

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb

Energetická náročnost rekonstruovaných budov

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Autor práce: Pavel Pavlíček

© 2018 ČZU Praha

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavel Pavlíček

Technologická zařízení staveb

Název práce

Energetická náročnost rekonstruovaných budov

Název anglicky

Energy consumption of reconstructed buildings

Cíle práce

Bakalářská práce je zaměřena zhodnocení tepelně technických vlastností budov, jejich energetickou náročností a posouzení možností vhodné rekonstrukce. Práce zahrnuje posouzení tepelné bilance budovy a vyhodnocení realizace provedené rekonstrukce na základě vlastního výpočtu a měření.

Metodika

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Metodika práce
- 4 Současný stav sledované problematiky
- 5 Vlastní řešení
- 6 Výsledky a diskuse
- 7 Závěr a doporučení
- 8 Seznam použitých zdrojů
- 9 Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran textu

Klíčová slova

Energie; izolace; měření; projekt; tepelné ztráty; stavba

Doporučené zdroje informací

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace.

Dahlsveen, T.-Petráš, D.-Hirš, J.: Energetický audit budov. Bratislava, 2003, 295 s.

Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s

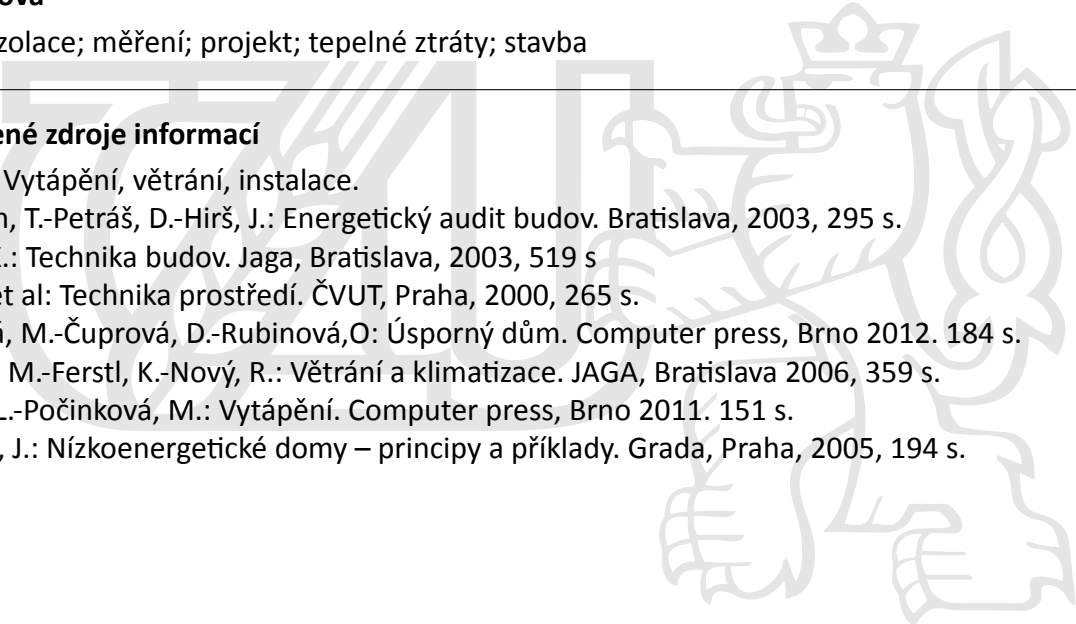
Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.

Počinková, M.-Čuprová, D.-Rubinová, O: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.

Székyová, M.-Ferstl, K.-Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006, 359 s.

Treuová, L.-Počinková, M.: Vytápění. Computer press, Brno 2011. 151 s.

Tywoniak, J.: Nízkoenergetické domy – principy a příklady. Grada, Praha, 2005, 194 s.



Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 18. 1. 2017

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Energetická náročnost rekonstruovaných budov“ vypracoval samostatně za použití pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů, na základě odborných konzultací s prof. Ing. Pavlem Kicem, DrSC.

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

Jsem si vědom, že má bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

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

V Praze dne 20. 3. 2018

.....

Abstrakt:

Cílem této bakalářské práce je shrnutí širších souvislostí, které jsou zásadní při rozhodovacím modelu snižování energetické náročnosti před započítáním rekonstrukce, zásady kontrol a následné shrnutí výsledku energetické bilance před a po rekonstrukci. Tyto souvislosti jsou v rámci této práce aplikovány na již zrekonstruované budově. Z důvodu odlišného charakteru budov a pohledu investora porovnáme rekonstrukci před zahájením stavebních prací s výsledky rekonstrukce a alternativní varianty rekonstrukce jednak z hlediska úsporných opatření, z ekonomického hlediska a porovnáme jejich celkovou skutečnou roční spotřebu energie se spotřebou vypočítanou.

Klíčová slova: energetický audit, tepelná bilance, spotřeba primární energie

Abstract:

The aim of this Bachelor's thesis is to summarize the broader contexts, which are essential in decision-making model of energy intensity reduction before starting of reconstruction, principles of control and the subsequent summary of the energy balance before and after reconstruction. These contexts are applied in the framework of this thesis on renovated building. Due to the different nature of the buildings and viewpoint of investors, we compare the results before starting of the building operations, the results of the reconstruction and alternative options, from the point of view of austerity measures and economy. We compare their total annual consumption of primary energy with the calculated value.

Key words: energy audit, heat balance, primary energy consumption

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Cíl práce	2
3.	Metodika	2
4.	Současný stav sledované problematiky	2
4.1	České stanovení metod	3
4.1.1	Vyhláška č. 78/2013 Sb.	4
4.1.1.1	Identifikační údaje budovy	5
4.1.1.2	Rozdělení budovy na zóny	5
4.1.1.3	Stavební konstrukce	6
4.1.1.4	Energetické systémy budov	6
4.1.2	Referenční budova	6
4.1.3	Hodnocení energetické náročnosti dle ČSN EN 15217	7
4.1.3.1	Klasifikace dle průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}	8
4.1.3.2	Klasifikace dle celkové dodané energie EP (někdy též Q_{fuel})	8
4.1.3.3	Klasifikace dle neobnovitelné primární energie NPE	9
4.1.4	Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)	9
4.2	Metody snížení energetické náročnosti	9
4.2.1	Střecha	10
4.2.1.1	Šikmá střecha	10
4.2.1.2	Plochá střecha	12
4.2.1.3	Zateplení nevytápěného podkroví	12
4.2.2	Obvodové stěny a fasády	13
4.2.2.1	Provětrávané fasády	13
4.2.2.2	Vnější kontaktní zateplovací systém	14
4.2.2.3	Obvodová izolace základových konstrukcí	15

4.2.2.4	Izolace podlahy nad sklepem	15
4.2.3	Otvorové výplně	16
4.2.3.1	Renovace stávajících	16
4.2.3.2	Nová okna.....	17
4.2.3.3	Osazení otvorových výplní	18
4.2.3.4	Zimní zahrady	19
4.2.4	Neprůvzdušnost	19
4.2.5	Technologická zařízení budov	21
4.2.5.1	Vytápění	21
4.2.5.2	Větrání.....	22
4.2.5.3	Využití slunečního záření.....	23
5.	Vlastní řešení	25
5.1	Objemové parametry budovy.....	25
5.2	Teplotní parametry.....	26
5.3	Obálka budovy	27
5.3.1	Výpočet tepelného odporu jednotlivých konstrukcí.....	27
5.3.2	Výpočet součinitele prostupu tepla a měrného tepelného toku.....	28
5.3.3	Výpočet prostupu tepla.....	32
5.4	Výpočet energie na vytápění	33
5.4.1	Výpočet potřeby tepla na vytápění.....	33
5.4.2	Měrný tepelný tok větráním H_v	34
5.4.3	Celkové tepelné zisky	37
5.4.3.1	Vnitřní tepelné zisky	38
5.4.3.1.1	Zisky od osob	40
5.4.3.1.2	Zisky od spotřebičů	40
5.4.3.1.3	Zisky od osvětlení	41

5.4.3.2	Celkové sluneční (solární) tepelné zisky.....	42
5.4.3.2.1	Solární zisky průsvitnými konstrukcemi.....	43
5.4.3.2.2	Solární zisky neprůsvitnými konstrukcemi.....	45
5.4.4	Stupeň využití tepelných zisků	45
5.5	Roční dodaná energie na vytápění	47
5.6	Výpočet potřeby energie na přípravu teplé vody	50
5.6.1	Stanovení potřeby vody	50
5.6.2	Výpočet tepla pro přípravu teplé vody	50
5.6.3	Tepelné ztráty v přípravě teplé vody	51
5.6.3.1	Tepelné ztráty rozvodu teplé vody	51
5.6.3.2	Tepelné ztráty zásobníku teplé vody	52
5.6.3.3	Tepelná ztráta přívodního a zpětného potrubí.....	52
5.7	Roční dodaná energie na přípravu teplé vody	52
5.8	Roční dodaná energie na osvětlení a spotřebiče	54
5.9	Celková dodaná energie	55
5.10	Rozdělení energie na jednotlivé energonositele.....	57
6.	Zhodnocení řešení.....	58
6.1	Hodnocení obálky budovy	58
6.2	Hodnocení dílčí dodané energie.....	59
6.2.1	Hodnocení dílčí dodané energie na vytápění.....	59
6.2.2	Hodnocení dílčí dodané energie na přípravu teplé vody.....	61
6.2.3	Hodnocení dílčí dodané energie na osvětlení.....	62
6.3	Hodnocení dodaných energií.....	62
6.3.1	Hodnocení celkové dodané energie.....	62
6.3.2	Hodnocení neobnovitelné primární energie.....	63
6.4	Hodnocení vypočtených a reálných hodnot energie.....	64

7.	Závěr a doporučení.....	65
8.	Seznam použitých zdrojů.....	67
9.	Seznam obrázků	69
10.	Seznam tabulek	69

Seznam příloh:

Příloha 1 – grafické znázornění PENB.....	i
Příloha 2 – Výpočty součinitele prostupu tepla a tepelných odporů.....	iii
Příloha 3 – tabulky pro výpočet tepelných zisků.....	vi
Příloha 4 – tabulky pro výpočet tepelné kapacity budovy.....	viii
Příloha 5 – Pohledy realizace	x

1. Úvod

Od pradávna žilo lidstvo v rovnováze s přírodou, která jim sloužila jako zdroj energie a obživy, čemuž odpovídal i charakter obydlí, jehož forma včetně energetické i technologické náročnosti byla podřízena místním klimatickým podmínkám a materiálovým zdrojům. Vyspělá civilizace v době průmyslové revoluce, která ovlivnila i historii staveb, pozapomněla na úsporu energií. [7]

Patrně prvním „nízkoenergetickým domem“ byla třístěžňová loď „Fram“ polárního badatele Fritjofo Nansena využívaná i Roaldem Amundsenem k expedicím na severní a jižní pól a popsána v autobiografickém díle badatele *Na severní točnu*. Loď navrhl a postavil roku 1883 Colin Archer. Jeho konstrukce obsahovala několik vrstev izolace z dehtované plsti, korkové výplně, dřevo a vzduchotěsné linoleum. Okna byla zasklena trojitými skly a větrnou elektrárnou tvořenou větrníkem a vrtulemi vyrobenými z plátna, kterou byla dodávána elektřina obloukovým lampám. [7]

Až na konci tisíciletí si lidé uvědomili nutnost snižování energetických náročností budov. V době jednoduchého sdílení informací o problémech působení lidské činnosti na životní prostředí, růstu populace a tím tedy i množství spotřebované energie. Tuto problematiku nijak nepodporují ani zprávy o vyčerpatelnosti fosilních paliv, které podporují růst cen energií. Vlivem toku informací, možná i dezinformací, je snaha snížit spotřebu energie. Zákonodárci neustále zpřísňují a doplňují normy, na které výrobci stavebních materiálů a technologií reagují velmi rychle, což vede k celé řadě možností či opatření k optimalizaci spotřeby energie určené k provozu budov. Tyto opatření ve většině případů ovšem působí pospolu a tedy je více než vhodné řešit je dohromady již od počátku plánování výstavby či rekonstrukce. Zákonitě to s sebou přináší nutnost podpory komunikace architektů, projektantů, techniků a jejich kooperaci vedoucí k požadovanému výsledku. [7]

2. Cíl práce

Cílem bakalářské práce je zhodnocení možných úsporných opatření a tepelně technických vlastností realizované budovy, rovněž posouzení energetické bilance a vyhodnocení volené realizace provedené rekonstrukce. V rámci této práce bude rovněž kladen důraz na technické možnosti redukce spotřeby energie při dodržení provozních a hygienických parametrů pohody prostředí. Na konci této práce bude navrženo doporučení či další relativní návrhy možností podporující snížení spotřeby energie dle výsledků praktické části, navázaných na získané informace v teoretické části.

3. Metodika

Na základě poznatků z literatury, vlastních úvah a měření bude proveden rozbor opatření, které vedly ke snížení energetické náročnosti realizované budovy. Porovnání bude provedeno dle výpočtů daných normou aktuální v době realizace a na základě těchto výpočtů bude provedena klasifikace budovy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., prostřednictvím programu použitého při návrhu realizované rekonstrukce. V závěru budou uvedena další energeticky úsporná opatření vedoucí ke snížení spotřeby energie.

4. Současný stav sledované problematiky

Snad každá osoba se snaží o co největší efektivnost při alokaci svých zdrojů. Ovšem často se v praxi setkáváme se snahou minimalizovat náklady už v prvotní části výstavby či rekonstrukce výběrem zhotovitele na základě cenové náročnosti, což není shledáváno v některých případech jako zcela objektivní kritérium. Nese to s sebou i možné nebezpečí dodavatelů staveb při najímání neprofesionálních dělníků s nedostatečným odborným zaměřením. Rovněž je zde kladen i značný důraz na rychlost, která se projevuje v kvalitě poskytovaných služeb. Jedním z problémů, jichž se může zhotovitel dopustit, je špatná návaznost tepelných izolací stavebních konstrukcí, následným nedokonalým zafoukáním montážní pěny a vzniku tepelného mostu či použitím tepelné izolace ze zahraničí, s nedostatečnou hodnotou součinitele tepelné vodivosti λ .

