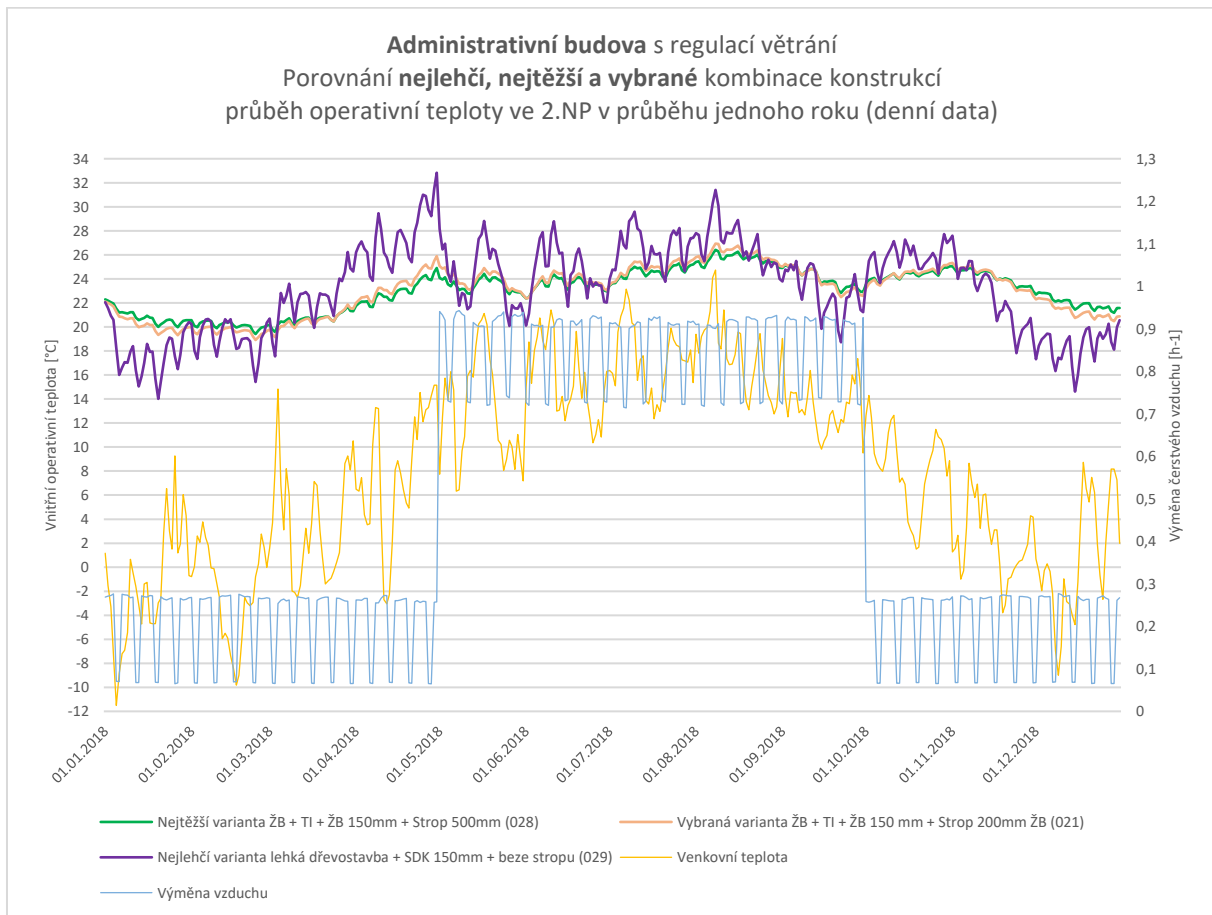
4.6 Porovnání nejtěžší, nejlehčí a referenční varianty s provozem administrativní budovy a regulací větrání (021, 028, 029)

Tato analýza se zabývá porovnáním průběhu operativní teploty u nejlehčí, nejtěžší a referenční konstrukční varianty v administrativní budově s regulací větrání.

Administrativní budova s regulací větrání

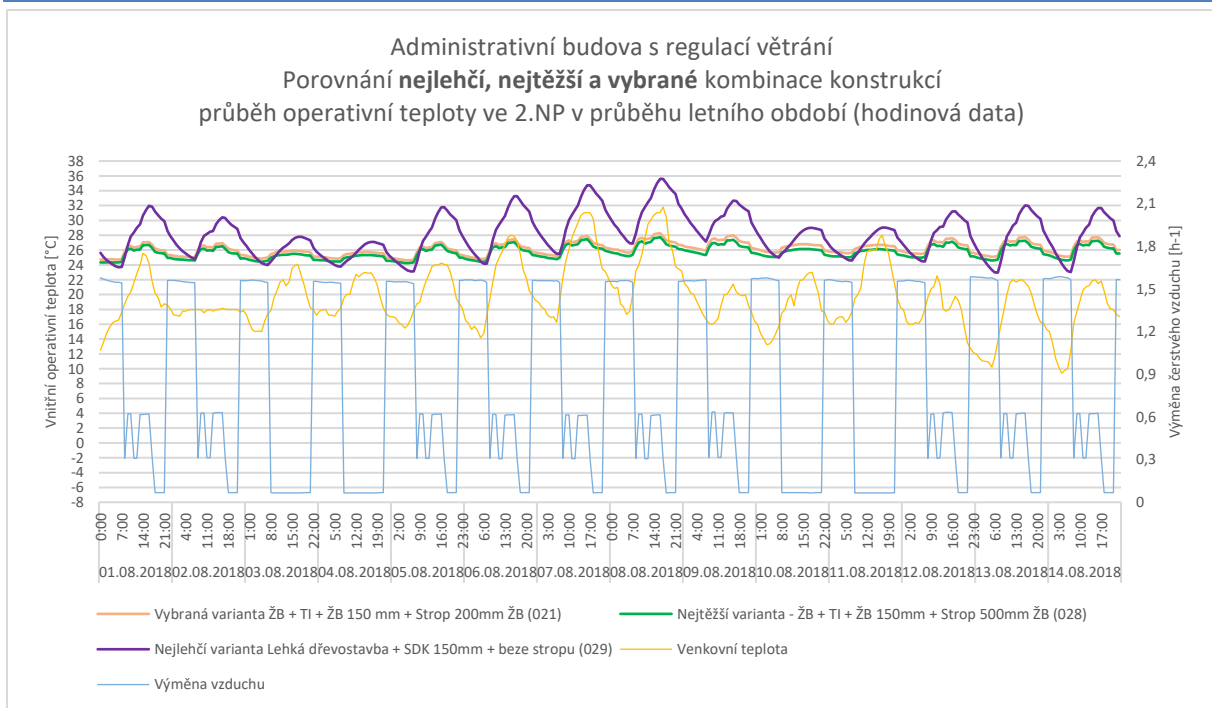
Model XY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní dělicí konstrukce
Model 21	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm
Model 28	ŽB + KZS	ŽB - 500mm	ŽB - 150mm
Model 29	DŘEVĚNÝ SKELET	-	SDK - 150mm

Tab. 10: Shrnutí variant 21,28 a 29

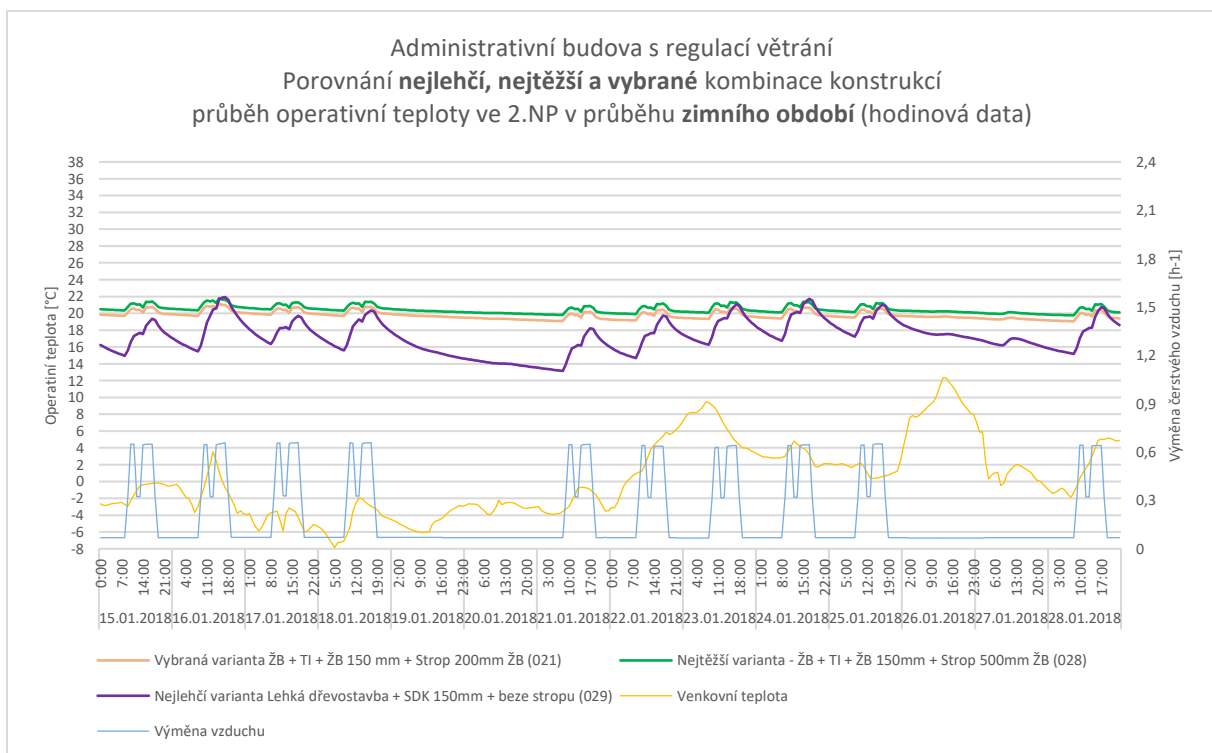


Obr. 95: Roční průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v AB s regulací.

Při pohledu na předcházející graf je vidět jasný vliv akumulčních schopností konstrukcí budovy na teplotní stabilitu. V průměrných denních operativních teplotách nejlehčí varianta vykazuje velké kolísání, a to v maximech i o 10 °C za jediný den.



Obr. 96: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v AB s regulací v létě.



Obr. 97: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v AB s regulací v zimě.