Snaha šetrně nakládat s energiemi není záležitostí pouze osob ve stavebnictví, jedná se o nadnárodní problematiku řešenou nejen Evropskou unií, ale i dalšími organizacemi. Podle směrnice 2010/31/EU činí podíl na spotřebě energie v Unii již 40% a tato hodnota stále narůstá. Při současné zástavbě nevhodných budov pak z energie na provoz budov připadají celé tři čtvrtiny na vytápění či chlazení. Při zhodnocení faktu, že potřebná energie je původem převážně ze zdrojů vyčerpatelných, je zřejmé, že náklady na provoz musí narůstat. [8]

4.1 České stanovení metod

Zavedení evropských směrnic přinesla změnu národních předpisů, například *Zákon o hospodaření energií č. 406/2000 Sb. Vyhláška č. 78/2013 Sb. O energetické náročnosti budov, Vyhláška č. 213/2001 Sb. O náležitostech energetického auditu.*

ČSN 73 0540-2 (730540) *Tepelná ochrana budov*, ve které jsou přehledně formulovány požadavky na teplotu vnitřních povrchů konstrukcí, zachycuje hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí. Nedílnou součástí je i hodnocení prostupu tepla obálkou budovy pomocí průměrného součinitele prostupu tepla s použitím referenční budovy a upravená kapitola popisující požadavky neprůvzdušnosti konstrukcí a požadavky na větrání. Dále se v této technické normě podrobně definují kategorie domů a řeší energetické štítky budov. [8]

Nízkoenergetický dům: jsou budovy s nízkou měrnou spotřebou tepla na vytápění dle ČSN 73 0540-2 do 50 kWh/(m².rok), čehož je dosaženo vhodným kompaktním tvarem budovy a velmi účinnou otopnou soustavou. U těchto domů je důležitá orientace domu vůči světovým stranám z důvodu efektivnosti solárních zisků. [9]

Pasivní dům: jsou budovy s velmi nízkou měrnou spotřebou tepla na vytápění dle ČSN 73 0540-2 do 15 kWh/(m².rok), dále je dán požadavek na celkovou neprůvzdušnost (viz kapitola 4.2.4) budovy $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ a současně celkové množství primární energie určené k provozu budovy nesmí překročit hodnotu 120 kWh/(m².rok). Tyto podmínky není lehké splnit a budovy, které nedosáhly některého z parametrů jsou označovány jako téměř pasivní dům. [9]

Domy s nulovou potřebou tepla na vytápění: jsou budovy s potřebou tepla na vytápění dle ČSN 73 0540-2 blízkou nule. Vzhledem k metodice výpočtů jsou takto někdy budovy označovány jako domy s téměř nulovou potřebou energie, které mají potřebu tepla na vytápění do 5 kWh/(m².rok). V těchto budovách jsou instalovány systémy využívající obnovitelné zdroje energie a na základě ročního součtu energií mohou být označovány jako téměř nulové, nulové nebo domy s energetickým přebytkem. [9]

4.1.1 Vyhláška č. 78/2013 Sb.

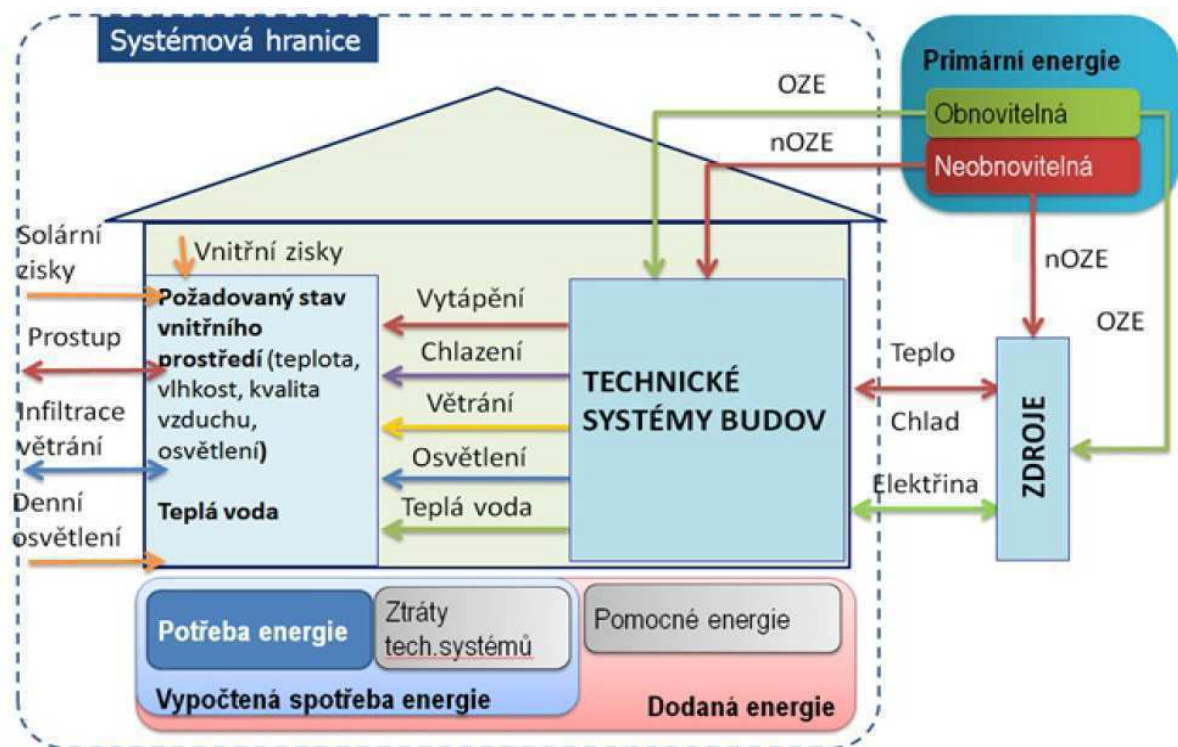
V roce 2013 vyšla v platnost Vyhláška č. 78/2013 Sb., která změnila princip zpracování hodnocení energetické náročnosti budovy ve smyslu normy ČSN EN 15217 „*Energetická náročnost budov – Metody pro vyjádření energetické náročnosti (dále jen EN) a pro energetickou certifikaci budov*“. Princip výpočtu je zobrazen na obrázku 1. Dle vyhlášky je zaveden nový postup porovnání ukazatelů energetické náročnosti hodnocené budovy s ukazateli referenční budovy.

Pro Českou republiku byly v rámci normy ČSN EN 15217 a nově zavedené ukazatele energetické náročnosti:

- a) celková primární energie za rok,
- b) neobnovitelná primární energie za rok,
- c) celková dodaná energie za rok,
- d) dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok,
- e) průměrný součinitel prostupu tepla,
- f) součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,
- g) účinnost technických systémů.

Z důvodu značné náročnosti problematiky a možností různorodé metodiky práce s koeficienty, byly z důvodu porovnatelného hodnocení budovy vytvořeny podpůrné programy, které eliminují možnosti chyb, čímž stanoví jednotná kritéria pro posouzení budovy. [2]

Obrázek 1: Princip výpočtu energetické náročnosti dle Vyhlášky 78/2013 Sb.



*Zdroj: [9]

4.1.1.1 Identifikační údaje budovy

Jde o první vstupy, které definují místo, vlastníka budovy případně fotografii budovy. Na rozdíl od předešlého způsobu hodnocení se dle vyhlášky 78/2013 Sb. nestanovuje poloha budovy ve vazbě na klimatickou oblast. Hodnocená i referenční budova je zatížen jednotnými klimatickými podmínkami, tedy jsou použita jednotná klimatická data ve výpočtech, jež jsou uvedena v TNI 730331, příloha C. [2]

4.1.1.2 Rozdělení budovy na zóny

Rozdělení výpočetního modelu do zón znamená geometrické rozdělení budovy na jednotlivé části na základě specifického ovlivnění výsledné vyšší potřeby a spotřeby energie. Tyto části je třeba rozčlenit a počítat separátně za předpokladu vzájemné interakce. Dělí se do zón pokud [2]:

- zásobování je ze stejných energetických systémů budovy,
- užívání je různé v souladu se standardizovanými podmínkami vnitřního a venkovního prostředí a provozu stanoveného v platných technických normách a jiných předpisech.

4.1.1.3 Stavební konstrukce

Ve stavební část jsou popsány pomocí charakteristik stavební konstrukce a jejich tepelně technické vlastnosti příslušné zóny, jedné či několika, čímž se definuje výše potřeb energie. Každá stavební konstrukce musí splňovat minimální požadavky na součinitele prostupu tepla U_N , které stanovuje norma ČSN 73 0540-2, dále v kapitole 5.3.2. [2]

4.1.1.4 Energetické systémy budov

Definováním jednotlivých energetických systémů je zajištěno pokrytí potřeby energie prostřednictvím dodané energie od výrobce do místa odběru, nebo-li účinnost jejího užití. Jde o popis systémů TZB, například systému vytápění, přípravy teplé vody a definování soustavy solárních kolektorů. Otopná soustava a zdroj tepla definuje jejich účinnosti, které jsou chápány jako využitelná energie a je dopravena ze zdroje do místa spotřeby energie. [2]

Tyto účinnosti by měli být vyšší nebo rovny účinnostem systému referenční budovy dané Vyhláškou 78/2013 Sb.

4.1.2 Referenční budova

Vyhláška č. 78/2013 Sb. zavádí pojem referenční budova, která je vůči hodnocené budově definována pomocí několika málo robustních referenčních parametrů, které vylučují nevýhody hodnocení ENB na základě Vyhlášky č. 148/2007 Sb. Zároveň tyto parametry paralelně nekopírují výpočet ENB. Zadávané parametry systémů budov jsou vždy úspornější, než referenční parametry, které identifikují systémové řešení vedoucí k redukci spotřeby. Hodnocení ENB nekontroluje správné užití referenčního parametru, čímž může být v porovnání s referenční budovou efektivnější i budova s chybně navrženým systémovým řešením. [2]

Referenční budova představuje výpočtově definovanou budovu téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí. Je stejně osazena na pozemek vůči orientaci ke světovým stranám a stínění okolní zástavbou i přírodními překážkami. Vnitřní dispozice je shodného uspořádání, totožným typickým užíváním a uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami definovanými parametry vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy. [2]

Tabulka 1: Ukázka parametrů referenční budovy

Vytápění		
Účinnost výroby energie zdroje tepla	$\eta_{H,gen,R}$	80%
Účinnost distribuce energie na vytápění	$\eta_{H,dis,R}$	85%
Účinnost sdílení energie na vytápění	$\eta_{H,em,R}$	80%
Příprava teplé vody		
Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody	$\eta_{W,gen,R}$	85%
Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody vztažená k objemu zásobníku v litrech s celkového objemu 400 litrů	$Q_{W,st,R}$	7 Wh/(l.den)
Měrná tepelná ztráta rozvodů teplé vody vztažená k délce rozvodů teplé vody	$Q_{W,dis,R}$	150 Wh/(m.den)
Osvětlení		
Průměrný měrný výkon pro osvětlení u rodinných a bytových domů vztažený k osvětlenosti zóny	$p_{L,lx,R}$	0,05 W/(m ² .lx)
Průměrný měrný příkon pro osvětlení u ostatní budov vztažený k osvětlení zóny	$p_{L,lx,R}$	0,1 W/(m ² .lx)
Činitel závislosti na denním světle	$F_{W,R}$	1
Solární systém		
Referenční budova nedisponuje systémem produkce energie z OZE, z tohoto důvodu nemá solární systém v hodnocené budově protiklad v referenční budově		

*Zdroj: [10]

4.1.3 Hodnocení energetické náročnosti dle ČSN EN 15217

Nové budovy musí splnit současně tři ukazatele EN, podle tabulky 3.1, ukazatele neobnovitelné primární energie, celkovou dodanou energii a průměrný součinitel prostupu tepla. Pro budovy rekonstruované, respektive při větší změně dokončené budovy je možností více, podle tabulky 2, o ukazatele neobnovitelné primární energie nebo celkové dodané energie a průměrný součinitel prostupu tepla. Ostatní uvedené body jsou informativní a požadavek na jejich splnění není určen, přičemž dílčí dodané energie pro TZB se informativně udávají v PENB.

Tabulka 2: Požadavky na splnění ukazatele energetické náročnosti

Ukazatel energetické náročnosti	Požadavek na splnění ukazatele energetické náročnosti				
	Nové budovy	Rekonstruované budovy			
		možnost 1	možnost 2	možnost 3	Možnost 4
Neobnovitelná primární energie	X	X			
Celková dodaná energie	X		X		
Průměrný součinitel prostupu tepla	X	X	X		
Účinnosti měněných prvků TZB				X	
Dílčí součinitel prostupu tepla měněných prvků					X

*Zdroj: [10]

Z důvodu lepší přehlednosti a porovnatelnosti se stanovené ukazatele ENB, respektive jejich měrné ukazatele, zařazují do klasifikačních tříd určených jejich horní hranicí. Tyto třídy jsou dány měrnou energií či průměrným prostupem tepla referenční budovy násobeným koeficientem dle tabulky 3 a porovnán dané měrné energie či průměrným prostupem tepla hodnocené budovy. [2]

Tabulka 3: Třídy energetické náročnosti budov ER

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy		Slovní vyjádření klasifikační třídy
	Energie	U_{em}	
A	0,5 x ER	0,65 x ER	Mimořádně úsporná
B	0,75 x ER	0,8 x ER	Velmi úsporná
C	ER		Úsporná
D	1,5 x ER		Méně úsporná
E	2 x ER		Nehospodárná
F	2,5 x ER		Velmi nehospodárná
G			Mimořádně nehospodárná

*Zdroj: [10]

4.1.3.1 Klasifikace dle průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}

Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} včetně referenčního ukazatele $U_{em,R}$, lze použít i výpočetní nástroj NKN 3.01 nebo energie. V případě vícezónové budovy jsou U_{em} a $U_{em,R}$ stanoveny pro každou zónu zvlášť, výsledná hodnoty parametrů se stanoví váženým průměrem z parametrů pro zónu 1 a zónu 2 prostřednictvím objemů těchto zón. Požadavek energetické náročnosti EN je splněn, pokud podíl U_{em} a $U_{em,R}$ je menší než 1, a může být zařazen do klasifikace.

$$EN = \frac{U_{em}}{U_{em,R}} \leq 1 \quad (1)$$

V případě, kdy EN je rovno nebo větší 1 je klasifikační třída vyšší než C, čímž není splněna podmínka Vyhlášky č. 78/2013 Sb. a budova nemůže být postavena. [2]

4.1.3.2 Klasifikace dle celkové dodané energie EP (někdy též Q_{fuel})

Obdoba dle 4.1.3.1 je ukazatel EN pro hodnocení stanoven podílem celkové dodané energie do hodnocené budovy EP a do referenční budovy EP_R . Změnou oproti Vyhlášce 148/2007 Sb. je započítání energie získané z okolního prostředí nebo slunce do celkové dodané energie. [2]

4.1.3.3 Klasifikace dle neobnovitelné primární energie NPE

Ukazatel EN pro hodnocení neobnovitelné primární energie, v některé literatuře a na obrázku 1 označen jako *nOZE*, je stanoven součtem součinnů dodané energie po jednotlivých energonositelích a příslušných faktorech primární energie dle Přílohy č.3 Vyhlášky 78/2013 Sb. [9], [2]

4.1.4 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

Průkaz energetické náročnosti budov je někdy laickou veřejností označován jako energetický štítek, ale spíše se jedná o dokumentaci hodnotící spotřebu budovy. Je tvořena třemi částmi, ve kterých je prezentováno hodnocení energetické náročnosti budovy číselně i graficky. Je zde provedena identifikace budovy a její technické vlastnosti, informace o klimatickém prostředí a údaje o vnitřním prostředí, rovněž i vstupní informace o technickém zařízení instalovaném v budově. [2]

Náležitosti průkazu energetické náročnosti budov:

1. Grafické znázornění PENB
2. Protokol PENB
3. Analýza energetické potřeby budov

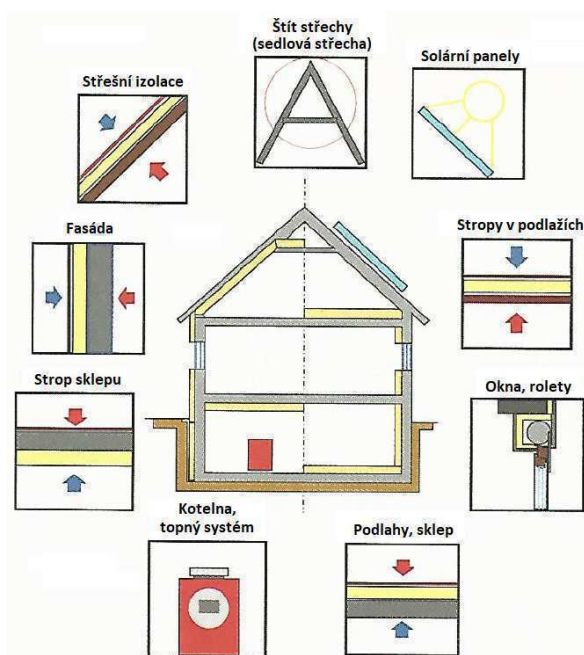
Grafické znázornění průkaz energetické náročnosti hodnocené budovy je v Příloze 1.

4.2 Metody snížení energetické náročnosti

Pokud není celková rekonstrukce nutná a investor nemá dostatek financí či nedosáhne na půjčku v požadované výši pro pokrytí dané rekonstrukce, je v řadě případů možné rekonstrukci rozdělit do jednotlivých etap. V takovém případě je nutné vše předem naplánovat, aby se eliminovaly ztráty, které mohou vzniknout v případě špatné posloupnosti řemesel.

K účinným opatřením úspor budovy patří rekonstrukce vytápění, renovace nebo výměna stavebních výplní, izolace obálky budovy, instalace fototerických případně fotovoltaických systému a změny větrací aklimatizační techniky. Základní opatření pro dosažení energetických úspor jsou zobrazeny na obrázku 2. [9]

Obrázek 2: Prvky rekonstrukce na domě



*Zdroj: [9]

4.2.1 Střecha

Rozhodujícím faktorem zateplení střechy je účel podkroví. Je-li v plánu obytné podkroví, je nutné zateplit střešní konstrukci, což s sebou nese i nutnost prověření střešní konstrukce z důvodu možného napadení škůdci nebo pro nevyhovující stav dřevěných prvků. Následná oprava těchto konstrukcí by byla velmi nákladná. Podobně je tomu i u střešních krytin, kdy je řešeno zabránění zatékání a poškození stavebních prvků. Princip zateplení půdního prostoru je obecně znázorněn na obrázku 2 v levé části od osy domu. [9]

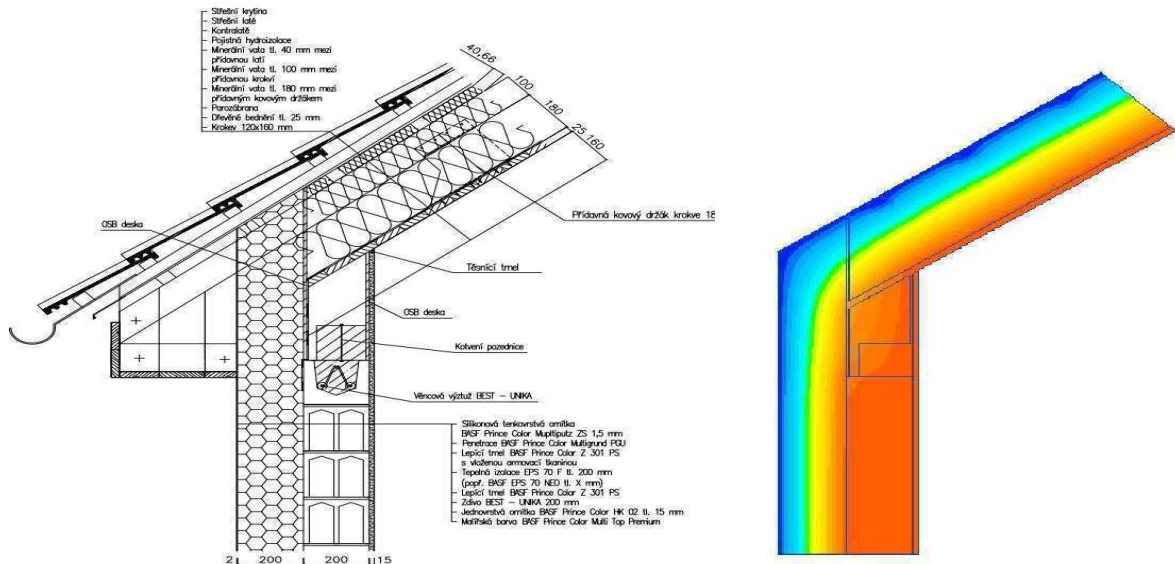
V případě neobytného podkroví je finančně výhodnější zateplit pouze strop nad nejvyšším obytným patrem a ponechat půdní prostor jako tzv. studenou střechu. Princip zateplení stropu nad nejvyšším obytným patrem je obecně znázorněn na obrázku 2 v pravé části od osy domu. Dobře izolovaná střecha může snížit tepelné ztráty o 15 až 20 procent. [9]

4.2.1.1 Šikmá střecha

Šikmou střechu je možné zateplit ze strany exteriéru, pomocí nadkrokevní izolace zobrazené na obrázku 3 včetně simulace prostupu tepla. Tato varianta je všeobecně efektivnější z důvodu napojení izolace přímo na izolaci vnějších vertikálních konstrukcí, čímž zamezíme vzniku tepelných mostů v prostoru pozednice, tedy místa napojení nosných stěn a střešní konstrukce a zároveň zde není narušena tepelně izolační vrstva nosnou částí střechy.

V tomto případě je i principiálně jednodušší zajistit opatření pro vzduchotěsnost budovy viz kapitola 4.2.4. [9]

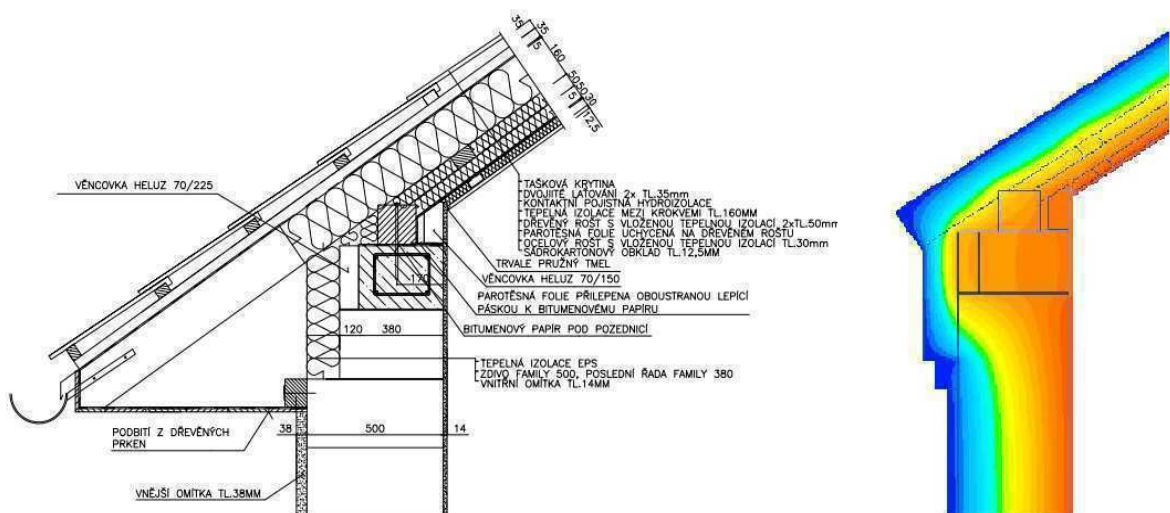
Obrázek 3: Zateplení šikmé střechy nad krokviemi



*Zdroj: [11], [12]

Zateplení mezi krokviemi lze poměrně snadno realizovat a v případě, kdy není nutná rekonstrukce střešního pláště i poměrně levná. Je nutné využít celého průřezu krokevního trámu bez vzduchové mezery. Je vhodné jako izolační materiál použít desky z minerální vlny a dále použít zateplení podkrokovní. Nevýhodou je nehomogenita izolační vrstvy, kdy je nutné použít roštů k výstavbě obytného podkroví, jak je vidět na obrázku 4 včetně simulace prostupu tepla. [9]

Obrázek 4: Zateplení šikmé střechy mezi a pod krokviemi



*Zdroj: [11], [12]

Ve většině případů se pro izolaci šikmých střech používá izolace z minerálního vlákna buď ve formě plstěné role nebo desky. A však jsou i speciální systémy, například PIR izolační desky nebo aplikace nástřikem tzv. chytré pěny.

4.2.1.2 Plochá střecha

Plochá střecha je definována jako střecha s maximálním sklonem do pěti stupňů. Oproti šikmým střechám se jedná o levnější variantu, která s sebou nese řadu výhod, ale i nevýhod. Mezi výhody patří kromě ceny i možnost vytvoření takzvané zelené střechy, která je poměrně levná a žádaná v městských zástavbách. [9] Její nevýhodou je instalace solárních systémů na speciální konstrukce pro dodržení náklonu vůči slunci. [21] Jako izolační materiál plochých střech je vhodné volit izolační desky z polyuretanové pěny PUR, tedy XPS a EPS.

Jednoplášťová plochá střecha je neodvětrávaná střešní konstrukce s umístěním nad vytápěným prostorem a klade se zde velký důraz na kvalitní provedení parozábrany, což vede nejprve k odstranění původní izolace. [9]

Dvouplášťová plochá střecha je s odvětrávanou mezerou, většinou s malým sklonem, kde vrchní plášť je nosný s krytinou proti povětrnostním podmínkám. Na spodním plášti je umístěna izolační vrstva. V případě rekonstrukce jsou možné dvě varianty provedení. První možností je demontáž vrchního pláště a následná izolace spodní část, druhá naopak navrhuje plášť nedemontovat a nechat si prostor zafoukat izolačním materiálem s ohledem na parobrzdnou zábranu. [9]

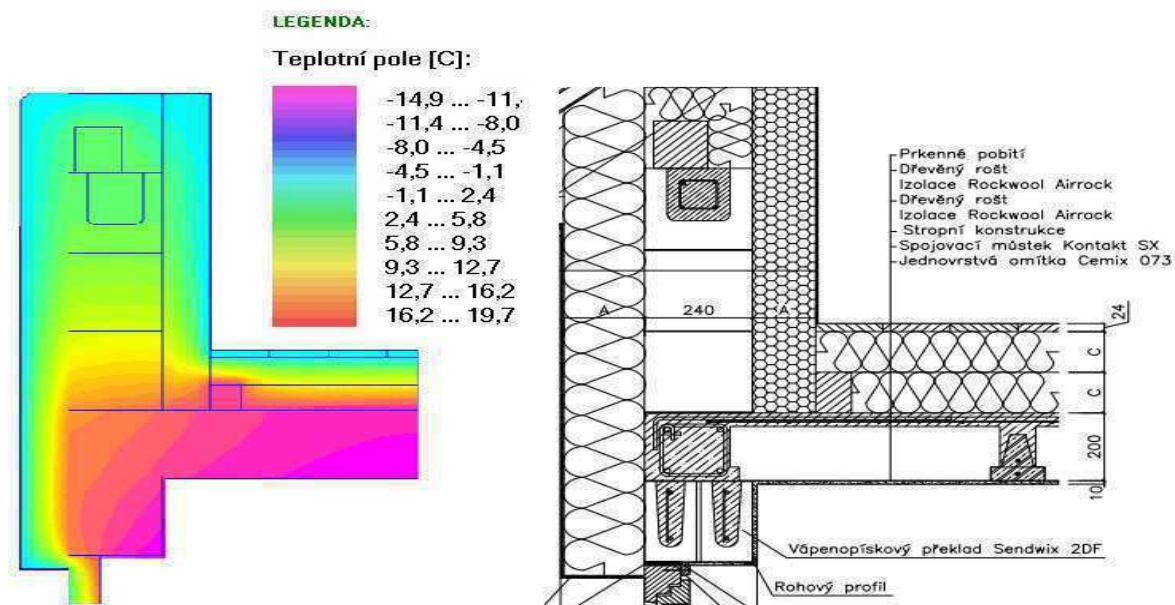
4.2.1.3 Zateplení nevytápěného podkroví

Jde o účinné a levné zateplení stropů nad nejvyšším obytným patrem v případech, kdy není uvažována půdní vestavba. U otevřených trémových stropů je izolace umístěna mezi trámy tak, aby se splnil normou stanovený součinitel tepelné propustnosti dle tabulky 10 a překryje se vrstvou OSB desek tak, aby půdní prostor byl i nadále pochozí. V případě, kdy by nebyl dostatek místa pro vrstvu izolace tak, aby byl součinitel splněn, je možné zhotovit dřevěný rošt, čímž se získá dostatek místa a splnění požadavku normy. Jako izolace se ve většině případů používá difuzně otevřená izolační plst. [9]

V ostatních příkladech včetně betonových stropů je možné volit materiál odolný na tlak a přímo se pokryje OSB deskami, nebo se vytvoří dřevěný rošt obdobný trémovému stropu.

[9] Na obrázku 5 je vidět princip zateplení a prostup tepla konstrukcí do nevytápěného podkroví včetně počítačové simulace prostupu tepla.

Obrázek 5: Zateplení nevytápěného podkroví s průběhem teplot



*Zdroj: [11], [12]

4.2.2 Obvodové stěny a fasády

V případě rekonstrukcí je problematika obálky budovy náročnější. Je nutná analýza nosné konstrukce a konstrukce obálky budovy a definovat složení těchto konstrukcí včetně homogenity. V průběhu stavebních prací se však můžeme setkat se stavem, kdy z vnější strany je konstrukce kamenná s vnější stranou z plných cihel. U obvodových stěn je nutné splnit normou stanovený součinitel tepelné propustnosti dle tabulky 10.

4.2.2.1 Provětrávané fasády

Vícevrstvá vnější stavební konstrukce, jejíž pohledová vrstva slouží jako ochrana před vnějšími vlivy počasí. Dle DIN 18156-1 je konstrukce složena z vnějšího obložení fasády, provětrávací zóny, tepelné izolace a spodního nosného roštu. Předností této fasády je možnost využití vnější vrstvy pro solární panely. Další předností je pak vyvětrání vlhkosti difundované mezi izolací a pláštěm v prostoru provětrávací zóny. [9] Skladba provětrávané fasády je zobrazena na obrázku 6, kde je použit systém firmy Novabrik.

Obrázek 6: Zateplení nevytápěného podkroví



*Zdroj: [13]

4.2.2.2 Vnější kontaktní zateplovací systém

Vnější kontaktní zateplovací systém neboli VKZS či ETICS je v dnešní době nejběžněji se používající metodou zateplen. Izolační desky převážně z tvrzeného pěnového polystyrenu, minerální vlny nebo minerální pěny se přilepí na očištěnou stávající nosnou konstrukci. Případně je možné desky mechanicky ukotvit speciální kotvou nebo kombinací lepení a kotvení. Následuje vrstva lepidla s výstužnou tkaninou, na niž je aplikována nová omítka.