Z průběhů hodinových teplot v letním a zimním období si lze především povšimnout vliv provozu na teplotní stabilitu v místnosti. Jak je vidět z grafů výše velký vliv má přerušení provozu v administrativní budově přes víkend, kdy v nejlehčí variantě poklesne teplota od pátku do pondělí z 21°C na téměř 12°C tedy o 9 °C. Naproti tomu u dalších dvou stabilnějších variant tato teplota o víkend poklesne přibližně pouze o 1,5°C

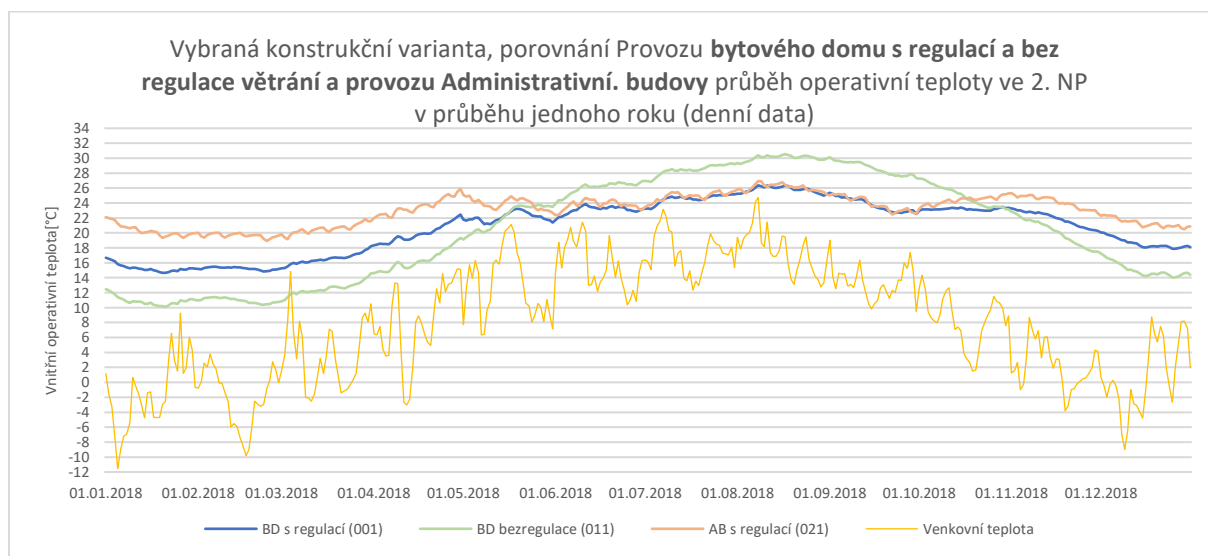


4.7 Porovnání vlivu provozu bytového domu s/bez regulace větrání a provozu administrativní budovy u referenční varianty (01, 11, 21)

Tato kapitola se věnuje porovnání tří budov řešených z konstrukčního hlediska naprosto shodně, a to jako referenční varianta. Ovšem zcela se tyto varianty liší ve svém provozu a v režimu větrání

Model XY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní dělicí konstrukce	Provoz	Regulace větrání
Model 01	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm	Byt. dům	ANO
Model 11	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm	Byt. dům	NE
Model 21	ŽB + KZS	ŽB - 200mm	ŽB - 150mm	Adm. bud.	ANO

Tab. 11: Shrnutí variant 01, 11 a 21

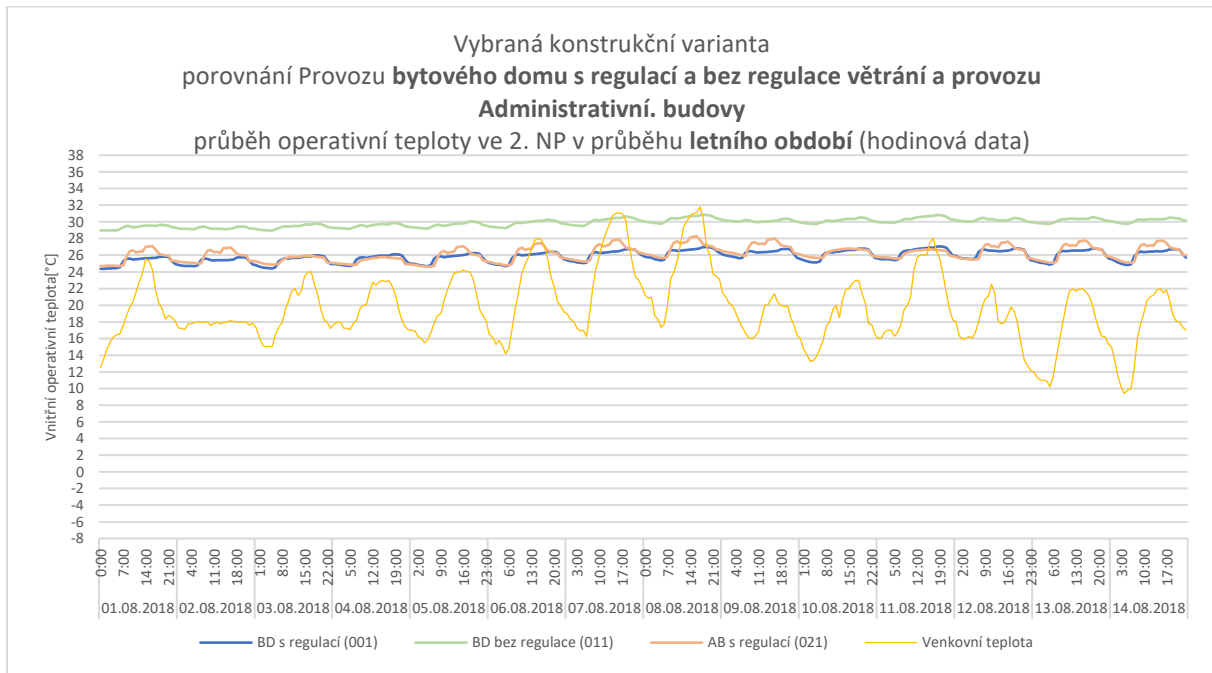


Obr. 98: Roční průběh operativní teploty u ref. var. BD s/bez regulace a AB s regulací

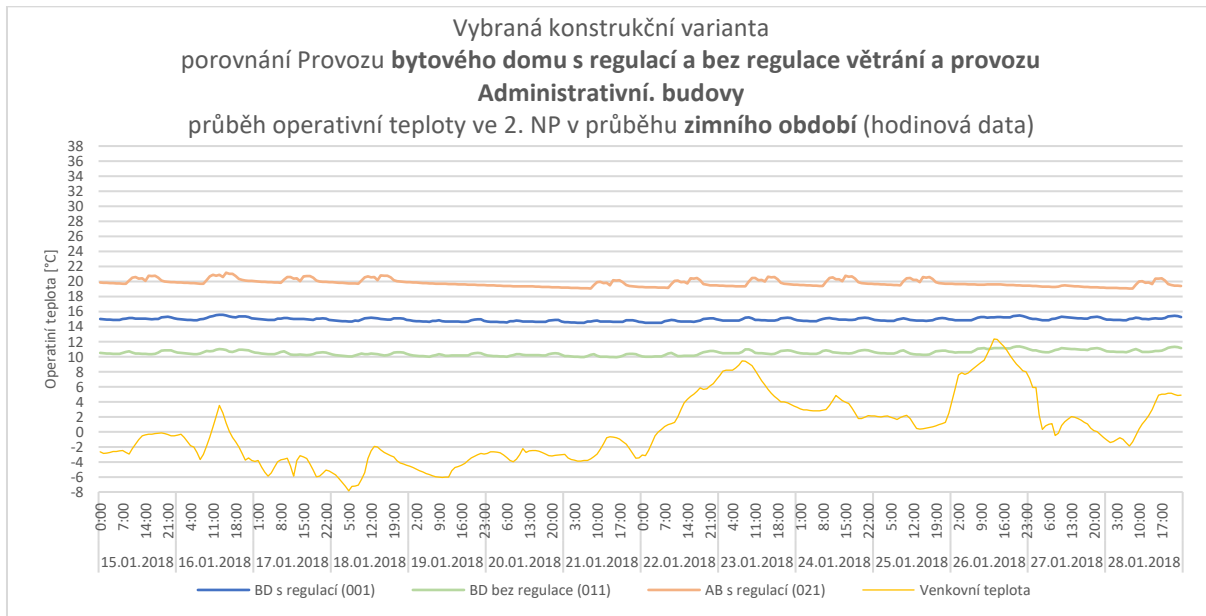
Z průběhu teploty během jednoho roku lze jasně vidět jak velký vliv má režim provozu a regulace větrání na teplotní stabilitu v interiéru budovy. U bytového domu s regulací větrání poklesne průměrná denní teplota v zimě na 15°C a v létě vystoupá díky nočnímu předchlazování na přijatelných 26°C. Pokud by však tato budova regulaci větrání neměla, její průběh by byl takový, jaký ukazuje zelená křivka. V zimním období především kvůli zbytečnému větrání studeným vzduchem teplota poklesne až na 10°C a v létě naopak vystoupá až přes 30°C, především kvůli absenci nočního předchlazování. Při pohledu na třetí křivku ukazující průběh teploty u objektu s provozem administrativní budovy a regulací větrání je jasně vidět, že tato kombinace je z těchto tří porovnávaných variant provozu a regulace nejlepší. V zimě teplota poklesne pouze k 19°C, a to především díky mnohem vyšším vnitřním ziskům od osob a vybavení v budově. Naopak tyto zisky by mohli být nežádoucí v létě. Jak je však vidět noční



předchlazování je v budově dostatečné na to, aby bylo schopné tyto nadměrné zisky odvézt z budovy pryč.



Obr. 99: Průběh operativní teploty u ref. var. BD s/bez regulace a AB s regulací v létě



Obr. 100: Průběh operativní teploty u ref. var. BD s/bez regulace a AB s regulací v zimě

Při porovnání průběhů hodinových dat v letním a zimním období u tří variant provozu a regulace lze vidět, že v letním období jak administrativní budova, tak BD s regulací větrání mají díky nočnímu předchlazování obdobný průběh, zatímco v zimním období je na tom administrativní budova zřejmě lépe z důvodu vyšších vnitřních zisků. Varianta bytového domu, ve kterém se nenachází regulace větrání je sice z hlediska hodinových dat stabilní, avšak v letním i zimním období dosahuje výrazně horších hodnot než zbylé dvě varianty.

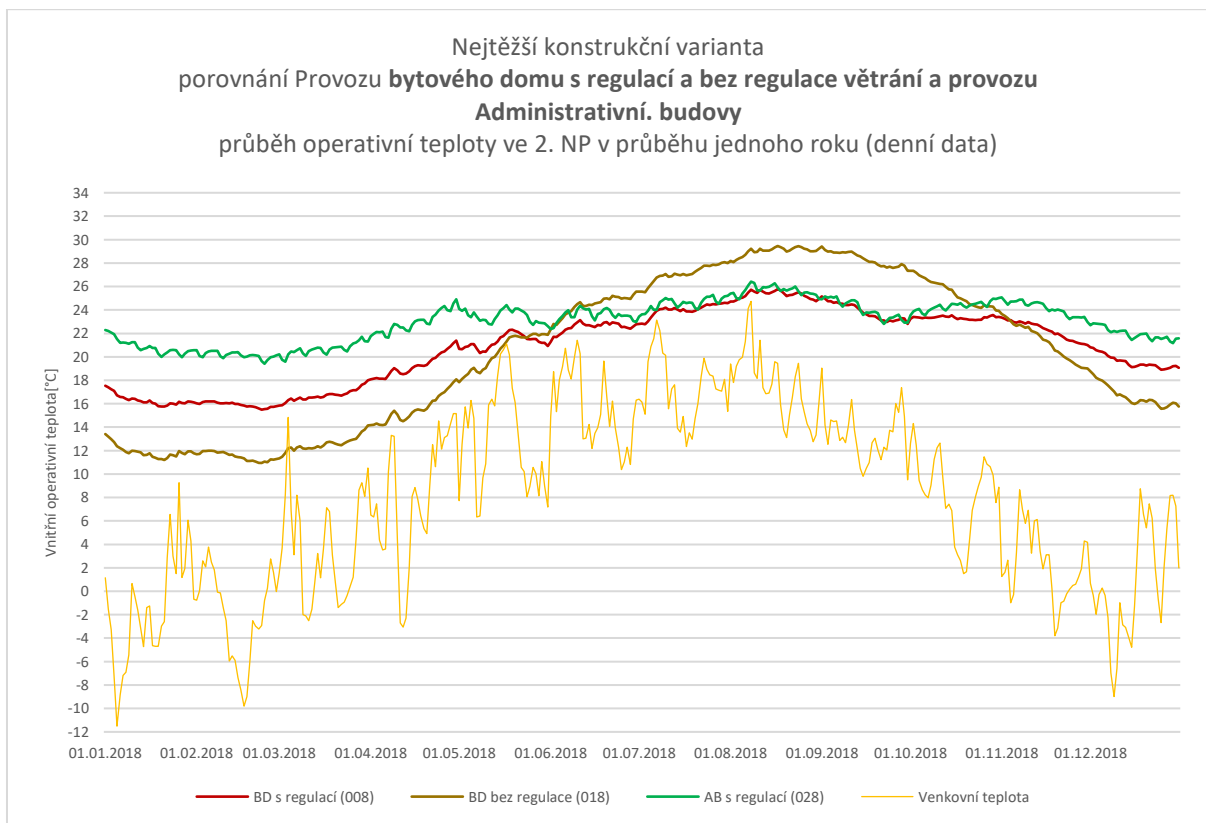


4.8 Porovnání vlivu provozu bytového domu s/bez regulace větrání a provozu administrativní budovy u nejtěžší varianty (08, 18, 28)

Tato kapitola se věnuje porovnání tří budov řešených z konstrukčního hlediska naprosto shodně tedy jako nejtěžší posuzovaná varianta. Ovšem rovněž jako v předchozí analýze se tyto varianty zcela liší ve svém provozu a v režimu větrání

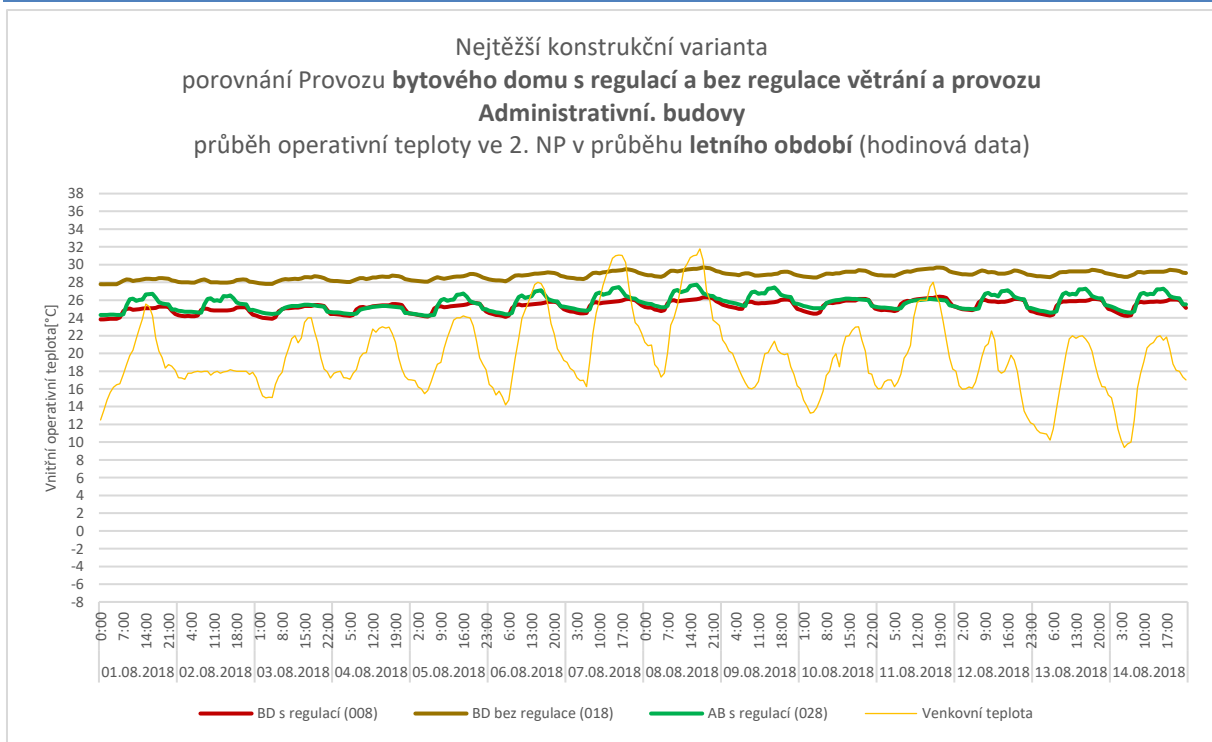
Model XY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní dělicí konstrukce	Provoz	Regulace větrání
Model 08	ŽB + KZS	ŽB - 500mm	ŽB - 150mm	Byt. dům	ANO
Model 18	ŽB + KZS	ŽB - 500mm	ŽB - 150mm	Byt. dům	NE
Model 28	ŽB + KZS	ŽB - 500mm	ŽB - 150mm	Adm. bud.	ANO

Tab. 12: Shrnutí variant 08,18 a 28

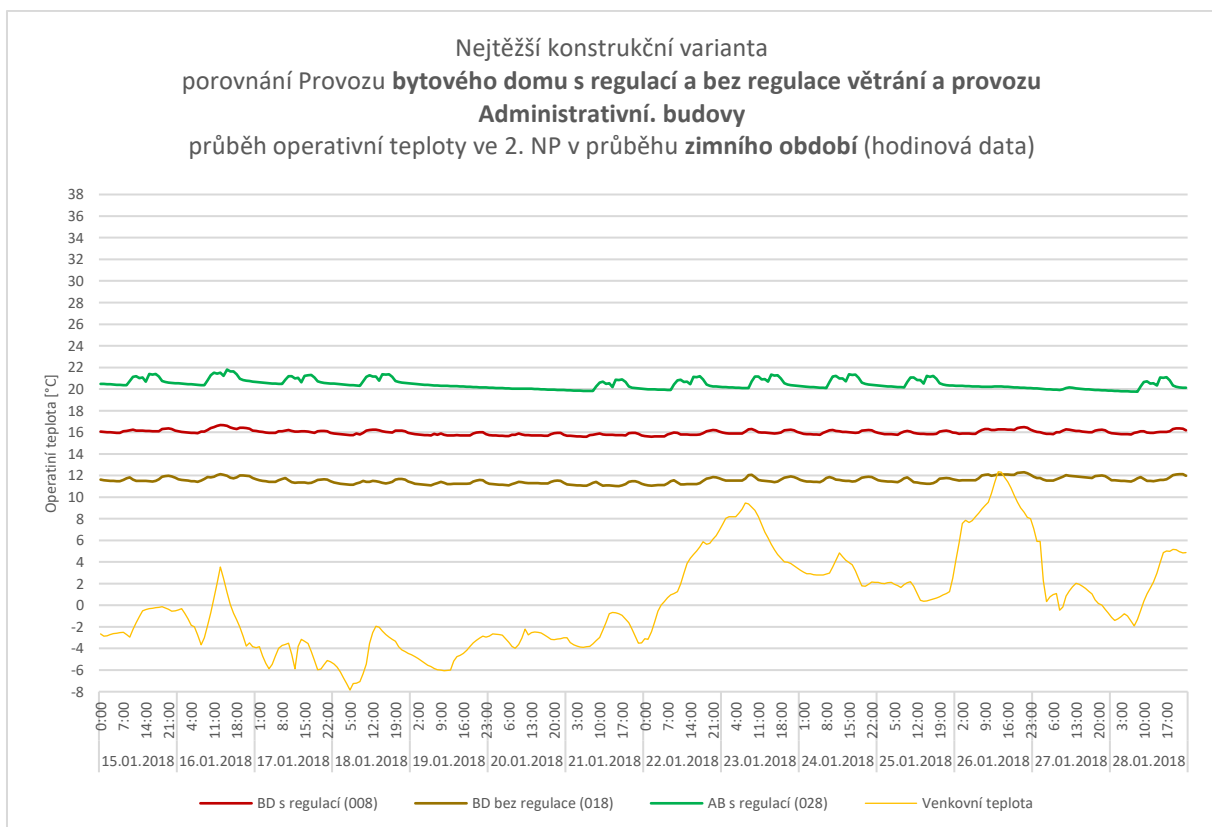


Obr. 101: Roční průběh operativní teploty u nejtěžší. var. BD s/bez regulace a AB s reg.