Obrázek 7: Zateplení nevytápěného podkroví



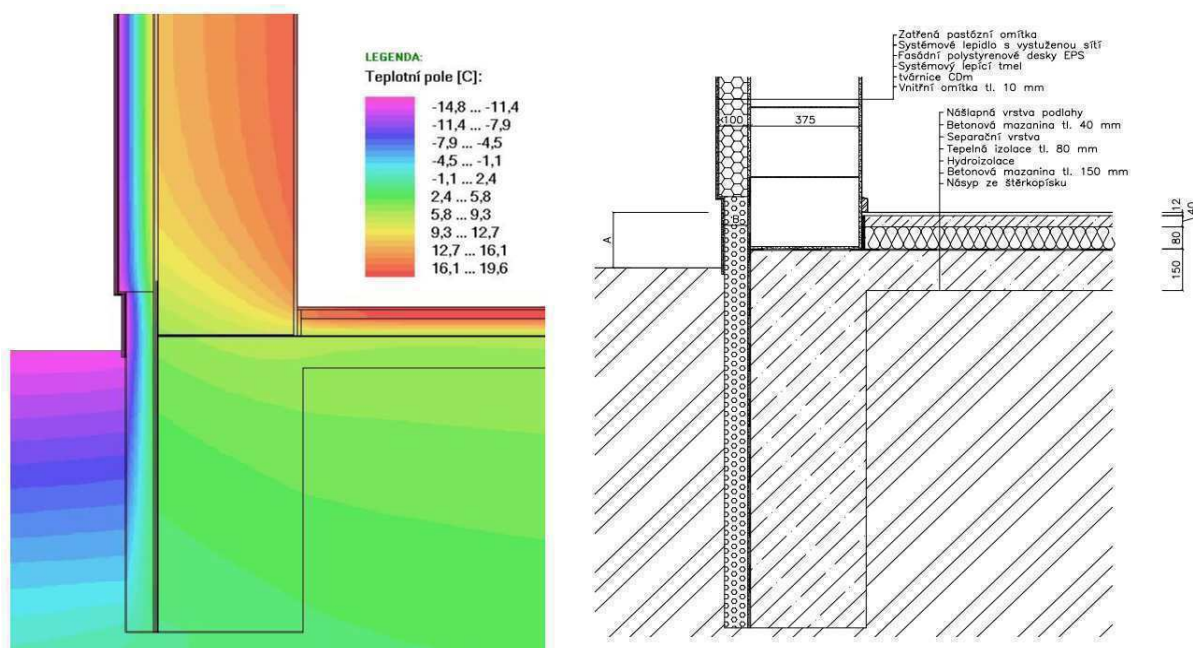
*Zdroj: [14]

Materiály používané pro VKZS musí být certifikovány, především se certifikace týká lepidel. Provedení musí plnit požadavky normy ČSN 73 2901 a předpisy výrobce. [9][14]

4.2.2.3 Obvodová izolace základových konstrukcí

Jedná se o plochy stěn budov v přímém kontaktu se zeminou na vnějším obvodu ve spodní části budovy. V případě zateplení základových konstrukcí se používá tepelná izolace převážně v podobě extrudovaného polystyrenu XPS, jež se instaluje z vnější strany. Zároveň je vhodné použít nopové fólie jako izolaci proti vodě. Na obrázku 8 je zobrazena izolace základových konstrukcí pomocí polystyrenu XPS z vnější strany s přechodem na polystyren EPS zateplení fasády. [9]

Obrázek 8: Zateplení obvodových stěn základových konstrukcí s průběhem teplot

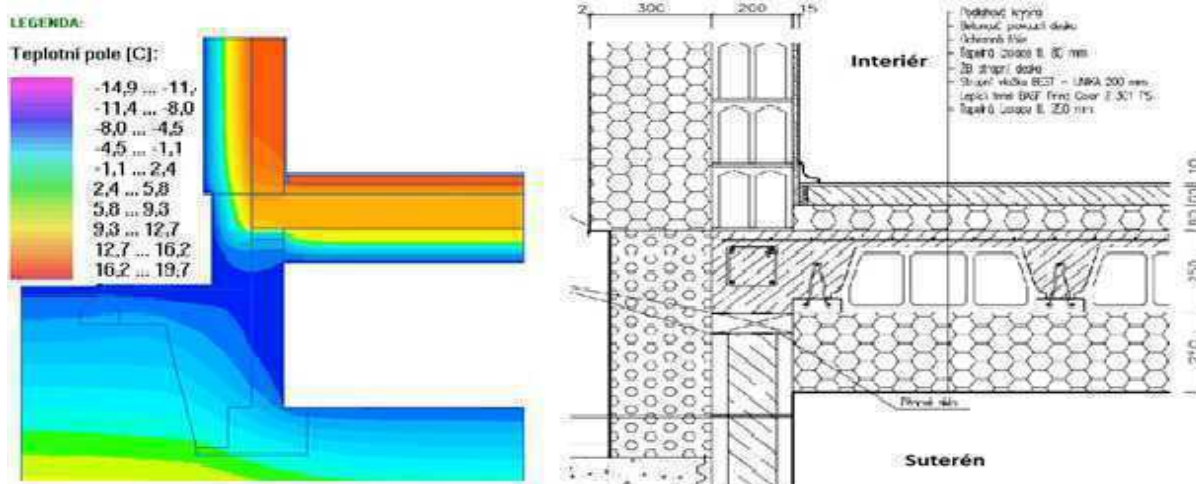


*Zdroj: [11], [12]

4.2.2.4 Izolace podlahy nad sklepem

V případě neizolované podlahy, kdy je pod podlahou nevytápěný sklep nebo je podlaha položena na zemině, uniká tudý až 6 procent tepelné energie. Ve většině případů rekonstrukcí jsme omezeni stavební výškou podlahy. Izolačním materiálem může být extrudovaný polystyren XPS nebo podlahové desky z minerální plsti. V případě nevytápěného suterénu je možné užít vnitřní zateplovací systém a izolovat tak podlahu patra nad sklepem dle obrázku 9.

Obrázek 9: Zateplení podlahy nad sklepem s průběhem teplot



*Zdroj: [11], [12]

4.2.3 Otvorové výplně

Otvorové výplně, jako jsou například, okna, dveře a vrata, oddělují vnitřní vytápěné prostředí od vnějšího a jsou tedy vystaveny teplotním rozdílům, slunečnímu záření, větru a dalším přírodním vlivům. Jsou zdrojem tepelných ztrát, a to až ze 40 % z celkové tepelné ztráty. Z hlediska energetické náročnosti je velmi důležitý součinitel prostupu tepla otvorové výplně, který přímo ovlivňuje tepelné ztráty prostupem viz kapitola 5.3.2. V platné legislativě České republiky jsou požadavky na součinitele prostupu tepla požadované a doporučené hodnoty uvedeny v 10. [7]

Současně jsou důležité i další faktory, například podíl zasklení na celkové ploše okna a propustnost slunečního záření ovlivňující tepelné zisky z prosklených konstrukcí viz kapitola 5.4.3.2.1. Obdobně tomu je u orientace vůči světovým stranám. Obecně je možné konstatovat, že prosklené konstrukce orientované na východ, západ a jih působí efektivněji, než velké otvorové výplně na sever z hlediska tepelných zisků. Vhodná je i možnost stínící techniky, kdy je možné dočasné stínění v době, kdy je třeba redukovat solární zisky z důvodu možného přehřívání prostoru a narušení tepelné pohody prostředí. [7]

4.2.3.1 Renovace stávajících

V dnešní době není příliš obvyklý požadavek investora na zachování původních oken, zejména pokud se jedná o produkty ze dřeva. A však tento požadavek může stanovit odbor památkové péče v rámci závazných stanovisek a rozhodnutí k úpravám kulturních a historických budov. [9]

4.2.3.2 Nová okna

Při výměně celých oken je možné volit rozdělení oken, tedy dělení jednotlivých křídel a jejich možnosti otevírání. S tím je spojen korekční činitel zasklení okna $F_{gl,k}$ viz vzorec 29.

Plastová okna: jejich značnou výhodou je nízká cena a snadná údržba, což vede i ke značnému podílu realizací. Na významu nabývá jejich nedostatečná tepelně izolační vlastnost, na čemž má podíl hlavně kovová výztuž z ocelových profilů. Výrobci oken se snaží tepelnou ochranu plastových oken zlepšovat prostřednictvím zvýšení počtu mezer a jejich výplní, což má negativní vliv na stavební hloubku a tím i spojené tepelné zisky. [9]

Dřevěná okna: v dnešní době se často nabízejí lepené profily, tzv. lamely, s vnějším hliníkovým povrchem. Dřevo všeobecně lidé vnímají jako příjemné pro vnitřní prostředí s kvalitními tepelně izolačními vlastnostmi a dobrou akustickou izolací. [9]

Hliníková okna: obecně mají horší tepelně izolační vlastnosti a však se oproti plastovým méně deformují při vyšších hmotnostech. To je vhodné zejména při velkých stavebních otvorech a požadavku na co největší otevíravou plochu. Další výhodou pak je delší životnost oproti ostatním. [9]

Zasklení: dnes je široký výběr z mnoha dezénů, barev a tónování skel, možností pokovení a vložení odrazových fólií, které odráží teplo směrem ke zdroji tepla. I mezera mezi jednotlivými skly může být vyplněna inertním plynem. Všeobecně má zasklení lepší tepelně izolační vlastnosti než rám okna. V současnosti se standardně používá izolační dvojsklo, které bylo použito i v případě rekonstrukce. Důležitým parametrem zasklení je i celkový činitel prostupu sluneční energií g [-]. [9]

Celkový součinitel prostupu tepla oknem U_w [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] [3] stanovený dle vzorce

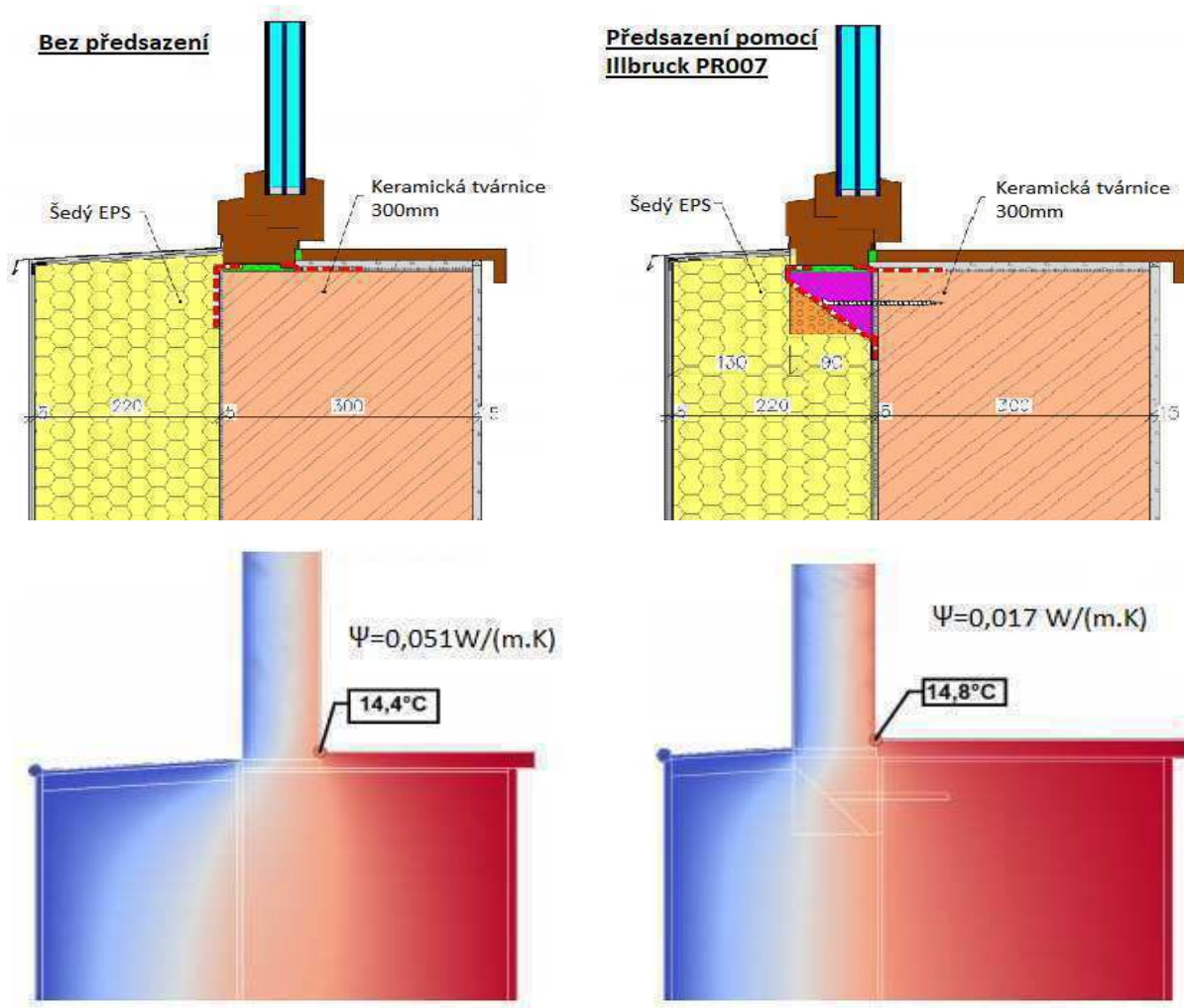
$$U_w = \frac{U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + \Psi_g \cdot l_g}{A_g + A_f} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (2)$$

Kde U_g ... součinitel prostupu tepla zasklením [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
 A_g ... plocha zasklení [m^2]
 U_f ... součinitel prostupu tepla rámem a křídlem [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
 A_f ... plocha rámu a křídla [m^2]
 Ψ_g ... lineární ztrátový součinitel [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
 l_g ... obvod zasklení v křídle [m]

4.2.3.3 Osazení otvorových výplní

Vliv osazení na tepelně technické vlastnosti oken má nemalý význam, nejen že musí být provedena odborně z důvodu eliminace tepelných mostů a napojení na jednotlivé izolační vrstvy. Dalším důvodem je kvalitní utěsnění oken, tzv vzduchotěsnost, která je hodnocena pomocí Blowdoor testu a je normou omezena u pasivních domů. Pro tyto účely se používají parotěsné interiérové pásky a speciální exteriérové fólie. Velmi důležitá je i rovina instalace otvorové výplně, jak je ukázáno na obrázku 10. [9]

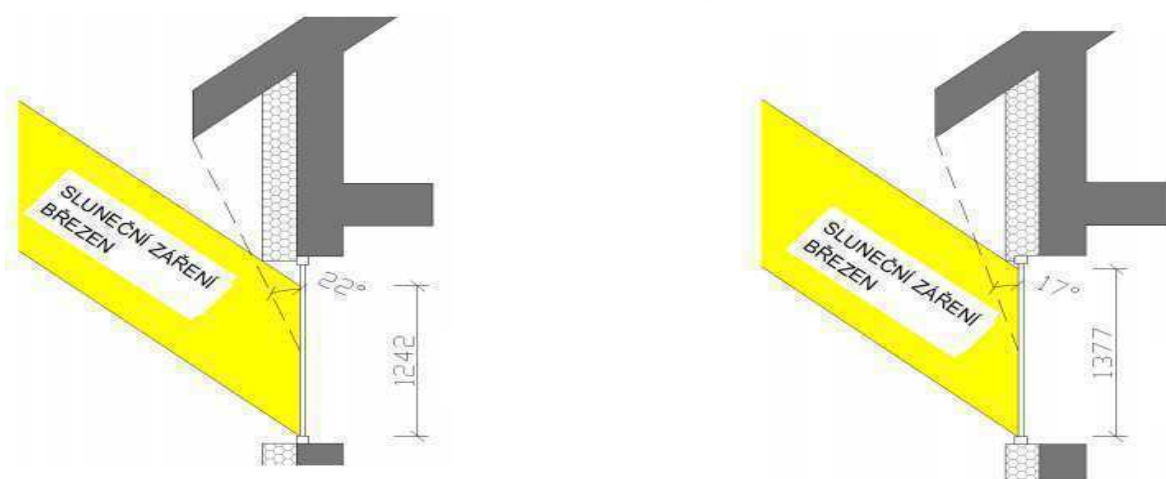
Obrázek 10: Princip osazení okna a změna tepelného toku



*Zdroj: [15]

Z předešlé simulace v programu firmy DEKSOFT je patrné, že vliv osazení otvorové výplně na zvýšení pasivních solárních zisků i na snížení lineárního ztrátového součinitele je velký a předsazení je prospěšné. Vliv pasivních zisků, tedy korekční činitel stínění okna pevnými překážkami $F_{sh,ob,k}$ [-] je zobrazen na obrázku 11.