Závěry vyplývající z vyhodnocení této analýzy jsou obdobná jako u analýzy předcházející, a to zejména z toho důvodu, že akumulační schopnosti referenční a nejtěžší varianty jsou téměř srovnatelné.



Obr. 102: Průběh operativní teploty u nejtěžší. var. BD s/bez regulace a AB s reg. v létě



Obr. 103: Průběh operativní teploty u nejtěžší. var. BD s/bez regulace a AB s reg. v zimě

Z předchozích dvou grafů je možné vyvodit prakticky stejný závěr jako u předcházející analýzy, a to zejména proto, že nejtěžší varianta se z hlediska akumulačních schopností blíží k variantě referenční.

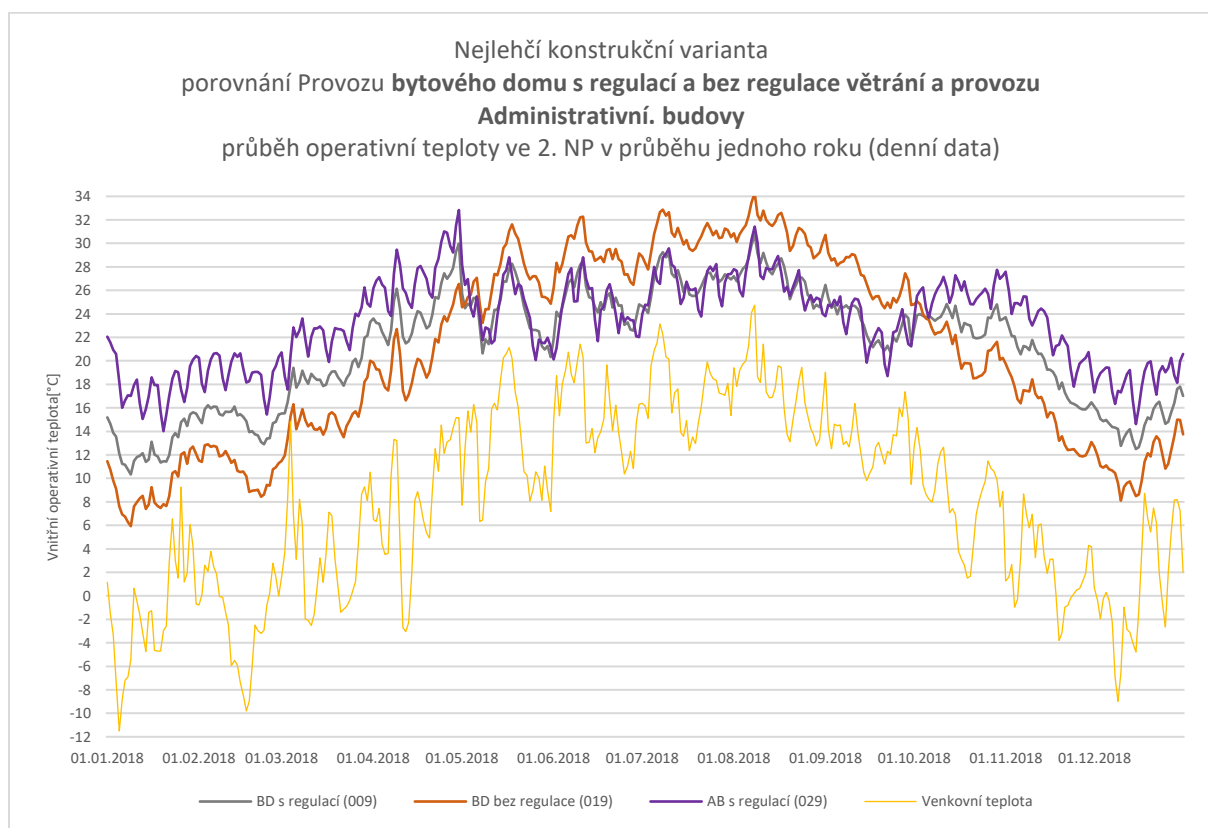


4.9 Porovnání vlivu provozu bytového domu s/bez regulace větrání a provozu administrativní budovy u nejlehčí varianty (009, 019, 029)

V této analýze je jako v přecházejících dvou analýzách porovnávány tři z konstrukčního hlediska shodné budovy, a to nejlehčí navržené konstrukce. V následujících grafech je vykreslen průběh vnitřní operativní teploty v budovách s odlišným provozem a regulací větrání.

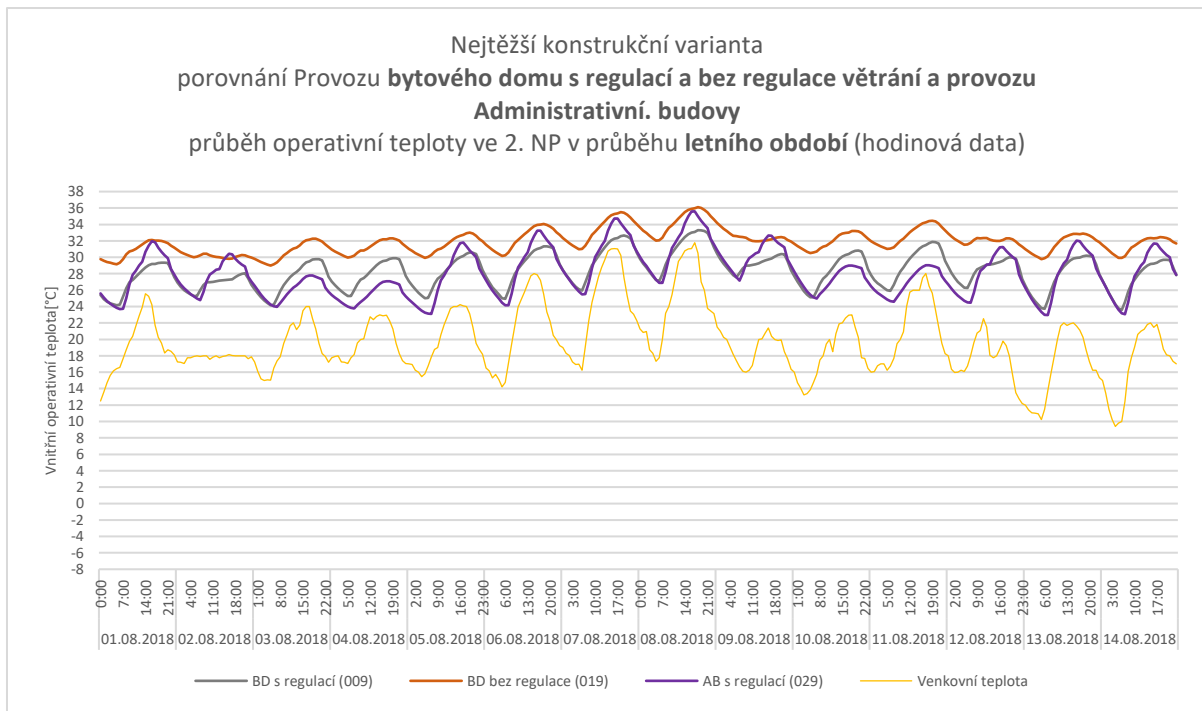
Model XY	Obvodový plášť	Stropní konstrukce	Vnitřní dělicí konstrukce	Provoz	Regulace větrání
Model 09	Dř. SKELET	-	SDK - 150mm	Byt. dům	ANO
Model 19	Dř. SKELET	-	SDK - 150mm	Byt. dům	NE
Model 29	Dř. SKELET	-	SDK - 150mm	Adm. bud.	ANO

Tab. 13: Shrnutí variant 09, 19 a 29

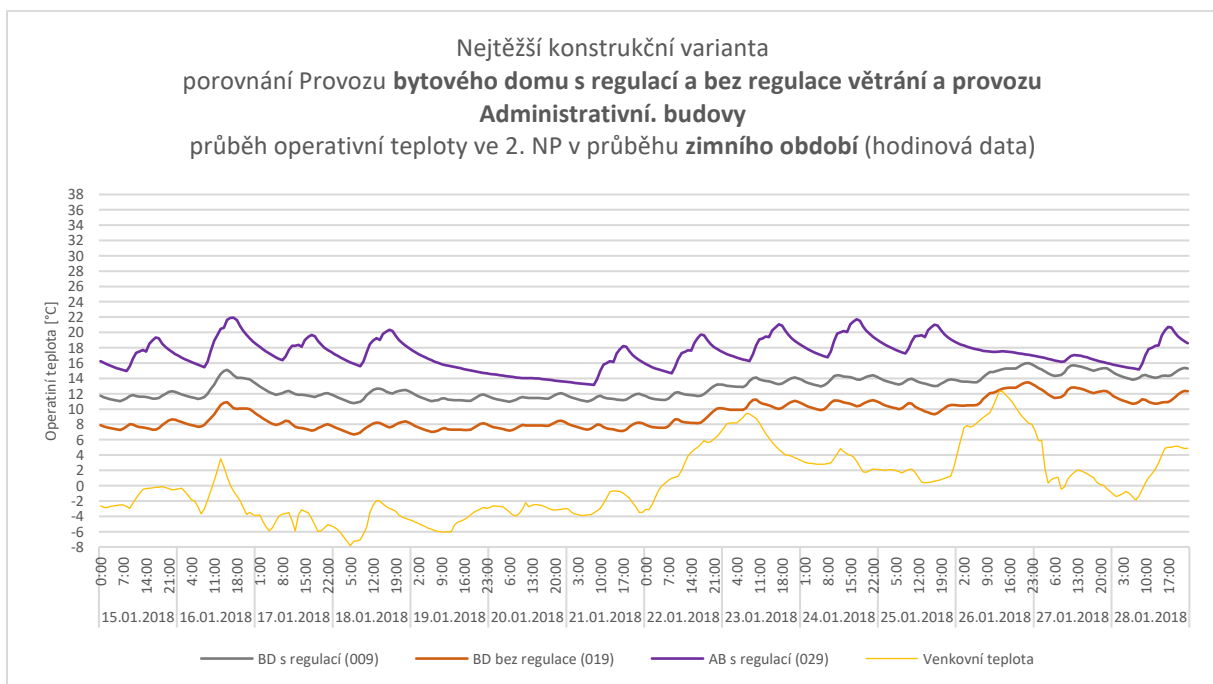


Obr. 104: Roční průběh operativní teploty u nejlehčí. var. BD s/bez regulace a AB s reg.

Na tomto grafu je vidět že, provoz a regulace má na průběh teplot v interiéru značný vliv, ale i v nejuvhodnější variantě je tento průběh v mezidenním období značně nestabilní a kolísá i o více než 10°C. Z tohoto lze usoudit, že i přes výhodný provoz a co možná nejlepší regulaci větrání je budova s velmi malou akumulací schopností zcela nevhodná pro návrh objektu založeném na principech budovy 2226.



Obr. 105: Průběh operativní teploty u nejtěžčí. var. BD s/bez regulace a AB s reg. v létě



Obr. 106: Průběh operativní teploty u nejtěžčí. var. BD s/bez regulace a AB s reg. v zimě

Tyto grafy ukazují, že pokud se jedná o budovu s minimální akumulační schopností, v letním období je průběh u všech tří variant velmi nestabilní a u všech variant provozu a regulace průběh vnitřní operativní teploty kopíruje kolísání teploty vnější. U dvou variant, ve kterých je využíváno nočního předchlazování je rozdíl teploty v interiéru ve dne a v noci až 10 °C. U neregulovaného bytového domu je průběh teploty v létě sice stabilnější, avšak celkově posazen asi o 5 °C výše. U této lehké konstrukční varianty je v zimním období jasně patrný vliv

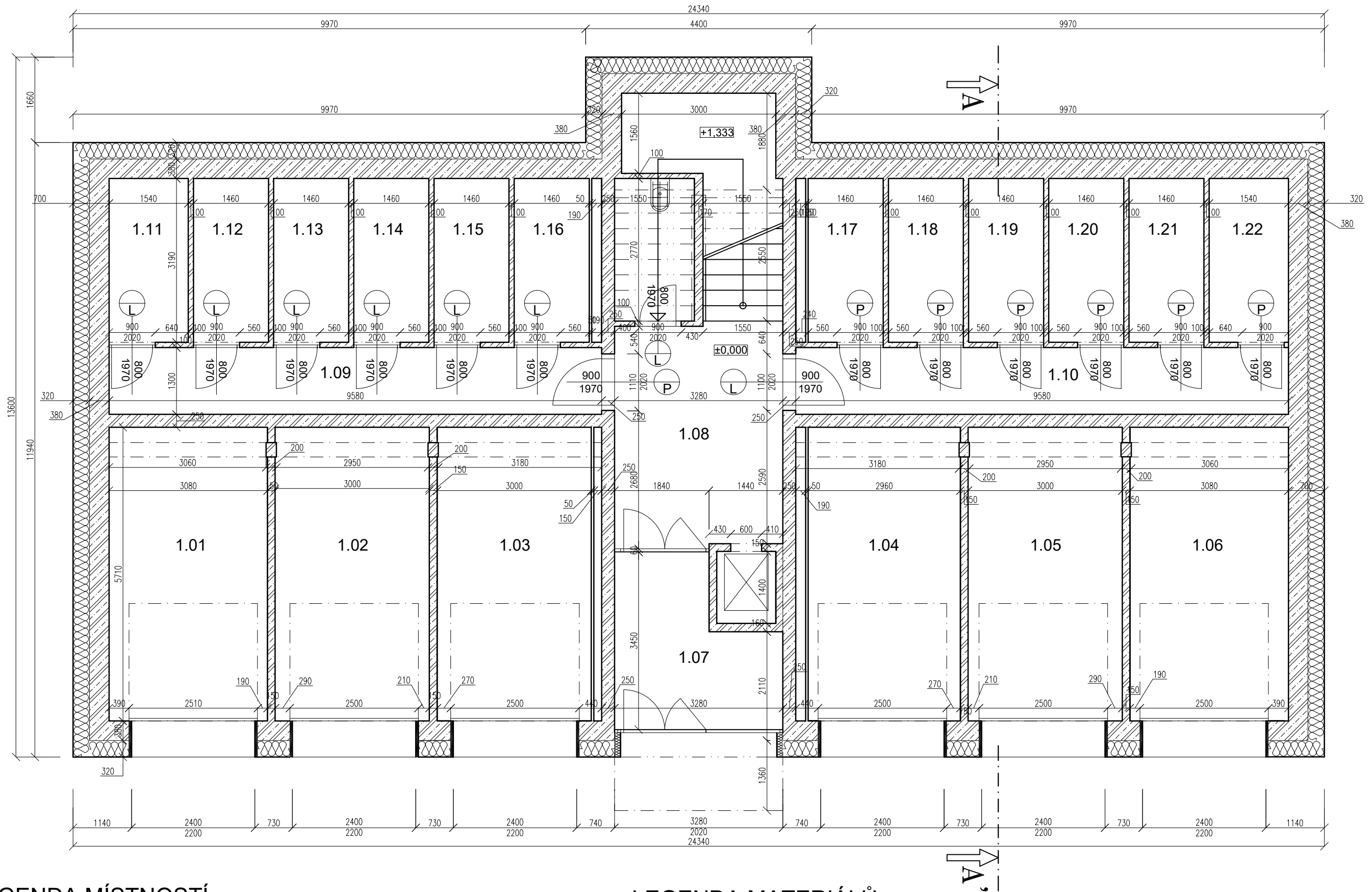


provozu, a tedy vnitřních zisků na průběh operativní teploty. Nejvyšší zisky jsou v administrativní budově, jejíž průběh v zimním období je celkově výšší než u dalších dvou variant. Je však na ní také vidět vliv přerušení provozu na víkendy, kdy teplota v takto lehké budově může poklesnout až o 8°C.



5 Grafické zpracování vybrané konstrukční varianty



Po vyhodnocení provedené analýzy, byla vybrána nejvhodnější konstrukční varianta a pro tuto variantu byly vypracovány schématické půdorysy, příčný řez a komplexní řez obvodovou stěnou v měřítku 1:20.



LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

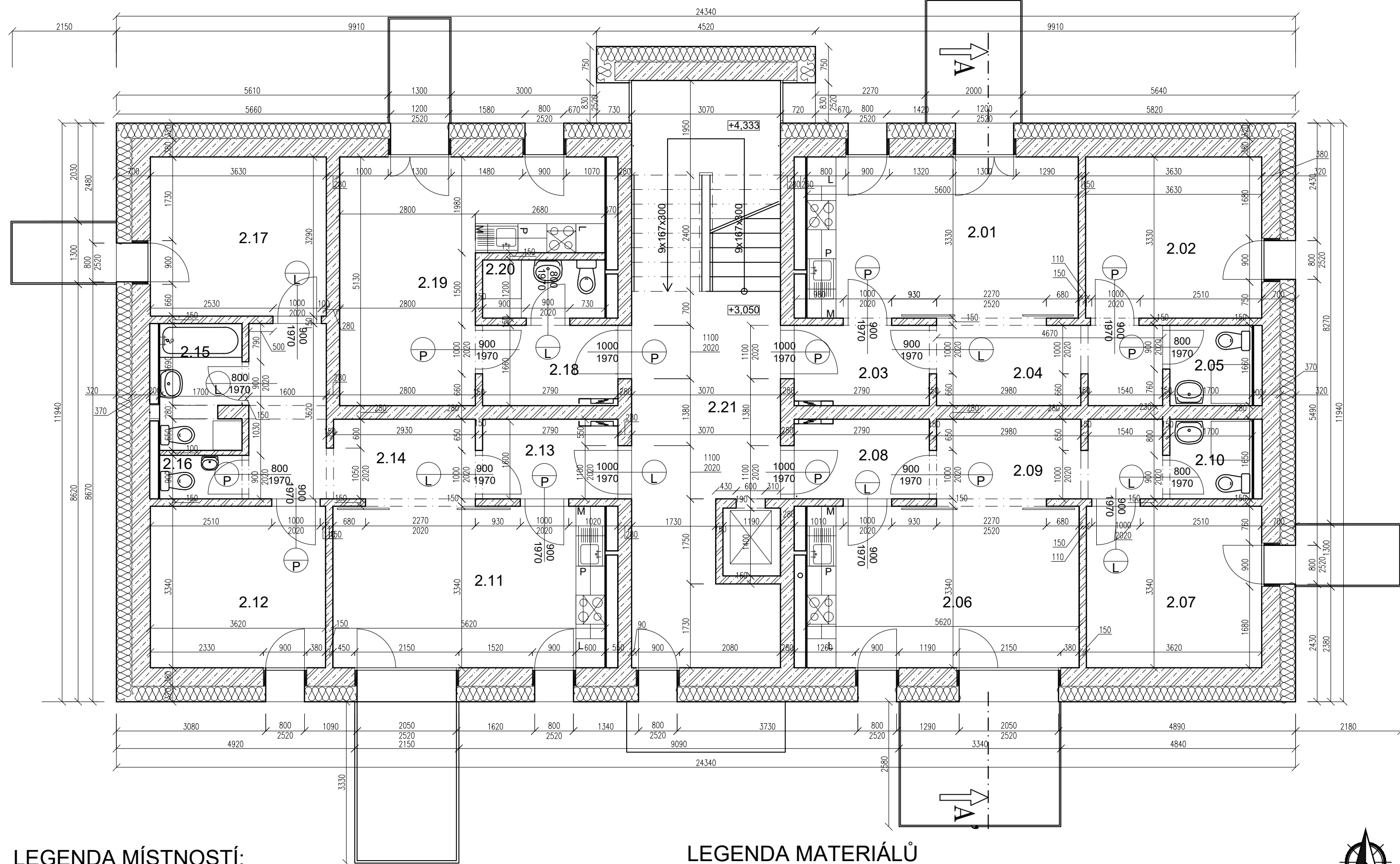
ČÍSLO	ÚČEL	PLOCHA m ²	1.08	1.16
1.01	GARÁŽ	17,6	CHODBA	SKLEPNÍ KÓJE 6
1.02	GARÁŽ	17,6	CHODBA KE SKLEPNÍM KÓJÍM 1	SKLEPNÍ KÓJE 7
1.03	GARÁŽ	17,6	CHODBA KE SKLEPNÍM KÓJÍM 2	SKLEPNÍ KÓJE 8
1.04	GARÁŽ	17,6	SKLEPNÍ KÓJE 1	SKLEPNÍ KÓJE 9
1.05	GARÁŽ	17,6	SKLEPNÍ KÓJE 2	SKLEPNÍ KÓJE 10
1.06	GARÁŽ	17,6	SKLEPNÍ KÓJE 3	SKLEPNÍ KÓJE 11
1.07	ZÁDVEŘÍ	9,1	SKLEPNÍ KÓJE 4	SKLEPNÍ KÓJE 12
			SKLEPNÍ KÓJE 5	CELKEM
				141,40

LEGENDA MATERIÁLŮ

-  ŽELEZOBETON
-  TEPELNÁ IZOLACE ISOVER EPS 100 320 mm




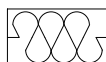
VYPRACOVAL:	VEDOUcí PRÁCE:	ČVUT v Praze Fakulta Stavební Thákurova 7, 166 29, Praha 6
Bc. Lukáš Machač	Ing. Jan Růžička, Ph.D.	
PŘEDMĚT:		FORMÁT: A3
DIPLOMOVÁ PRÁCE		DATUM: 1.1.2019
		NÁZEV VÝKRESU: SCHÉMATICKÝ PŮDORYS 1.NP
		MĚRÍTKO: 1:75
		Č. VÝKRESU: 1.



LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

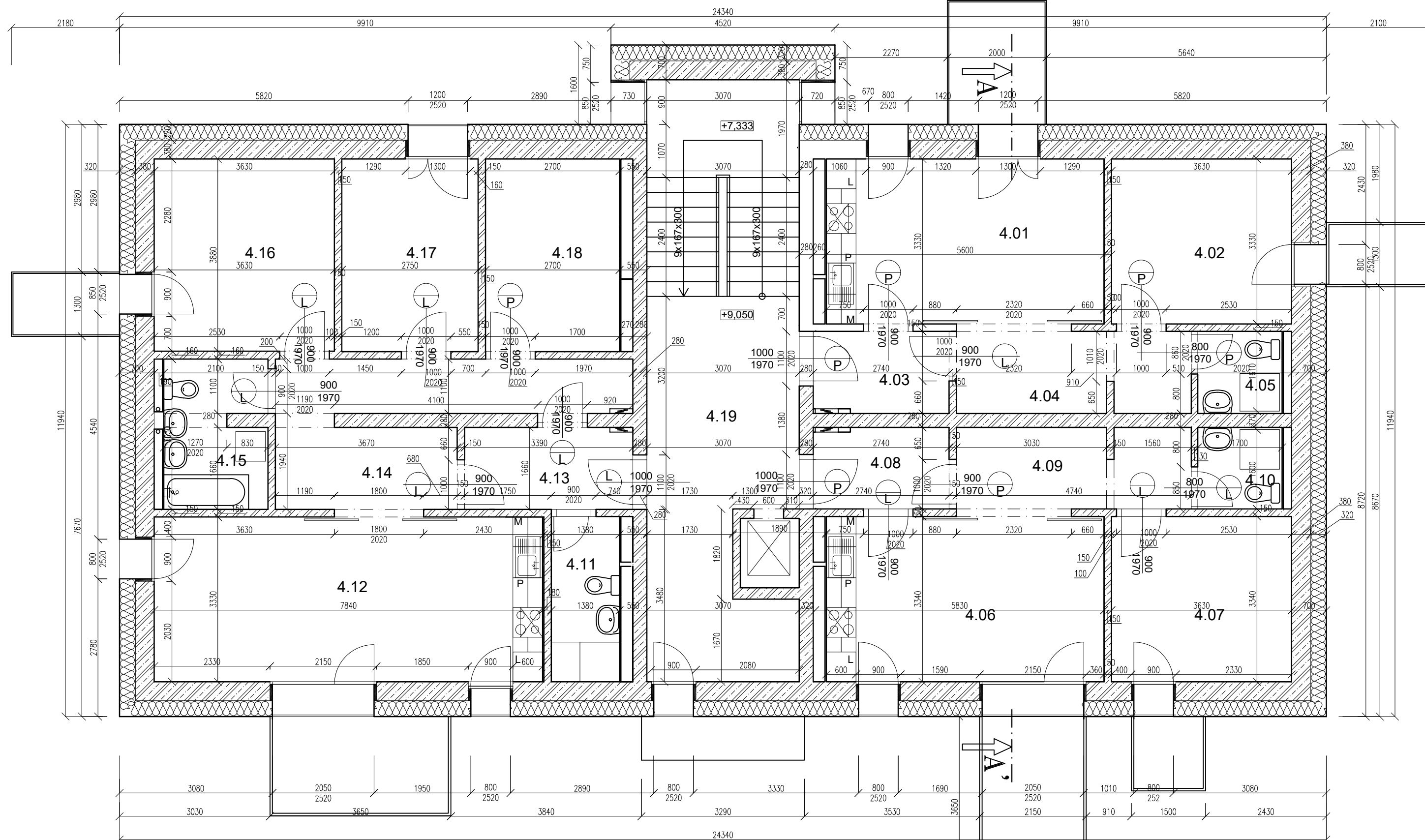
ČÍSLO	ÚČEL	PLOCHA m ²	2.08	PŘEDSÍŇ	4,5	2.16	WC	1,5
2.01	OBÝVACÍ POKOJ	19,5	2.09	CHODBA	7,9	2.17	POKOJ	12,1
2.02	LOŽNICE	12,1	2.10	WC	2,8	2.18	PŘEDSÍŇ	4,5
2.03	PŘEDSÍŇ	4,5	2.11	OBÝVACÍ POKOJ	19,5	2.19	OBÝVACÍ POKOJ	20,0
2.04	CHODBA	7,9	2.12	LOŽNICE	12,1	2.20	KOUPELNA	3,0
2.05	WC	2,8	2.13	PŘEDSÍŇ	4,5	2.21	VNĚJŠÍ CHODBA	36,3
2.06	OBÝVACÍ POKOJ	19,5	2.14	CHODBA	11,2		CELKEM	90,80
2.07	LOŽNICE	12,1	2.15	KOUPELNA	4,5			

LEGENDA MATERIÁLŮ

-  ŽELEZOBETON
-  TEPELNÁ IZOLACE
ISOVER EPS 100 320 mm




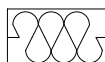
VYPRACOVAL:	VEDOUcí PRÁCE:	ČVUT v Praze Fakulta Stavební Thákurova 7, 166 29, Praha 6
Bc. Lukáš Machač	Ing. Jan Růžička, Ph.D.	
PŘEDMĚT:		FORMÁT: A3
DIPLOMOVÁ PRÁCE		DATUM: 1.1.2019
		NÁZEV VÝKRESU: SCHÉMATICKÝ PŮDORYS TYPICKÉHO PODLAŽÍ
		MĚRÍTKO: 1:75
		Č. VÝKRESU: 2.



LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

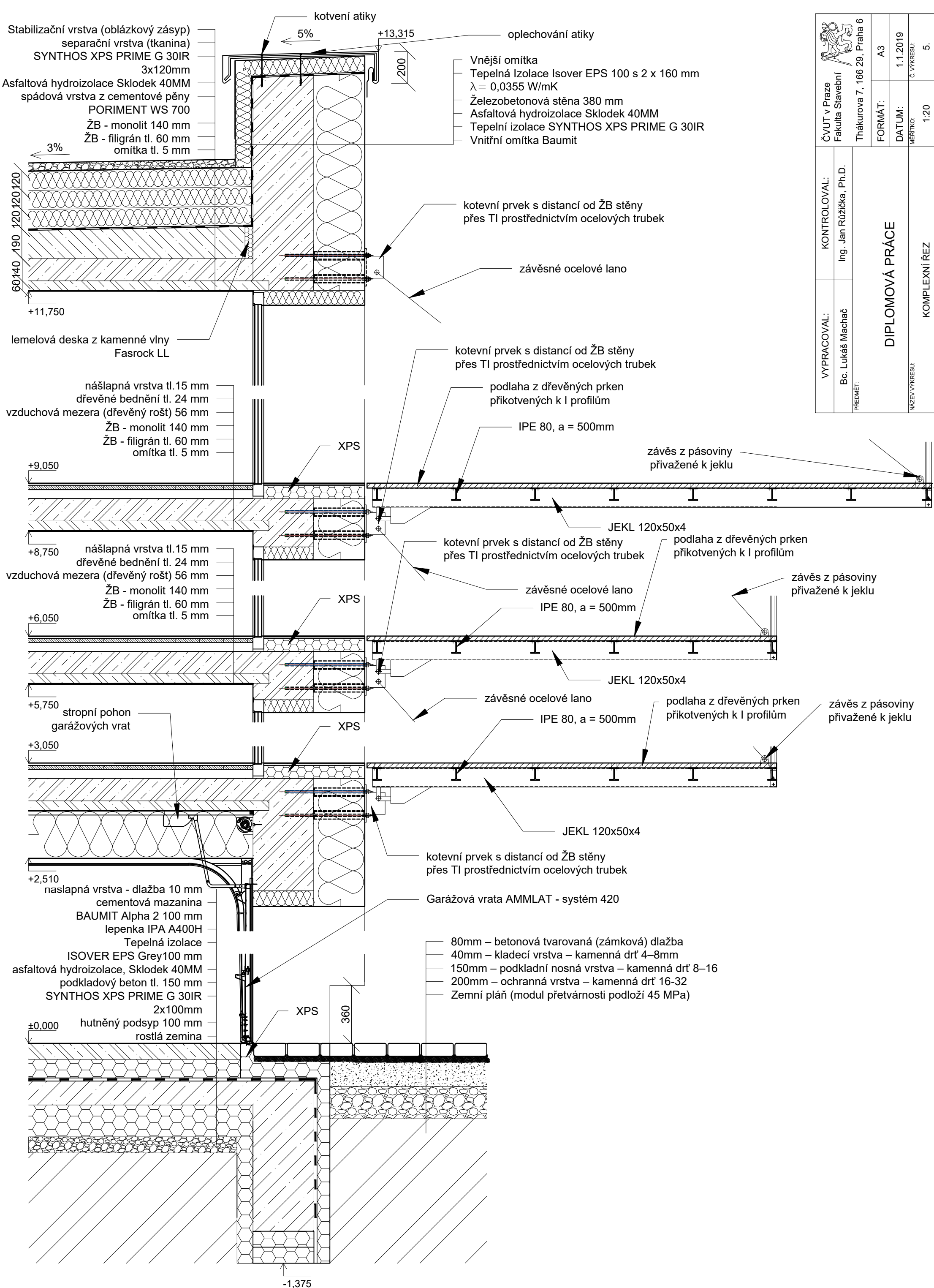
ČÍSLO	ÚČEL	PLOCHA m ²	ČÍSLO	ÚČEL	PLOCHA m ²	ČÍSLO	ÚČEL	PLOCHA m ²
4.07	LOŽNICE	12,1	4.14	CHODBA	11,2			
4.01	OBÝVACÍ POKOJ	19,5	4.08	PŘEDSÍŇ	4,5	4.15	KOUPELNA 2	4,5
4.02	LOŽNICE	12,1	4.09	CHODBA	7,9	4.16	POKOJ 1	1,5
4.03	PŘEDSÍŇ	4,5	4.10	WC	2,8	4.17	POKOJ 2	12,1
4.04	CHODBA	7,9	2.11	KOUPELNA 1	19,5	4.18	POKOJ 3	4,5
4.05	WC	2,8	2.12	OBÝVACÍ POKOJ	12,1	4.19	VNĚJŠÍ CHODBA	20,0
4.06	OBÝVACÍ POKOJ	19,5	2.13	PŘEDSÍŇ	4,5		CELKEM	90,80