Obrázek 11: Princip osazení okna a změna tepelného toku

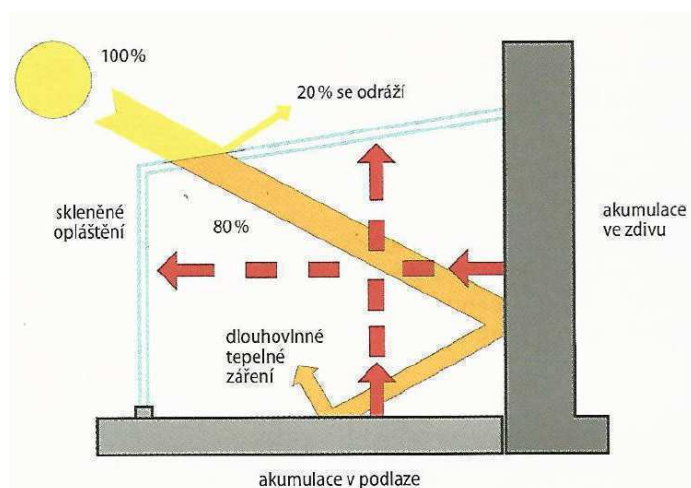


*Zdroj: [15]

4.2.3.4 Zimní zahrady

Zimní zahrady jsou prosklené místnosti s různým účelem využití. Užítí skleníkového efektu je zobrazeno na obrázku 12. Skleníkový efekt zajistí přijatelnou teplotu v místnosti. V létě to však může vést k nežádoucímu zvýšení teploty interiéru, protože sklo je pro krátkovlnné sluneční záření téměř dokonale propustné. Toho se užívá ve výpočtech tepelných zisků dle normy ČSN 06 0210. [9]

Obrázek 12: Princip zimní zahrady ve spojení se solárními zisky



*Zdroj: [9]

4.2.4 Neprůvzdušnost

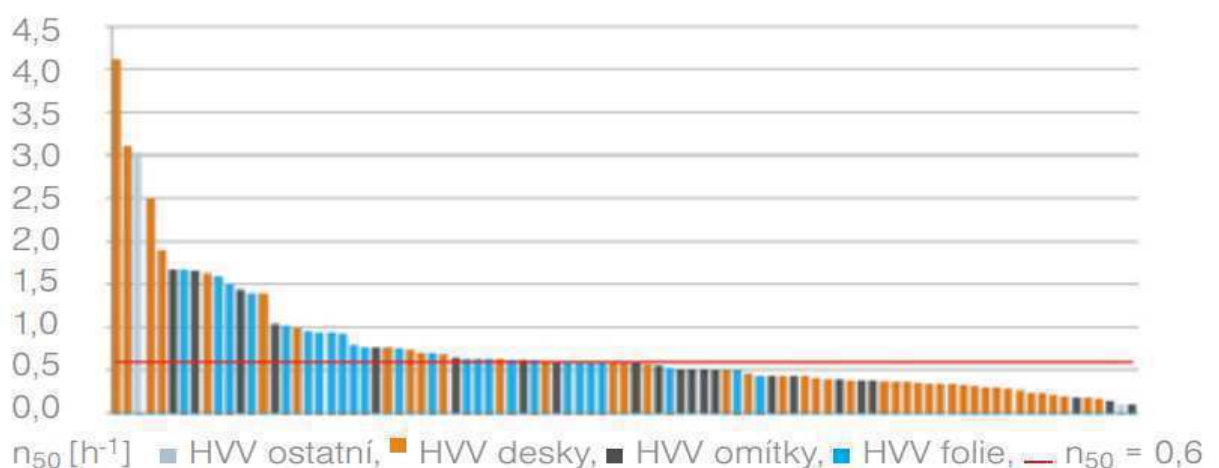
Mezi interiérem a exteriérem je přirozený rozdíl tlaku vzduchu vyvolaný rozdílem teplot a hustotou vzduchu, přičemž teplejší vzduch z interiéru má tendenci unikat do chladnějšího

exteriéru přes různé netěsnosti jako nedostatky v konstrukčních detailech, infiltrací spár oken a dveří, ventilačními otvory nebo otvory pro odvod vzduchu u digestoře. Dalším ovlivňujícím faktorem je nápor nebo sání větru podle směru působení na budovu. Platí, že čím lépe je obálka budovy zateplená, tím větší je vliv lokálních netěsností. Technická norma ČSN 73 0540 uvádí doporučené hodnoty neprůvzdušnosti obálky a definuje intenzitu výměny vzduchu n_{50} [h^{-1}]. Ta uvádí, kolik procent vzduchu je přípustné obměnit v budově všemi netěsnostmi za hodinu. [7]

Nejrozšířenějším měřením v České republice je metoda tlakového spáru, tzv. Blower-door test, jenž je dán normou ČSN EN 13859. Jsou ustaveny dva typy testů, TEST A se provádí v době dokončené stavby k ověření parametrů jako součást přejímkového řízení. TEST B se provádí v době rozestavěnosti stavby či rekonstrukce, kdy jsou parotěsné roviny obnažené a lze je v případě nekvalitního provedení opravit. Samotný test probíhá za spolupráce stavební firmy a specialisty odpovědnými za měření, cílem je provizorní utěsnění funkčních otvor. Do vstupních dveří se instaluje teleskopický rám s plachtou a vysokootáčkovým ventilátorem napojeným na měřící techniku. Podstatou testu je měření množství proniklého vzduchu při různých hodnotách tlakového spádu, nejčastěji 50 Pa. Probíhá ve dvou sériích při podtlaku a přetlaku. Podmínkou je klidné počasí při testu a relativní bezvětří. [7]

Realizace domu s požadavkem na intenzitu výměny vzduchu požadovanou pro pasivní domy, tedy $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ není zcela jednoduchá problematika. Dle následující grafu 1 je patrné, že 42 domů nesplnilo požadavek neprůvzdušnosti. [16]

Graf 1 Statistika měření neprůvzdušnosti



*Zdroj: [16]

4.2.5 Technologická zařízení budov

Technická zařízení budov je souhrnný název pro zařízení určená k vytvoření klimatické pohody prostředí typu vytápění, větrání, klimatizace. Dále jsou zařízení určená pro vnitřní pohodu a komfort jako sanitární technika a elektroinstalace. [9]

4.2.5.1 Vytápění

Systémy vytápění v minulém století byly vlivem velkých tepelných ztrát nezateplené budovy, nízké účinnosti systému a prakticky nepoužité izolace samotných rozvodných systémů velmi energeticky nevhodných, s vysokou spotřebou energie. [9]

V současnosti dosahují zdroje tepla vysokých účinností a vlivem optimalizace tepelných ztrát, tedy snížení ztrát tepla prostupem současně s účelným větráním je potřebné teplo sníženo na minimum. Avšak je nutné správně dimenzovat zdroj tepla, přičemž určité předimenzování zdroje nepůsobí negativně, avšak není nutné. V případě klimatických podmínek je maximální výkon zdroje tepla nutný pouze několik dnů v roce, v celoročním průměru je však předimenzovaný zdroj tepla vytižen pouze okolo 20 až 30 procent. [9]

Současně je nutná správně nastavená regulace otopného systému, například termohlavicemi s vlastností rozpoznání otevřeného okna. V takovém případě je u technicky vyspělých zdrojů tepla potřebné teplo rovno teplu dodanému topnému médiu. [9]

Při návrhu tepelného zdroje je nutné vycházet z požadavků účinnosti zdroje pro referenční budovu uvedené v kapitole 4.1.2, přičemž užitý zdroj tepla musí mít účinnost vyšší a zároveň s ohledem na klasifikace dle kapitoly 4.1.3.3.

Tepelné čerpadlo: neboli TČ jsou dle své konstrukce chladicí přístroje, které svou prací v kruhovém cyklu odebírají energii z okolního prostředí na nízkoteplotní úrovni a přeměňují ji na vyšší teplotní úroveň. V případě TČ s elektrickým pohonem se jedná o tři až čtyřnásobek tepelného výkonu na každý kilowatt motoru. V případě TČ přicházejí v úvahu zdroje tepla teplo z podzemní vody, půdy a venkovního vzduchu. [17]

Kondenzační plynový kotel: v případě, kdy je zavedena plynofikace je vytápění zemním plynem hojně užíváno z důvodu komfortu. Dle výrobců kondenzační kotle pracují se 109 % účinností z důvodu využití tepla obsaženého ve vodní páře prostřednictvím kondenzace. [18]

Kotel na tuhá paliva: moderní kotle na tuhá paliva jsou navrhována možným použitím několik druhů paliva, jako jsou dřevěné brikety, pelety či jiné dřevěné produkty, biomasa, koks či uhlí. Pověštinou se jedná o zásobníkové systémy s vlastním automatickým dopravníkovým systémem, kdy je nutnost obsluhy v závislosti na potřebném výkonu kotle obvykle jednou či dvakrát do týdne. Variantou kotle na tuhá paliva je i lokální kotel v podobě krbových kamen či krbových vložek které v případě napojení na tepelný výměník mohou zastat funkci standardního kotle. [18]

4.2.5.2 Větrání

Větrání a větrací systémy slouží k přívodu čerstvého nebo vhodně upraveného vzduchu do vnitřních prostor budov, čímž slouží k dosažení požadované kvality vnitřního prostředí. Současně s tím odvádí vnitřní znehodnocený, nekvalitní, vzduch ven. Větrací soustavy se navrhují dle platné legislativy, nebo normových standardů dle ČSN EN 15665. U obytných budov se vyžaduje přívod čerstvého vzduchu na osobu od 15 do 25 kubických metrů, nebo doporučenou hodnotou výměny vzduchu 0,3x až 0,5x násobek objemu vzduchu za hodinu. Je možné uvažovat několik principů větrání, každé však má své klady a zápory. [8]

Přirozené větrání: nebo také provětrávání. Jedná se o manuální řešení větrání ovlivnitelné uživatelem budovy, doporučuje se krátké občasné větrání otevřením oken, kdy je zamezeno vysokým energetickým ztrátám. [9]

Větrací systém: je založen na nuceném větrání pomocí automatického systému výměny vzduchu. Systém je možné osadit výměníkem k zpětnému získání tepla z odpadního vzduchu [9]. Při návrhu konstrukčního řešení je třeba využití specialistů z důvodu možnosti nežádoucího narušení pohodlí domu vyšší rychlosti proudění vzduchu a nerovnoměrného proudění vzduchu. [3] Zároveň je vhodné s touto variantou počítat již při plánování rekonstrukce z důvodu stavební připravenosti pro celý systém rozvodů vzduchu a požadované vzduchotěsnosti budovy. V opačném případě je možné použít lokálních, také decentrálních, jednotek. [19]

Když je uvažováno o větracím systému s rekuperací, je vhodné rovněž uvažovat o neprůvzdušnosti domu. Při koeficientu intenzity n_{50} větším než 4 h^{-1} není doporučeno užití systému s rekuperací z důvodu špatného utěsnění budovy a zmaření účelnosti rekuperace vzduchu či řízeného větrání. [16]

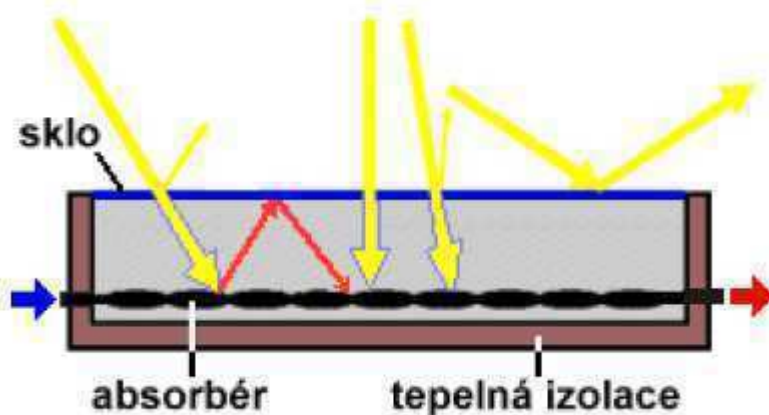
4.2.5.3 Využití slunečního záření

Na území České republiky dopadá množství záření v průměru 1000 kWh/(m².rok). Je tedy vhodné uvažovat o užití fotovoltaického nebo fototermického systému ať už k výrobě elektrické energie, ohřevu teplé vody či kombinace obou možností. Zároveň je nutné zohlednit místní podmínky, například z důvodu prašnosti prostředí, které osvit sluncem snižují, případně možností stínění jinými předměty.

Fototermické kolektory: pracují na principu skleníkového efektu vznikajícího uvnitř kolektoru. Kolektor je tvořen absorberem, což je tepelně dobře vodivý plech černé barvy, ke kterému je připojen měděný meandr trubek pro vedení solární kapaliny. Zadní strana kolektoru je opatřena vrstvou tepelné a celá konstrukce je uzavřena kovovým obalem. V přední části je sklo pro průchod slunečního záření do absorberu.

Výstupem z fototermického panelu je ohřátá teplotná látka, která ohřívá pomocí soustavy teplosměnných trubek izolovanou akumulaci nádrž či bojler. Tuto techniku lze tedy použít k přípravě teplé vody či kombinaci s vytápěním.

Obrázek 13: Princip fototermického kolektoru



*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [21]

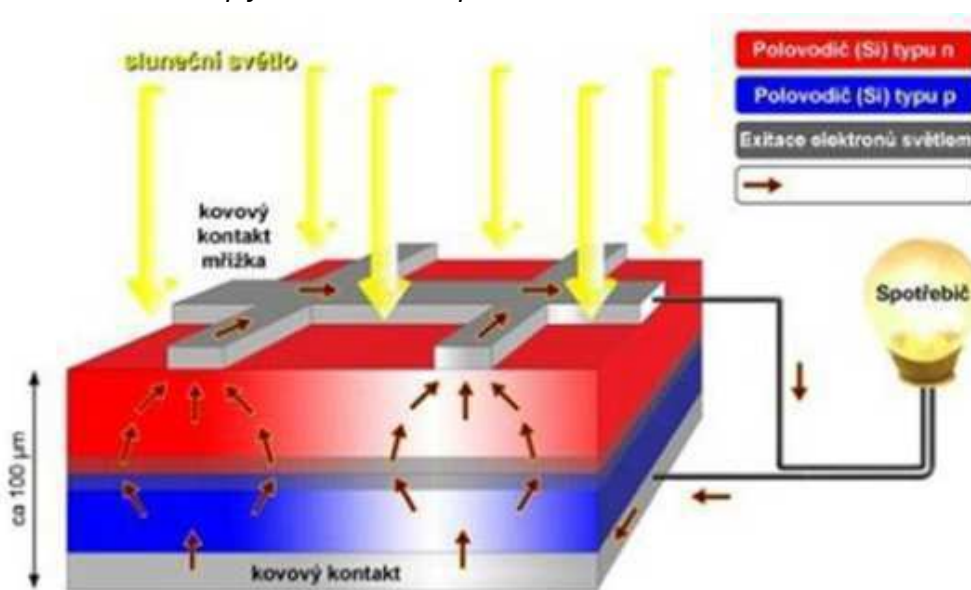
Fotovoltaický panel: jsou tvořeny nejčastěji navzájem propojenými křemíkovými destičkami, které představují P-N přechod s napařenými kovovými kontakty, na které dopadá sluneční záření ve formě fotonů a vyráží elektrony z mřížky P-N přechodu, čímž se elektron stane volným a může vést elektrický proud do zátěže.

Výstupem fotovoltaického panelu či panelů je elektrická energie. Při montáži je nutné si uvědomit, že na svorkách panelu se vytvoří stejnosměrné napětí ihned po vystavení panelu

slunečnímu záření. Zapojení panelů je jak sériové, tak paralelní a výstup je přiveden do střídače, DC měniče, elektrické topné patrony nebo kombinace zmíněných a tím určeného využití energie ve spotřebičích. V případě kombinovaného systému se o efektivní využití energie stará řídicí systém.

V případě, kdy není odběr elektrické energie, je možné využití systému s baterií. Okamžitě nespotřebovaná energie je akumulována s možností využití ve chvíli potřeby. Někteří dodavatelé elektrické energie nabízí několik možností, například nabízí pronájem virtuální baterie.

Obrázek 14: Princip fotovoltaického panelu



*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [21]

Při porovnání účinností obou systémů, fototermické systémy mají vysoké ztráty v zimním období, kdy jsou ztráty fotovoltaických systémů takřka zanedbatelné, avšak v letních měsících je účinnost fotovoltaiky sice snižována růstem okolní teploty, ale s růstem slunečního svitu se tyto ztráty nijak významně neprojeví. U fototermiky se ztráty snižují při růstu teploty okolí.