LEGENDA MATERIÁLŮ

-  ŽELEZOBETON
-  TEPELNÁ IZOLACE
ISOVER EPS 100 320 mm



VYPRACOVAL: Bc. Lukáš Machač	VEDOUcí PRÁCE: Ing. Jan Růžička, Ph.D.	ČVUT v Praze Fakulta Stavební Thákurova 7, 166 29, Praha 6
PŘEDMĚT: DIPLOMOVÁ PRÁCE		FORMÁT: A3
NÁZEV VÝKRESU: SCHÉMATICKÝ PŮDORYS 4.NP		DATUM: 1.1.2019
		MĚŘÍTKO: 1:75
		Č. VÝKRESU: 3.



Stabilizační vrstva (oblázkový zásyp)
 separační vrstva (tkanina)
 SYNTHOS XPS PRIME G 30IR
 3x120mm
 Asfaltová hydroizolace Sklodek 40MM
 spádová vrstva z cementové pěny
 PORIMENT WS 700
 ŽB - monolit 140 mm
 ŽB - filigrán tl. 60 mm
 omítka tl. 5 mm

lemelová deska z kamenné vlny
 Fasrock LL

nášlapná vrstva tl. 15 mm
 dřevěné bednění tl. 24 mm
 vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
 ŽB - monolit 140 mm
 ŽB - filigrán tl. 60 mm
 omítka tl. 5 mm

nášlapná vrstva tl. 15 mm
 dřevěné bednění tl. 24 mm
 vzduchová mezera (dřevěný rošt) 56 mm
 ŽB - monolit 140 mm
 ŽB - filigrán tl. 60 mm
 omítka tl. 5 mm

naslapná vrstva - dlažba 10 mm
 cementová mazanina
 BAUMIT Alpha 2 100 mm
 lepenka IPA A400H
 Tepelná izolace
 ISOVER EPS Grey100 mm
 asfaltová hydroizolace, Sklodek 40MM
 podkladový beton tl. 150 mm
 SYNTHOS XPS PRIME G 30IR
 2x100mm
 hutněný podsyp 100 mm
 rostlá zemina

Vnější omítka
 Tepelná Izolace Isover EPS 100 s 2 x 160 mm
 $\lambda = 0,0355 \text{ W/mK}$
 Železobetonová stěna 380 mm
 Asfaltová hydroizolace Sklodek 40MM
 Tepelní izolace SYNTHOS XPS PRIME G 30IR
 Vnitřní omítka Baumit

80mm – betonová tvarovaná (zámková) dlažba
 40mm – kladecí vrstva – kamenná drť 4–8mm
 150mm – podkladní nosná vrstva – kamenná drť 8–16
 200mm – ochranná vrstva – kamenná drť 16-32
 Zemní pláň (modul přetvárnosti podloží 45 MPa)

 ČVUT v Praze Fakulta Stavební Tháškova 7, 166 29, Praha 6	KONTROLOVAL:	DIPLOMOVÁ PRÁCE
	Ing. Jan Růžička, Ph.D.	
FORMÁT: A3	DATUM: 1.1.2019	KOMPLEXNÍ ŘEZ
MĚŘÍTKO: 1:20	Č. VÝKRESU: 5.	

VYPRACOVAL:
 Bc. Lukáš Machač

PŘEDMĚT:
 DIPLOMOVÁ PRÁCE

NAZEV VÝKRESU:
 KOMPLEXNÍ ŘEZ



6 Závěr

Provedená analýza, která hodnotila vliv akumulčních schopností stavebních konstrukcí, režimu provozu a větrání na teplotní stabilitu a energetickou bilanci ve zkoumaném objektu ukázala, že konstrukční řešení má určitý vliv na průběh operativní teploty v interiéru. Tento vliv však rozhodně není tak velký jako vliv toho, jakým způsobem je budova provozována a jak je řízeno její větrání.

Z první části analýzy bylo zjištěno, že nejlepší možnou konstrukční variantou z hlediska teplotní stability je varianta č.9, tedy : obvodový plášť ze ŽB; strop s 500 mm silnou ŽB deskou; 150 mm silná příčka rovněž ze ŽB. Při porovnání této nejlepší varianty s variantou referenční bylo zjištěno, že rozdíl mezi oběma variantami je minimální. Z důvodu nereálné konstrukce stropu ve variantě č.9 byla jako nejvhodnější a výsledná konstrukční varianta vybrána varianta referenční, tedy varianta č.1.

Z druhé části analýzy vyšlo najevo, že provoz a režim větrání má velký vliv na průběh operativní teploty v interiéru. Z porovnání dvou naprosto shodných objektů, které se lišily pouze v regulaci větrání, byly zjištěny teplotní rozdíly v zimě 4°C a v létě 3°C. Na druhou stranu z analýzy vyplývá, že i v bytovém domě s co možná nejlepší regulací větrání a hraničních hodnotách jeho intenzity, nebylo možné dosáhnout v budově požadovaných hodnot především v zimním období. Pokud byl ovšem v budově nastaven provoz administrativní budovy, výsledky se téměř blížily takovým hodnotám, které jsou dosahovány v budově haus 2226, která byla předlohou tohoto zkoumání. Dále také z analýzy vychází, že provoz a správná regulace větrání má vliv na teplotní stabilitu pouze v budově, která má dostatečně velkou akumulční schopnost.

Z analýzy tak lze usoudit, že principy použité v objektu 2226 nejsou příliš vhodné pro objekty s velmi nerovnoměrným a nepravidelným provozem jako jsou především bytové domy. Naopak bylo zjištěno, že objekt s provozem administrativní budovy se blížil k požadovanému chování a z toho vyplývá, že tyto principy by mohly být dobře využity především v budovách s co možná nejstálějším a nejrovnoměrnějším provozem, jako jsou například domy pro seniory.



Literatura

- [1] 2226/ *BaumschlagerEberle Architekten*, 2013 [online]. ArchDaily ©2008 – 2018, ISSN 0719-8884. [cit. 5.1.2018]. Dostupné z: [https:// www.archdaily.com/](https://www.archdaily.com/)
- [2] Haus ohne Heizung: Bürogebäude von Baumschlager Eberle in Lustenau - *DETAIL - Magazin für Architektur + Baudetail*. *Start - DETAIL - Magazin für Architektur + Baudetail* [online]. Dostupné z: <https://www.detail.de/artikel/haus-ohne-heizung-buerogebaeude-von-baumschlager-eberle-in-lustenau-11703/>
- [3] 2226 | Architektur- und Baublog. Architektur- und Baublog | "*Zeige mir, wie du baust, und ich sage dir, wer du bist*" [online]. Dostupné z: <https://architekturblog.wordpress.com/2013/11/26/2226/>
- [4] AICHER, Florian; EBERLE, Dietmar. In Defence of the User. In: EBERLE, Dietmar (ed.); AICHER, Florian (ed.), *The Temperature of Architecture*. Basel: Birkhäuser, ©2011 - 2018, ISBN978-3-0356-0381-1
- [5] Atmosphäre statt Maschine | *bauforum.at*. *Bauforum | bauforum.at* [online]. Copyright © Baustelle [cit. 29.12.2018]. Dostupné z: <https://www.bauforum.at/bauforum/atmosphaere-statt-maschine-57190>
- [6] BODVAY, Andrea. *Ökonomische und energetische Bewertung von verschiedenen Ansätzen hinsichtlich unter Berücksichtigung der Lebensqualität: Projekt: Low Tech – High Effect! Eine Übersicht über nachhaltige Low-tech Gebäude: realisierte Beispiele, innovative Ansätze, Prinzipien und systemische Lösungswege F&E Dienstleistung, Prj.Nr.: 850096* [online]. August 2016, 18-19 [cit. 29.12.2018]. Dostupné z: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/low-tech-high-effect-annex-1_bodvay.pdf
- [7] FEIREISS, Kristin. A Personal Approach. In: EBERLE, Dietmar (ed.); AICHER, Florian (ed.), *The Temperature of Architecture*. Basel: Birkhäuser, ©2011 - 2018, ISBN978-3-0356-0381-1
- [8] STEINER, Dietmar. A Personal Approach. In: EBERLE, Dietmar (ed.); AICHER, Florian (ed.), *The Temperature of Architecture*. Basel: Birkhäuser, ©2011 - 2018, ISBN978-3-0356-0381-1
- [9] JUNGHANS, Lars. The Energy Concept. In: EBERLE, Dietmar (ed.); AICHER, Florian (ed.), *The Temperature of Architecture*. Basel: Birkhäuser, ©2011 - 2018, ISBN978-3-0356-0381-1
- [10] WIDERIN, Peter. The Control System. In: EBERLE, Dietmar (ed.); AICHER, Florian (ed.), *The Temperature of Architecture*. Basel: Birkhäuser, ©2011 - 2018, ISBN978-3-0356-0381-1
- [11] HEUBERT, Eduard. Photographs. In: EBERLE, Dietmar (ed.); AICHER, Florian (ed.), *The Temperature of Architecture*. Basel: Birkhäuser, ©2011 - 2018, ISBN978-3-0356-0381-1



Seznam použitých softwaru

Microsoft Office Word 2016

Microsoft Office Excel 2016

AutoCad 2018

DesignBuilder



Seznam obrázků

Obr. 1: Bürohaus 2226 [2]	5
Obr. 2: Bürohaus 2226, schématický půdorys a řez [3]	5
Obr. 3: Dispozice: 1.NP [4]	7
Obr. 4: Dispozice: 2.NP [4]	7
Obr. 5: Dispozice: 3.NP [4]	7
Obr. 6: Dispozice: 4.NP [4]	7
Obr. 7: Dispozice: 5.NP [4]	7
Obr. 8: Dispozice: 6.NP [4]	7
Obr. 9: Ostění a parapet v obvodové stěně [5]	8
Obr. 10: Detail napojení stropu na stěnu, parapetu a nadpraží [5]	8
Obr. 11: První návrh budovy představen na výstavě „The City in the House“[11]	10
Obr. 12: Přepracovaný a finální návrh budovy z jara roku 2013 [11].....	10
Obr. 13: Vstupní dveře do budovy [11].....	11
Obr. 14: Interiér budovy [11]	11
Obr. 15: Interiér budovy [11]	11
Obr. 16: Interiér budovy [11]	11
Obr. 17: Interiér budovy [11]	11
Obr. 18: Interiér budovy [11]	11
Obr. 19: Znázornění vlivu tepelné kapacity obvodového pláště na průběh teploty v konstrukci [9]	15
Obr. 20: Průběh teploty v interiéru v závislosti na velikosti prostupu tepla a stavu ventilace [9]	16
Obr. 21: Průběh koncentrace CO ₂ v závislosti na velikosti prostupu tepla a stavu ventilace [9]	16
Obr. 22: Algoritmus pro monitoriag a řízení okenních štěrbin [9].....	17
Obr. 23: Větrací štěrbina v okně.....	17
Obr. 24: Větrací štěrbina v okně.....	17
Obr. 25: Koncentrace CO ₂ v místnosti v závislosti na její výšce [9].....	18
Obr. 26: Rozložení denního světla a solární zisky [11].....	19
Obr. 27: Porovnání spotřeby energie na umělé osvětlení v budovách s obdobným provozem v EU a USA [9]	20



Obr. 28: Průběh interiérové a exteriérové teploty, koncentrace CO ₂ a relativní vlhkosti [9]	20
.....	20
„Budova ukazuje využití stavebně fyzikálních vlastností konstrukcí a vytváří skvělé vnitřní prostředí. Její řídicí systém je co možná nejjednodušší a využívá skutečně minimální množství vybavení. K hladkému chodu budovy je nutný pouze jeden server. Uživatelé se o chod budovy nemusí vůbec starat a užívat si jejího skvělého vnitřního prostředí.“	21
Peter Widerin – fyzik a programátor [10]	21
Obr. 29: Schéma přirozeného větrání [10]	22
Obr. 30: Display řídicího systému [10]	22
Obr. 31: Display řídicího systému [10]	22
Obr. 32: Průběh vnitřní a vnější teploty v prázdné budově [10]	23
Obr. 33: Průběh vnitřní a vnější teploty v osídlené budově bez řídicího systému [10].....	23
Obr. 34: Průběh vnitřní a vnější teploty v osídlené budově s řídicím systémem [10].....	23
Obr. 35: Měsíční průběhy vnitřní a vnější teploty, koncentrace CO ₂ a relativní vlhkosti v jednotlivých ročních obdobích [10]	24
Obr. 36: Průběhy vnitřní a vnější teploty, koncentrace CO ₂ a relativní vlhkosti během srpna v jednotlivých provozech budovy [10].....	24
Obr. 37: Průběh vnitřní a venkovní teploty, koncentrace CO ₂ a relativní vlhkosti v průběhu 25. června 2014 [10].....	25
Obr. 38: Průběh vnitřní a venkovní teploty, koncentrace CO ₂ a relativní vlhkosti od 23. do 26. června 2014 [10].....	25
Obr. 39: Rozložení spotřeby energie do jednotlivých měsíců a jeho porovnání s délkou dnů v průběhu roku. [10].....	26
Obr. 40: Venkovní teplota – denní data v průběhu roku	27
Obr. 41: Venkovní teplota – hodinová data během zimního období.....	27
Obr. 42: Venkovní teplota – hodinová data během letního období.....	27
Obr. 43: Solární záření – denní data v průběhu roku.....	28
Obr. 44: Solární záření – hodinová data během zimního období	28
Obr. 45: Solární záření – hodinová data během letního období	28
Obr. 46: Rychlost větru – denní data v průběhu roku	29
Obr. 47: Rychlost větru – Hodinová data v zimním období.....	29
Obr. 48: Rychlost větru – Hodinová data v letním období.....	29
Obr. 49: Směr větru – denní data v průběhu roku	30
Obr. 50: Směr větru – Hodinová data v zimním období	30



Obr. 51: Směr větru – Hodinová data v letním období	30
Obr. 52: Atmosferický tlak – denní data v průběhu roku	31
Obr. 53: Atmosferický tlak – Hodinová data v zimním období	31
Obr. 54: Atmosferický tlak – Hodinová data v letním období	31
Obr. 55: Dispozice a rozdělení na zóny v 1.NP	32
Obr. 56: Dispozice a rozdělení na zóny v 2.NP,3.NP	33
Obr. 57: Dispozice a rozdělení na zóny v 4.NP	33
Obr. 58: Konstrukční schéma 1.NP	34
Obr. 59: Konstrukční schéma 2.-4.NP	34
Obr. 60: Skladby obvodových konstrukcí	35
Obr. 61: Skladby stropních konstrukcí	36
Obr. 62: Skladby vnitřních dělicích konstrukcí	36
Obr. 63: Provoz bytového domu – 2.NP,3.NP	37
Obr. 64: Provoz bytového domu – 4.NP	37
Obr. 65: Bytový dům – režim osazení obyvatel ve všední den	38
Obr. 66: Bytový dům – režim osazení obyvatel o víkendu	38
Obr. 67: Administrativní budova – režim osazení obyvatel ve všední den	38
Obr. 68: Větrání v bytovém domě v zimním období (garáž)	40
Obr. 69: Větrání v bytovém domě v zimním období (obývací)	40
Obr. 70: Větrání v bytovém domě v zimním období (garsonka)	40
Obr. 71: Větrání v bytovém domě v zimním období (ložnice)	40
Obr. 72: Větrání v bytovém domě v letním období (garáž)	41
Obr. 73: Větrání v bytovém domě v letním období (obývací)	41
Obr. 74: Větrání v bytovém domě v letním období (garsonka)	41
Obr. 75: Větrání v bytovém domě v letním období (ložnice)	41
Obr. 76: Větrání administrativní budovy ve všední den	42
Obr. 77: Větrání administrativní budovy o víkendu	42
Obr. 78: Větrání v bytovém domě bez regulace	42
Obr. 79: Model budovy v DesignBuilderu	48
Obr. 80: Vliv obvodových konstrukcí na roční průběh operativní teploty v BD s regulací.	50
Obr. 81: Vliv obvodových konstrukcí na průběh operativní teploty v BD s regulací v létě.	51



Obr. 82: Vliv obvodových konstrukcí na průběh operativní teploty v BD s regulací v zimě.	51
Obr. 83: Vliv příček na roční průběh operativní teploty v BD s regulací.	52
Obr. 84: Vliv příček na průběh operativní teploty v BD s regulací v létě.	53
Obr. 85: Vliv příček na průběh operativní teploty v BD s regulací v zimě.	53
Obr. 86: Vliv stropní konstrukce na roční průběh operativní teploty v BD s regulací.	54
Obr. 87: Vliv stropní konstrukce na průběh operativní teploty v BD s regulací v létě.	55
Obr. 88: Vliv stropní konstrukce na průběh operativní teploty v BD s regulací v zimě.	55
Obr. 89: Roční průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v BD s regulací.	56
Obr. 90: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v BD s regulací v létě.	57
Obr. 91: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v BD s regulací v zimě.	57
Obr. 92: Roční průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v BD bez regulace.	58
Obr. 93: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v BD bez regulace v létě.	59
Obr. 94: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v BD bez regulace v zimě.	59
Obr. 95: Roční průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v AB s regulací.	60
Obr. 96: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v AB s regulací v létě.	61
Obr. 97: Průběh operativní teploty v nejtěžší, nejlehčí a ref. var. v AB s regulací v zimě.	61
Obr. 98: Roční průběh operativní teploty u ref. var. BD s/bez regulace a AB s regulací.	62
Obr. 99: Průběh operativní teploty u ref. var. BD s/bez regulace a AB s regulací v létě.	63
Obr. 100: Průběh operativní teploty u ref. var. BD s/bez regulace a AB s regulací v zimě.	63
Obr. 101: Roční průběh operativní teploty u nejtěžší. var. BD s/bez regulace a AB s reg.	64
Obr. 102: Průběh operativní teploty u nejtěžší. var. BD s/bez regulace a AB s reg. v létě.	65
Obr. 103: Průběh operativní teploty u nejtěžší. var. BD s/bez regulace a AB s reg. v zimě.	65
Obr. 104: Roční průběh operativní teploty u nejlehčí. var. BD s/bez regulace a AB s reg.	66
Obr. 105: Průběh operativní teploty u nejlehčí. var. BD s/bez regulace a AB s reg. v létě.	67
Obr. 106: Průběh operativní teploty u nejlehčí. var. BD s/bez regulace a AB s reg. v zimě.	67



Seznam tabulek

Tab. 1: Teplotní extrémý	32
Tab. 2: Shrnutí měrné tepelné kapacity obvodových konstrukcí.....	35
Tab. 3: Shrnutí měrné tepelné kapacity stropních konstrukcí	36
Tab. 4: Shrnutí měrné tepelné kapacity vnitřních dělicích konstrukcí	36
Tab. 5: Shrnutí variant 01-05.....	50
Tab. 6: Shrnutí variant 01 a 06	52
Tab. 7: Shrnutí variant 01,07 a 06	54
Tab. 8: Shrnutí variant 01,08 a 09	56
Tab. 9: Shrnutí variant 11,18 a 19	58
Tab. 10: Shrnutí variant 21,28 a 29	60
Tab. 11: Shrnutí variant 01,11 a 21	62
Tab. 12: Shrnutí variant 08,18 a 28	64
Tab. 13: Shrnutí variant 09,19 a 29	66