Fototermický systém je vhodné užít při instalaci akumulární nádrže o objemu 300 až 400 litrů, naopak při instalaci nádrže 100 až 200 litrů a nad 400 litrů je ekonomicky výhodnější užití fotovoltaického systému. Využití obou systémů současně je výhodné, je-li instalován systém s baterií, která ale značně prodraží celý systém. Zajímavá varianta je nabídka dodavatele energie, kde je baterie pronajata virtuálně. [21]

5. Vlastní řešení

Komunitní dům pro seniory, nebo-li KoDuS, vznikl celkovou rekonstrukcí a přestavbou jednoho křídla objektu historicky sloužícího několik desetiletí jako Výzkumný ústav řepařský. Tato část budovy byla v minulosti využívána pro administrativu a laboratoře, tomuto charakteru užití odpovídala i vnitřní dispozice.

Zmíněná část budovy byla více než 20 let prázdná a nevyužívaná. Investorem a majitelem KoDuSu je Řepařský institut, spol. s r.o., nástupce Výzkumného ústavu řepařského v Semčicích. Vzhledem ke značné investici a rozsahu rekonstrukce, kdy zůstaly jen obvodové a podlahové stropní konstrukce. V příloze 5 jsou uvedeny pohledy dle světových stran ze severu, jihu, východu a západu a dále půdorysy jednotlivých podlaží.

Hranice výpočetního modelu byla stanovena jako hranice křídla budovy. Budova byla na základě kapitoly 4.1.1.2. rozdělena do dvou zón. Zóna 1 představuje prostor bytového domu o šestnácti bytech různé plošné velikosti dispozičně řešené jako samostatné byty o velikosti 1+kk, respektive deset bytů o velikosti 2+kk rozložených v druhém a třetím nadzemním podlaží a částečně obytném podkroví. Zóna 2 pak představuje první nadzemní patro, které se charakterem užívání liší, jedná se o prostor denní společenské místnosti s jídelnou a administrativou. Celkový počet stálých obyvatel je 26 osob a dva denní pracovníci.

5.1 Objemové parametry budovy

Použitá soustava rozměrů vysvětluje norma ČSN EN ISO 13 789 a zvolená soustava rozměrů pro celý výpočet musí být shodná. [4]

Tabulka 4: *Objemové parametry hodnocené budovy*

Parametr	Hodnota	Jednotka
Energeticky vztažná plocha Zóna 1	1285,82	m ²
Energeticky vztažná plocha Zóna 2	228,38	m ²
Celková energeticky vztažná plocha	1514,2	m ²
Vnější obestavěný objem V	5906,37	m ³
Vnitřní objem Zóna 1	4771,53	m ³
Vnitřní objem Zóna 2	597,9	m ³
Plocha obálky budovy Zóna 1	1608,9	m ²
Plocha obálky budovy Zóna 2	274,9	m ²
Celková plocha obálky budovy A	1883,8	m ²
Objemový faktor tvaru budovy A/V	0,35	-
Nadmožská výška terénu	238	m.n.m.

*Zdroj: vlastní zpracování

5.2 Teplotní parametry

Stanovení návrhové hodnoty teploty venkovního vzduchu v zimním období θ_e [°C] bylo dle normy ČSN 73 0540-3. Hodnocená budova je v teplotní oblasti 1 a stavební $\pm 0,000$ v nadmořské výšce 238 metrů nad mořem. Venkovní návrhová teplota se určí dle vztahu [2]

$$\theta_e = \theta_{e,100} + \Delta\theta_{e,0} \cdot \left(\frac{h - 100}{100} \right) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (3)$$

$$\theta_e = -12 + (-0,5) \cdot \left(\frac{238 - 100}{100} \right) = -12 - 0,69 = -12,69 \doteq -13 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tabulka 5: Teplotní oblasti ČR, návrhová teplota v zimním období

Teplotní oblast	h	$\theta_{e,100}$	$\theta_{e,0}$
	[m.n.m]	[°C]	[°C]
1	240	-12	-0,5
2	320	-14	-0,3
3	540	-16	-0,2
4	820	-18	-0,2

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-3

Tabulka 6: Teplotní parametry hodnocené budovy

Parametr	Značka	Hodnota	Jednotka
Návrhová vnitřní teplota	θ_i	22,0	°C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu ¹⁾	θ_{ai}	22,6	°C
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu	φ_i	50	%
Bezpečnostní vlhkostní přírážka	$\Delta\varphi_i$	5	%
Návrhová teplota venkovního vzduchu	θ_e	-13,0	°C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu	φ_E	84	%

1) pro ústřední topení platí přírážka 0,6°C

*Zdroj: s vlastní zpracování, čerpáno z protokolu PENB

Tabulka 7: Měsíční teplotní parametry hodnocené budovy

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
n	[den]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	[h]	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
$\theta_{e,m}$	[°C]	-1,9	-0,1	4,0	9,2	14,0	17,3	18,6	18,3	14,2	9,3	3,9	0,0
$\theta_{i,m}$	[°C]	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z TNI 73 0331

5.3 Obálka budovy

Skladba obálky budovy je v příloze č.2, kde jsou uvedeny skladby pro budovu před realizací, dále je uvedena skladba realizované budovy a alternativní návrh zateplení, který povede ke shodným či lepším tepelně technickým vlastnostem budovy za příznivější ceny materiálu. Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí musí splňovat minimální podmínky uvedené v tabulce 10.

5.3.1 Výpočet tepelného odporu jednotlivých konstrukcí

Tepelný odpor vyjadřuje tepelně izolační schopnost jednotlivých materiálů. [3]

$$R = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} = \sum_{j=1}^n R_j \quad [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] \quad (4)$$

Kde d_j ... šířka j -té konstrukce [m]
 λ_j ... součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]

Lze tedy konstatovat, že čím větší šířku a nižší součinitel tepelné vodivosti bude zateplovací materiál mít, tím budou jeho účinky příznivější. Z pohledu ekonomického to ovšem není možné a ani účelné. Je tedy na projektantovi, jaký kompromis zvolí.

Tabulka 8: Tepelné odpory R_{si} a R_{se}

Odpor při přestupu tepla	Směr tepelného toku		
	nahoru	vodorovně	dolů
R_{si} [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	0,10	0,13	0,17
R_{se} [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	zimní období		0,04
	letní období		0,07

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN EN ISO 6946

Obálka budovy byla rozdělena na deset konstrukcí dle skladby a výpočet jednotlivých tepelných odporů jednotlivých konstrukcí je uvedena v příloze 2, pro budovu před rekonstrukcí, po rekonstrukci a pro alternativní variantu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 9. Pro výpočet bylo užito upraveného vzorce pro výpočet tepelného odporu [3]

$$R_j = R_{si} + R + R_{se} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (5)$$

Kde R ... odpor při přechodu tepla dle vzorce 4 [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 R_{si} ... odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce dle tabulky 8 [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 R_{se} ... odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce dle tabulky 8 [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

Tabulka 9 Vypočtené tepelné odpory

Konstrukce	$R_{j,PŘED}$ [m ² .K.W ⁻¹]	$R_{j,PO}$ [m ² .K.W ⁻¹]	$R_{j,ALTERNATIVA}$ [m ² .K.W ⁻¹]
STN-1 Obvodová stěna vnější CP 600mm	0,958	5,465	7,208
STN-2 Obvodová stěna vnější CP 450mm	0,779	5,291	7,029
STN-3 stěna podkroví, bok a čelo vikýře	0,410	4,749	5,914
STR-4 Střešní konstrukce	0,280	7,519	8,971
PDL-5 podlaha nad suterénem	0,401	3,249	3,249
PDL(z)-6 podlaha na zemině	0,471	4,206	4,190
STR-11 střecha v místě vikýře	0,280	6,536	6,701
STN12 vikýř stěna	0,410	4,368	4,107
STR-13 Izolace mezi a nad kleštinami	1,768	5,431	7,222
STR-14 Strop 4NP nevyužitá část půdy	1,733	6,664	9,333

*Zdroj: vlastní zpracování

5.3.2 Výpočet součinitele prostupu tepla a měrného tepelného toku

Norma ČSN 73 0540-2 respektive její novela z roku 2011 zavádí minimální požadované hodnoty součinitelů prostupu tepla U_N jednotlivých konstrukcí, uvádí doporučené hodnoty U_{rec} a doporučené hodnoty pro pasivní budovy U_{pas} pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v rozmezí 18 °C až 22 °C uvedené v tabulce 5.6. [9]

Průměrný součinitel prostupem tepla hodnocené budovy [2]

$$U_{em} = \frac{\sum H_{T,j}}{\sum A_j} [Wm^{-2}K^{-1}] \quad (6)$$

Kde $H_{T,j}$... měrná ztráta prostupu tepla konstrukce j [WK^{-1}]
 A_j ... teplosměnná plocha konstrukce j [m^2]

Tabulka 10: Vybrané požadované $U_{N,20}$ a doporučené hodnoty $U_{rec,20}$

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,301	těžka: 0,25	0,18 - 0,12
		lehká: 0,20	
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 - 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 - 0,10
Strop nad nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 - 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{1),2)}	0,45	0,30	0,22 - 0,15
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,50
Výplň otvorů ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,52	1,20	0,8 - 0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí včetně rámu	1,70	1,20	0,90
1) V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění směrem do exteriéru			
2) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-4 (bez vlivu zeminy) nikoli dle ČSN EN ISO 13 370			
3) Nemusí se vždy jednat o teplostěnnou plochu, s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni			

*Zdroj: [1]

Součinitel prostupu tepla dané konstrukce $U_i [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ je obecně dán pro konstrukci i podle obecného vzorce [3]

$$U_j = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_{si} + R_i + R_{se}} [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (7)$$

Kde R_0 ... odpor při přechodu tepla dle vzorce 4 [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 R_{si} ... odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce dle tabulky 8 [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 R_{se} ... odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce dle tabulky 8 [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]
 R ... tepelný odpor dle vzorce 4 [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

Z důvodu započítání odporů při přestupu tepla na straně konstrukce již ve vzorci 5, v tabulce 13 je užito vzorce

$$U_j = \frac{1}{R_j} + \Delta U_{tbm} [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (8)$$

Kde ΔU_{tbm} ... průměrný vliv tepelných vazeb stanoven dle tabulky 11 [$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$]

V případě výpočtu měrného tepelného toku H_T [$W \cdot K^{-1}$] jde o teplo sdílené z prostoru vytápěného do prostoru nevytápěného, v jednoduchém příkladu z interiéru do exteriéru. Stanoví se dle normy ČSN 73 0540-4 dle zjednodušené metody pro jednotlivé konstrukce. Přičemž se předpokládá, že rozložení teploty vzduchu a výpočtové teploty je rovnoměrné a výpočty ztrát jsou pro ustálené teploty a homogenost stavebních konstrukcí, respektive stavebních materiálů. Požadavky na vytápěné prostory se však mohou lišit např. jednotlivé byty a chodba v bytovém domě, kde doporučené hodnoty interiérové teploty jsou různé. Je tedy vhodné takovou tu budovu neřešit na hranici budovy ale rozdělit takovou budovu do více tepelných zón s jednotlivými výpočty. [3]

$$H_T = \sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b_j + A \cdot \Delta U_{tbm} \quad [W \cdot K^{-1}] \quad (9)$$

Kde A_j ... teplosměnná plocha konstrukce j [m^2]
 U_j ... součinitel prostupu tepla konstrukce j [$Wm^{-2}K^{-1}$]
 b_j ... redukční faktor konstrukce j stanoven dle tabulky 12 [$Wm^{-2}K^{-1}$]
 ΔU_{tbm} ... průměrný vliv tepelných vazeb stanoven dle tabulky 11 [$Wm^{-2}K^{-1}$]

Tabulka 11: Průměrný vliv tepelných vazeb ΔU_{tbm}

Řešená konstrukce	ΔU_{tbm} [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
Budovy s důsledně optimalizovanými tepelnými vazbami	0,02
Budovy s mírnými tepelnými vazbami	0,05
Budovy s běžnými tepelnými vazbami	0,1
Budovy s výraznými tepelnými mosty	0,2

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ČSN 73 0540-4

Tabulka 12: Redukční faktor b_j

Tepelná ztráta přes konstrukci	b_j
vnější stěnu, okno, vnější dveře	1
střechu (plochou i šikmou) na teplosměnné ploše budovy	1
podlahu na terénu	1
podlahu nevytápěného prostoru	0,8
stěnu mezi vytápěným a nevytápěným prostorem	0,8
stěnu nebo strop nevytápěného suterénu	0,5
stěnu nebo strop temperovaného prostoru (garáž, sousední budova)	0,35
strop na otevřeném průchodem	1

*Zdroj: [3]

A však v protokolu PENB v příloze 1 a zároveň pro tabulku 13 byl vzorec 9 upraven dle předchozího postupu a faktu, že průměrný vliv tepelných vazeb byl uvažován ve vzorci 8

$$H_T = \sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b_j \text{ [W.K}^{-1}\text{]} \quad (10)$$

Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí stejně jako měrný tepelný tok jednotlivých konstrukcí je uveden v příloze 2. V tabulce 13 je uveden výsledek součinitele prostupu tepla a měrných tepelných toků jednotlivých konstrukcí, obdobně jako součet měrných ztrát prostupem jednotlivých zón.

Tabulka 13: Součinitel prostupu tepla a měrný tepelný tok prostupem

Vrstva	Teplo- směnná plocha	Součinitel tepelné propustnosti U			Referenční součinitel		Měrná ztráta H _T		
		Před	Po	Alternativa	Požadavek	Doporučení	Před	Po	Alternativa
	A _j [m ²]	U _j [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _j [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _j [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{N,20,j} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	U _{rec,j} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	H _{T,j} [W.K ⁻¹]	H _{T,j} [W.K ⁻¹]	H _{T,j} [W.K ⁻¹]
Zóna 1									
STN-1	191,5	1,094	0,233	0,189	0,300	0,250	209,57	44,62	36,14
STN-2	419,3	1,334	0,239	0,192	0,300	0,250	559,26	100,21	80,62
STN-3	27,3	2,489	0,261	0,219	0,300	0,200	67,95	7,11	5,98
STR-4	87,1	3,596	0,153	0,131	0,240	0,160	313,19	13,33	11,45
STR-11	164,4	3,596	0,173	0,169	0,240	0,160	591,15	28,44	27,82
STN-12	212	2,459	0,249	0,263	0,300	0,200	521,31	52,78	55,86
STR-13	97,2	0,586	0,204	0,158	0,240	0,160	56,93	19,84	15,40
VYP-7	30,7	2,9	1,190	0,83	1,500	1,200	89,03	36,50	25,48
VYP-8	25,3	2,9	1,190	0,830	1,500	1,200	73,37	30,07	21,00
VYP-9	62,6	2,9	1,200	0,840	1,500	1,200	181,54	75,16	52,58
VYP-10	55,5	2,9	1,200	0,840	1,500	1,200	160,95	66,60	46,62
STR-14	165,5	0,597	0,170	0,127	0,240	0,160	98,81	28,14	21,04
Přirážka tepelné vazby		0,200	0,020	0,020			307,68	30,73	30,77
PDL(z)-6	70,7	2,173	0,288	0,288	0,450	0,300	107,55	14,24	14,24
Přirážka tepelné vazby		0,200	0,020	0,020			9,90	0,99	0,99
Celkem							3348,18	548,76	446,00
Zóna 2									
STN-1	99,2	1,094	0,233	0,189	0,300	0,250	108,56	23,14	18,72
VYP-7	39,1	2,9	1,190	0,83	1,500	1,200	113,39	46,53	32,45
Přirážka tepelné vazby		0,200	0,020	0,020			27,66	2,77	2,77
PDL(z)-6	136,5	2,173	0,289	0,289	0,450	0,300	296,63	25,22	25,22
Přirážka tepelné vazby		0,200	0,020	0,020			17,47	1,75	1,75
Celkem							563,72	99,33	80,91

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [3]

5.3.3 Výpočet prostupu tepla $U_{em,R}$

V případě výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla referenční budovou $U_{em,R}$ [$Wm^{-2}K^{-1}$] je počítáno s převažující vnitřní teplotou v rozmezí od 18 do 22°C včetně. V takovém případě se $U_{em,R}$ vypočte ze vzorce 11. [2]

$$U_{em,R} = \frac{\sum(U_{em,R,j} \cdot V_j)}{\sum V_j} [Wm^{-2}K^{-1}] \quad (11)$$

Kde $U_{em,R,j}$... normově požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla referenční budovy pro převažující teplotu 20 °C dle vzorce 12 [$Wm^{-2}K^{-1}$]
 V_j ... objem zóny j [m^3]

V případě budovy se stanovenou více než jednou zónou:

$$U_{em,R,j} = f_R \cdot \left[\frac{\sum(U_{N,20,j} \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum A_j + \Delta U_{em,R}} \right] [Wm^{-2}K^{-1}] \quad (12)$$

Kde f_R ... redukční činitel průměrného součinitele prostupu tepla, stanovení dle tabulky 15 [–]
 $U_{N,20,j}$... normově požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro j .tou konstrukci pro převažující teplotu 20 °C [$Wm^{-2}K^{-1}$]
 A_j ... plocha j -té teplosměnné konstrukce dána vnějšími rozměry [m^2]
 b_j ... teplotní redukční činitel, v teplotním rozsahu = 1 [–]
 $\Delta U_{em,R}$... přírážka na vliv tepelných vazeb, stanovení dle tabulky 14 [$Wm^{-2}K^{-1}$]

V případě nových budov nesmí hodnota průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20,R}$ překročit maximálně stanovenou hodnotu. U obytných budov je stanoveno $U_{em,N,20,R} \leq 0,5 Wm^{-2}K^{-1}$.

Tabulka 14: Obvyklé hodnoty $\Delta U_{em,R}$

Obvyklé hodnoty přírážek $\Delta U_{em,R}$		
$U_{em,R}$	popis	hodnocení řešení
0,02	téměř bez tepelných mostů	optimalizované
0,05	s mírnými tepelnými mosty	typové či opakované
0,1	s běžnými tepelnými mosty	dříve standard
0,15 a více	s výraznými tepelnými mosty	zanedbané

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [10]

Tabulka 15: Redukční činitel f_R

f_R	popis
1	dokončená budova a její změna
0,8	nová budova
0,7	budova s téměř nulovou spotřebou energie

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [10]

Tabulka 16: Výpočet celkového referenčního součinitele prostupu tepla $U_{em,R}$

Zóna	Převažující návrhová vnitřní teplota $\theta_{im,j}$	Objem zóny V_j	Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla zóny $U_{em,R,j}$
	[°C]	[m ³]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Zóna 1 - obytné prostory a kanceláře	20	4771,53	0,43
Zóna 2 - jídelna	21	597,9	0,46
Budova celkem		0,43	

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z PENB

5.4 Výpočet energie na vytápění

Energii potřebnou na vytápění je možné rozdělit na potřebu tepla na vytápění a potřebu tepla na pokrytí tepelných ztrát tepelné soustavy v budovách. Potřeba tepla na vytápění představuje tepelně izolační vlastnosti budovy bez ohledu na účinnost topné soustavy ve smyslu normy ČSN 73 0540. Tepelné soustavy, charakteristika a výpočtové metody jsou uvedeny v normě ČSN EN 15316. [3]

5.4.1 Výpočet potřeby tepla na vytápění

Celková potřeba tepla Q_h [Wh/rok] budovy s konstantní vnitřní teplotou se spočítá jako součet potřeb tepla během daného časového úseku, maximálně po jednom měsíci. Výpočet dílčí potřeby tepla na vytápění vychází z měrných tepelných ztrát objektu, rozdílu vnitřní a vnější teploty, zisků v budově a délky výpočtového období. V případě rozdělení objektů do více zón je nutné provést výpočty pro každou zónu zvlášť. [2] Měrná tepelná ztráta H_T byla vypočtena v odstavci 5.3.2 a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 13

$$Q_h = \sum_{j=1}^{12} Q_{h,j} = \sum_{j=1}^{12} [(H_{T,i} + H_{V,i}) \cdot (\theta_{i,i,j} - \theta_{e,i}) - \eta_{gn,i} \cdot Q_{H,gn,ji}] \text{ [Wh/rok]} \quad (13)$$

Kde $Q_{h,j}$... celková potřeba tepla za měsíc j [Wh]
 $H_{T,i}$... měrná tepelná ztráta zóny i [WK⁻¹]
 $H_{V,i}$... měrná ztráta větráním zóny i [°C]
 $\theta_{i,i,j}$... požadovaná vnitřní teplota zóny j za měsíc i [°C]
 $\theta_{e,i}$... průměrná vnější teplota za měsíc i [°C]
 $\eta_{gn,i}$... stupeň využití zóny i [–]
 $Q_{H,gn,ji}$... celkové tepelné zisky za měsíc i [s]

Tento vzorec můžeme rozdělit také na součet tepla potřebného na pokrytí ztrát prostupem $Q_{T,j}$ [Wh/měsíc], tepla potřebného na pokrytí ztrát větráním $Q_{V,j}$ [Wh/měsíc] a součinu tepelných zisků se stupněm využití tepelných zisků $\eta_{gn,i} \cdot Q_{H,gn,ji}$ [Wh/měsíc] daného měsíce, přičemž dle kapitoly 5.4.4 je stupeň využití roven 1. Výsledek je uveden v tabulce 17

$$Q_h = \sum_{j=1}^{12} (Q_{T,j} + Q_{V,j} - \eta_{gn,i} \cdot Q_{H,gn,j}) \text{ [Wh/rok]} \quad (14)$$

Kde $Q_{T,j}$... teplo potřebné na pokrytí ztrát prostupem za měsíc j [Wh/měsíc]
 $Q_{V,j}$... teplo potřebné na pokrytí ztrát větráním za měsíc j [Wh/měsíc]
 $\eta_{gn,i}$... stupeň využití tepla [–]
 $Q_{H,gn,j}$... celkové tepelné zisky za měsíc j [Wh/měsíc]

Tabulka 17: Výpočet celkové potřeby tepla Q_h a měsíční potřeby tepla $Q_{h,j}$

		měsíc											
$\theta_{i,m}$	22,6 °C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\theta_{e,m}$	[°C]	-1,9	-0,1	4,0	9,2	14,0	17,3	18,6	18,3	14,2	9,3	3,9	0,0
n	[h]	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
KoDuS -realizovaná													
$Q_{T,j}$	[kWh/měsíc]	11813	9886	8969	6253	4147	2473	1929	2073	3920	6413	8726	10897
$Q_{V,j}$	[kWh/měsíc]	13757	11513	10444	7282	4829	2880	2246	2414	4565	7468	10161	12690
$Q_{H,gn,j}$	[kWh/měsíc]	1924	2507	3126	3595	4189	4095	4173	4064	3207	2652	1852	1640
$Q_{h,j}$	[kWh/měsíc]	23646	18892	16286	9939	4787	1258	1	424	5277	11229	17035	21947
Q_h	[kWh/rok]	130722,0											
KoDuS -Alternativa													
$Q_{T,j}$	[kWh/měsíc]	9605	8038	7292	5084	3371	2011	1568	1686	3187	5214	7094	8860
$Q_{V,j}$	[kWh/měsíc]	13757	11513	10444	7282	4829	2880	2246	2414	4565	7468	10161	12690
$Q_{H,gn,j}$	[kWh/měsíc]	1834	2359	2918	3340	3876	3791	3861	3763	2991	2490	1769	1578
$Q_{h,j}$	[kWh/měsíc]	21527	17191	14818	9025	4325	1100	-47	337	4761	10192	15486	19972
Q_h	[kWh/rok]	118686,9											
Administrativní budova													
$Q_{T,j}$	[kWh/měsíc]	71306	59674	54134	37742	25030	14928	11642	12515	23659	38709	52670	65776
$Q_{V,j}$	[kWh/měsíc]	10082	8437	7654	5336	3539	2111	1646	1769	3345	5473	7447	9300
$Q_{H,gn,j}$	[kWh/měsíc]	3507	4103	4740	5221	5827	5723	5817	5709	4822	4249	3435	3215
$Q_{h,j}$	[kWh/měsíc]	77881	64008	57048	37857	22742	11315	7471	8575	22183	39933	56682	71861
Q_h	[kWh/rok]	477555,7											

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z PENB

5.4.2 Měrný tepelný tok větráním H_V

Tepelné ztráty budov se vypočítají dle normy ČSN EN 12831 přičemž se předpokládá užití průměrné hodnoty objemového toku vzduchu pro každý časový úsek. [4]

Měrná tepelná ztráta větráním H_V vychází z uvažovaného řešení principu výměny vzduchu, a tedy výpočtu průtoku vzduchu \dot{V}_i [$m^3 s^{-1}$], který je určen [4]

$$H_V = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_a \quad [WK^{-1}] \quad (15)$$

Kde \dot{V}_i ... průtok vzduchu ve vytápěném prostoru (i) [$m^3 s^{-1}$]
 ρ_a ... hustota vzduchu při teplotě $\theta_{int,i}$ [$kg m^{-3}$]
 c_a ... měrná tepelná kapacita vzduchu při teplotě $\theta_{int,i}$ [$kJ kg^{-1} K^{-1}$]

$\rho_a \cdot c_a = 1200 J m^3 K^{-1}$ v případě vyjádření objemového toku vzduchu V_i [$m^3 s^{-1}$]

$\rho_a \cdot c_a = 0,34 Wh m^3 K^{-1}$ v případě vyjádření objemového toku vzduchu V_i [$m^3 h^{-1}$]

Za předpokladu konstantní návrhové teploty $\theta_{int,i}$, lze předpokládat i konstantní hustotu vzduchu a měrnou kapacitu. Bude-li převeden průtok vzduchu \dot{V}_i na jednotku $[m^3 h^{-1}]$ dojde ke zjednodušení výpočtu, výpočet je uveden v tabulce 18 dle vzorce 16 [4]

$$H_V = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad [WK^{-1}] \quad (16)$$

Tabulka 18: Výpočet měrné tepelné ztráty H_V

	$\rho_a \cdot c_a$	V_i	H_V
	$[Wh \cdot m^3 \cdot K^{-1}]$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	$[W \cdot K^{-1}]$
Bytový dům	0,34	2219,75	754,715
Administrativní budova	0,34	1567,90	553,086

*Zdroj: vlastní zpracování

5.4.2.1 Přirozené větrání, výpočet průtoku vzduchu \dot{V}_i dle ČSN EN ISO 12 831

Není-li instalována větrací soustava, předpokládá se, že přiváděný vzduch má tepelné vlastnosti venkovního vzduchu. Při výpočtu součinitele tepelných ztrát je uvažována maximální, nebo-li větší, z hodnot výměny vzduchu infiltrací spárami a styky obvodového pláště budovy $\dot{V}_{inf,i}$ a minimální výměnou vzduchu požadovanou z hygienických důvodů $\dot{V}_{min,i}$ podle ČSN EN ISO 12 831 porovnáno v tabulce 19. [4]

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}; \dot{V}_{min,i}) \quad [m^3 \cdot h^{-1}] \quad (17)$$

Tabulka 19: Výpočet maximální hodnoty průtoku vzduchu

	V_{inf}	V_{min}	max V
	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$
Bytový dům	1288,66	2219,75	2219,75
Administrativní budova	1288,59	1567,9	1567,9

*Zdroj: vlastní zpracování

Hygienické množství vzduchu $\dot{V}_{min,i} [m^3 h^{-1}]$ jedná se o minimální množství vyměněného vzduchu za hodinu dle stanovených norem a hygienických požadavků na stavbu. Výměny vzduchu vycházejí z vnitřních rozměrů, při použití venkovních je nutné vynásobení intenzity vzduchu podílem vnitřního a vnějšího objemu prostor. Časový podíl osob f_{oc} je stanoven dle tabulky 27 dle přítomnosti. [4]

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot f_{oc} \cdot V_i \quad [m^3 h^{-1}] \quad (18)$$

Kde n_{min} ... minimální intenzita výměny vzduchu za hodinu dle tabulky 20 $[h^{-1}]$
 V_i ... objem vytápěné místnosti (i), výpočet z vnitřních rozměrů $[m^3]$
 f_{oc} ... koeficient přítomnosti osob dle tabulky 27 $[-]$

Tabulka 20: Příklady hygienického minima

Typ místnosti	n_{min} [h^{-1}]
Obytné místnosti	0,5
Kanceláře	1,0
Zasedací místnosti	2,0
V době mimo užívání	0,1

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [4]

Výpočet hygienického množství vzduchu dle vzorce 18 je uveden v tabulce 21.

Tabulka 21: Hygienické množství vzduchu

		V_i [m^3]	n_{min} [h^{-1}]	f_{oc} [-]	$V_{min,i,j}$ [$m^3 \cdot h^{-1}$]	V_{min} [$m^3 \cdot h^{-1}$]
Bytový dům	Zóna 1	4771,53	0,5	0,7	1670,04	2219,75
			0,1	(1- f_{oc})	143,15	
	Zóna 2	597,9	2	0,3	358,74	
			0,1	(1- f_{oc})	47,83	
Administrativní budova	kanceláře	4724,84	1	0,25	1181,21	1567,90
			0,1	(1- f_{oc})	141,75	
	Zasedací místnosti	644,59	2	0,15	193,38	
			0,1	(1- f_{oc})	51,57	

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [4]

Infiltrace obvodovým pláštěm budovy $\dot{V}_{inf,i}$ [$m^3 h^{-1}$] vyjadřuje množství vzduchu, které pronikne z vytápěného prostoru (i) obvodovým pláštěm v důsledku působení větrem a účinkem vzlaku na plášť budovy, výpočet je proveden v tabulce 24 [4]

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [m^3 h^{-1}] \quad (19)$$

Kde n_{50} ... intenzita výměny vzduchu dle tabulky 22 [h^{-1}]
 V_i ... objem vytápěné zóny (i), výpočet z vnitřních rozměrů [m^3]
 e_i ... stínící součinitel dle tabulky 23 [-]
 ε_i ... výškový korekční činitel, zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země (budovy do 10m $\varepsilon_i = 1$) [-]

Tabulka 22: Intenzita výměny vzduchu pro celou budovu n_{50}

Stavba	n_{50} [h^{-1}]		
	Stupeň těsnosti obvodového pláště budovy (kvalita těsnosti oken)		
	Vysoká (velmi utěsněná okna a dveře)	Střední (okna s dvojskly, normálně utěsněná)	Nízká (okna s jednoduchým zasklením bez utěsnění)
RD s jedním bytem	< 4	4 - 10	> 10
Jiné bytové domy nebo budovy	< 2	2 - 5	> 5

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [4]

Tabulka 23: Stínící činitel e

Třída zastínění	e		
	Vytápěný prostor bez nechráněných otvorových výplní	Vytápěný prostor s jednou nechráněnou otvorovou výplní	Vytápěný prostor s více než jednou nechráněnou otvorovou výplní
Žádné zastínění (budovy ve větrné oblasti, vysoké budovy v městských centrech)	0	0,03	0,05
Mírné zastínění (budovy v krajině se stromovým nebo v zastavěném území, předměstská zástavba)	0	0,02	0,03
Velké zastínění (středně vysoké budovy v městských centrech, budovy v zalesněné krajině)	0	0,01	0,02

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [4]

Tabulka 24: Výpočet infiltrace obvodovým pláštěm

		V_i [m ³]	n_{50} [h ⁻¹]	e_i [-]	ϵ_i [-]	$V_{inf,i}$ [m ³ .h ⁻¹]	V_{inf} [m ³ .h ⁻¹]
BD	Zóna 1	4771,53	4	0,03	1	1145,17	1288,66
	Zóna 2	597,9	4	0,03	1	143,50	
AB	kanceláře	4724,53	4	0,03	1	1133,89	1288,59
	Zasedací místnosti	644,59	4	0,03	1	154,70	

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [4]

5.4.3 Celkové tepelné zisky

Tepelné zisky $Q_{H,gn,j}$ [Wh] jsou dány veškerým teplem produkovaným ve vytápěném prostoru a celkovými solárními zisky vycházejících ze slunečního záření a pro každou zónu budovy se vypočte z , které je stanoveno pro každý výpočtový měsíc j [5] uvedeny v tabulce 25

$$Q_{H,gn} = \sum_{j=1}^{12} Q_{H,gn,j} = \sum_{j=1}^{12} Q_{int,j} + Q_{H,sol,j} \quad [kWh] \quad (20)$$

Kde $Q_{int,j}$... celkové vnitřní tepelné zisky za měsíc j [kWh/měsíc]

$Q_{H,sol,j}$... celkové sluneční (solární) tepelné zisky za měsíc j [kWh/měsíc]

Tabulka 25: Výpočet celkových tepelných zisků

$Q_{H,gn}$ [kWh/měsíc]	Měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
KoDuS - realizovaná												
Q_{int}	1013,7	1013,6	1013,6	1013,5	1013,5	1013,5	1013,5	1013,5	1013,5	1013,6	1013,6	1013,7
$Q_{H,sol}$ [kWh/měsíc]	910,7	1493,3	2112,8	2581,5	3175,7	3081,5	3160,0	3050,5	2193,8	1638,3	838,6	626,3
$Q_{H,gn}$ [kWh/měsíc]	1924,4	2506,9	3126,4	3595,0	4189,2	4094,9	4173,4	4064,0	3207,3	2651,9	1852,2	1640,0
$Q_{H,gn}$ [kWh/rok]	37025,52											
KoDuS - alternativní												
Q_{int}	1013,7	1013,6	1013,6	1013,5	1013,5	1013,5	1013,5	1013,5	1013,5	1013,6	1013,6	1013,7
$Q_{H,sol}$ [kWh/měsíc]	820,7	1345,8	1904,1	2326,5	2862,0	2777,1	2847,9	2749,2	1977,1	1476,5	755,8	564,5
$Q_{H,gn}$ [kWh/měsíc]	1834,4	2359,4	2917,7	3340,1	3875,5	3790,6	3861,3	3762,7	2990,6	2490,1	1769,4	1578,1
$Q_{H,gn}$ [kWh/rok]	34569,92											
Administrativní budova												
Q_{int}	2582,1	2581,8	2581,5	2581,3	2581,1	2581,0	2581,0	2581,1	2581,3	2581,5	2581,8	2582,1
$Q_{H,sol}$ [kWh/měsíc]	925,0	1520,9	2158,9	2639,7	3245,6	3142,1	3235,8	3127,8	2240,3	1667,7	853,1	632,9
$Q_{H,gn}$ [kWh/měsíc]	3507,1	4102,7	4740,4	5221,0	5826,7	5723,1	5816,8	5708,9	4821,6	4249,2	3434,9	3214,9
$Q_{H,gn}$ [kWh/rok]	56367,20											

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

5.4.3.1 Vnitřní tepelné zisky

Vnitřní tepelné zisky obsahují veškeré teplo produkované vnitřními zdroji umístěnými ve vytápěném prostoru a nejsou součástí otopné soustavy. Jedná se o metabolické zisky od uživatelů a obyvatel budovy $Q_{int,oc,j}$, tepelného výkonu spotřebičů $Q_{int,ap,j}$ a osvětlovacích zařízení $Q_{int,lt,j}$. Vnitřní tepelné zisky z nevytápěných prostor $Q_{int,u,j}$, neuvažujeme z důvodu absence v hodnotící budově. Ve vyhlášce nejsou uvažovány tepelné zisky od potrubí otopné soustavy a rozvodů teplé vody, které zahrnuje účinnost jednotlivých částí systémů. Výpočet vnitřních zisků je uveden v tabulce 26. [5]

(21)

$$Q_{int,j} = Q_{int,oc,j} + Q_{int,ap,j} + Q_{int,lt,j} + Q_{int,u,j} [Wh]$$

Kde $Q_{int,oc,j}$... metabolické teplo od osob za měsíc j [kWh/měsíc]

$Q_{int,ap,j}$... teplo ze spotřebičů za měsíc j [kWh/měsíc]

$Q_{int,lt,j}$... teplo z osvětlovacích zařízení za měsíc j [kWh/měsíc]

$Q_{int,u,j}$... vnitřní teplo z nevytápěných prostor za měsíc j [kWh/měsíc]

Tabulka 26: Výpočet vnitřních tepelných zisků

Q_{int} [kWh/měsíc]	Měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hodnocená budova - Bytový dům - Alternativní budova												
$Q_{int,oc}$	697,54	697,54	697,54	697,54	697,54	697,54	697,54	697,54	697,54	697,54	697,54	697,54
$Q_{int,ap}$	315,76	315,76	315,76	315,76	315,76	315,76	315,76	315,76	315,76	315,76	315,76	315,76
$Q_{int,lt}$	0,37	0,31	0,25	0,21	0,17	0,16	0,16	0,17	0,21	0,25	0,30	0,37
$Q_{int,u}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q_{int}	1013,7	1013,6	1013,6	1013,5	1013,5	1013,5	1013,5	1013,5	1013,5	1013,6	1013,6	1013,7
Q_{int} [kWh/rok]	12162,62											
Administrativní budova												
$Q_{int,oc}$	1066,2	1066,2	1066,2	1066,2	1066,2	1066,2	1066,2	1066,2	1066,2	1066,2	1066,2	1066,2
$Q_{int,ap}$	1514,0	1514,0	1514,0	1514,0	1514,0	1514,0	1514,0	1514,0	1514,0	1514,0	1514,0	1514,0
$Q_{int,lt}$	1,92	1,58	1,31	1,07	0,88	0,82	0,82	0,88	1,10	1,30	1,57	1,89
$Q_{int,u}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q_{int}	2582,1	2581,8	2581,5	2581,3	2581,1	2581,0	2581,0	2581,1	2581,3	2581,5	2581,8	2582,1
Q_{int} [kWh/rok]	30977,38											

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

Tabulka 27: Tabulka koeficientů pro tepelné zisky

TYP PROSTORU	Měrné tepelné zisky od osob	Časový podíl přítomnosti osob	Měrné tepelné zisky z vybavení	Časový podíl doby provozu	Doba využití bez denního světla za rok	Měrná roční spotřeba elektřiny na osvětlení - úsporné osvětlení	Měrná roční spotřeba elektřiny na osvětlení - žárovkové osvětlení
	q_{occ}	f_{occ}	q_{APP}	f_{APP}	t_N	W_{light}	W_{light}
	[W/m ²]	[-]	[W/m ²]	[-]	[h]	[kWh/m ² rok]	[kWh/m ² rok]
RD obytné prostory	1,5	0,7	3	0,2	1200	2,50	4,17
RD neobytné prostory	0	0	0	0,2	500	0,30	0,50
BD obytné prostory	2	0,7	3	0,2	1200	2,50	4,17
BD společenské prostory a komunikace	0	0	0	0,2	800	0,18	0,30
BD ostatní prostory	0	0	1	0	500	0,18	0,30
Jídelna	2	0,2	2	0,2	300	41,10	68,50
AB kanceláře	5	0,25	10	0,25	300	42,50	70,83
AB chodby a schodiště	0	0	2	0,2	300	4,60	7,67
AB Zasedací prostory	24	0,15	2	0,15	300	35,00	58,33
Tělocvična	0	0	50	0	100	12,20	20,33

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z TNI 73 0331

5.4.3.1.1 Zisky od osob $Q_{int,oc,j}$

Tepelné zisky z metabolického tepla jsou vypočteny dle vzorce 22 v tabulce 28 na základě koeficientů z tabulky 27

$$Q_{int,oc,j} = A_{f,int} \cdot f_{oc} \cdot q_{oc} \cdot t_N \text{ [Wh/rok]} \quad (22)$$

Kde $A_{f,int}$... celková podlahová plocha zóny stanovená vnitřními rozměry [m^2]
 f_{oc} ... časový podíl přítomnosti osob v zóně [–] dle tabulky 27
 q_{oc} ... průměrná produkce tepla osobami v zóně [$W \cdot m^{-2}$] dle tabulky 27
 t_N ... doba využití bez denního světla za rok [h] dle tabulky 27

Tabulka 28: Výpočet zisků od osob

Bytový dům		Byty	Tělocvična / Jídelna	Společenské prostory	Chodby a schodiště
Zóna 1					
$A_{f,int}$	[m^2]	653,73	31,44	57,22	182,97
f_{oc}	[–]	0,7	0	0	0
q_{oc}	[Wm^{-2}]	2	0	0	0
t_N	[h]	8760	8760	8760	8760
$Q_{int,oc,j}$	[Wh/rok]	8017344,72	0	0	0
Zóna 2					
$A_{f,int}$	[m^2]	-	100,79	45,68	51,88
f_{oc}	[–]	-	0,2	0	0
q_{oc}	[Wm^{-2}]	-	2	0	0
t_N	[h]	8760	8760	8760	8760
$Q_{int,oc,j}$	[Wh/rok]	0	353168,16	0	0
$Q_{int,oc}$	[Wh/rok]	8370512,88			
$Q_{int,oc}$	[kWh/rok]	8370,51			
Administrativní budova		Kanceláře	Zasedací prostory	Chodby a schodiště	
$A_{f,int}$	[m^2]	779,96	134,9	208,85	
f_{oc}	[–]	0,25	0,15	0	
q_{oc}	[Wm^{-2}]	5	24	0	
t_N	[h]	8760	8760	8760	
$Q_{int,oc,j}$	[Wh/rok]	8540562	4254206,40	0	
$Q_{int,oc}$	[Wh/rok]	12794768,40			
$Q_{int,oc}$	[kWh/rok]	12794,77			

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

5.4.3.1.2 Zisky od spotřebičů $Q_{int,ap}$

Tepelné zisky ze spotřebičů jsou vypočteny dle vzorce 23 v tabulce 29 na základě koeficientů z tabulky 27

$$Q_{int,ap} = A_{f,int} \cdot f_{ap} \cdot q_{ap} \cdot t_N \text{ [Wh/rok]} \quad (23)$$

Kde $A_{f,int}$... celková podlahová plocha zóny stanovená vnitřními rozměry [m^2]
 f_{ap} ... časový podíl provozu spotřebiče v zóně [–]
 q_{ap} ... průměrná produkce tepla spotřebiče v zóně [$W \cdot m^{-2}$]
 t_N ... doba využití bez denního světla za rok [h]

Tabulka 29: Výpočet zisků od spotřebičů

Bytový dům		Byty	Tělocvična / Jídelna	Společenské prostory	Chodby a schodiště
Zóna 1					
$A_{f,int}$	[m ²]	653,73	31,44	57,22	182,97
f_{ap}	[-]	0,2	0	0,2	0,2
q_{ap}	[Wm ⁻²]	3	50	0	0
t_N	[h]	8760	8760	8760	8760
$Q_{int,ap,1}$	[Wh/rok]	3436004,88	0	0	0
Zóna 2					
$A_{f,int}$	[m ²]	-	100,79	45,68	51,88
f_{ap}	[-]	-	0,2	0,2	0,2
q_{ap}	[Wm ⁻²]	-	2	0	0
t_N	[h]	8760	8760	8760	8760
$Q_{int,ap,2}$	[Wh/rok]	0	353168,16	0	0
$Q_{int,ap}$	[Wh/rok]	3789173,04			
$Q_{int,ap}$	[kWh/rok]	3789,17			
Administrativní budova		Kanceláře	Zasedací prostory	Chodby a schodiště	
$A_{f,int}$	[m ²]	779,96	134,9	208,85	
f_{ap}	[-]	0,25	0,15	0,2	
q_{ap}	[Wm ⁻²]	10	2	2	
t_N	[h]	8760	8760	8760	
$Q_{int,ap,j}$	[Wh/rok]	17081124	354517,20	731810,40	
$Q_{int,ap}$	[Wh/rok]	18167451,60			
$Q_{int,ap}$	[kWh/rok]	18167,45			

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

5.4.3.1.3 Zisky od osvětlení $Q_{int,lt}$

Tepelné zisky z osvětlení jsou vypočteny dle vzorce 25 v tabulce 31 na základě koeficientů z tabulky 27

$$Q_{int,lt,j} = (1 - \eta_{lt}) \cdot (1 - \eta_{lt,f}) \cdot \Phi_{lt,j} \cdot t_j \text{ [Wh/měsíc]} \quad (24)$$

Kde η_{lt} ... průměrná účinnost osvětlovací soustavy [-]
 $\eta_{lt,f}$... časový podíl přítomnosti osob v zóně [-]
 $\Phi_{lt,j}$... průměrný příkon elektřiny na osvětlení v j -tém měsíci [W]
 t_j ... délka j -tého měsíce [h]

Přičemž $t_N = (1 - \eta_{lt,f}) \cdot t_j$ čímž se vzorec zjednoduší následovně

$$Q_{int,lt} = (1 - \eta_{lt}) \cdot \Phi_{lt} \cdot t_N \text{ [Wh/rok]} \quad (25)$$

$$\Phi_{lt,j} = \frac{f_{lt,j} \cdot W_{lt,a} \cdot A_{f,int}}{8760} \text{ [W]} \quad (26)$$

Kde $f_{lt,j}$... činitel podílu spotřeby energie na osvětlení [-] dle tabulky 30
 $W_{lt,a}$... odhadnutá měrná roční dodaná energie na osvětlení [Wh. m⁻²/rok] dle tabulky 27
 $A_{f,int}$... celková podlahová plocha zóny stanovená vnitřními rozměry [m²]

Tabulka 30: Činitel podílu spotřeby energie $f_{it,j}$

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$f_{it,j}$	1,52	1,25	1,04	0,85	0,70	0,65	0,65	0,70	0,87	1,03	1,24	1,50

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

Tabulka 31: Výpočet zisků ze světla $Q_{int,lt}$

	A_f	$W_{lt,a}$	t_N	η_{lt}	Měsíc											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					$f_{it,j}$											
	[m ²]	[Wh·m ⁻² /rok]	[h]	[-]	1,52	1,25	1,04	0,85	0,7	0,65	0,65	0,7	0,87	1,03	1,24	1,5
Bytový dům																
Zóna 1																
Byty	653,73	2,5	1200	0,35	221,2	181,9	151,3	123,7	101,9	94,6	94,6	101,9	126,6	149,9	180,4	218,3
Tělocvična	31,44	12,2	100	0,35	4,33	3,56	2,96	2,42	1,99	1,85	1,85	1,99	2,48	2,93	3,53	4,27
Společenské prostory	57,22	0,18	800	0,35	0,93	0,76	0,64	0,52	0,43	0,40	0,40	0,43	0,53	0,63	0,76	0,92
Chodby a schodiště	182,97	0,18	800	0,35	2,97	2,44	2,03	1,66	1,37	1,27	1,27	1,37	1,70	2,01	2,42	2,93
Celkem za měsíc				[Wh/měsíc]	229,4	188,7	157,0	128,3	105,7	98,1	98,1	105,7	131,3	155,5	187,2	226,4
Zóna 2																
Jídelna	100,79	41,1	300	0,35	140,2	115,3	95,9	78,4	64,5	59,9	59,9	64,5	80,2	95,0	114,3	138,3
Společenské prostory	45,68	0,18	800	0,35	0,74	0,61	0,51	0,41	0,34	0,32	0,32	0,34	0,42	0,50	0,61	0,73
Chodby a schodiště	51,88	0,18	800	0,35	0,84	0,69	0,58	0,47	0,39	0,36	0,36	0,39	0,48	0,57	0,69	0,83
Celkem za měsíc				[Wh/měsíc]	141,7	116,6	97,0	79,3	65,3	60,6	60,6	65,3	81,1	96,1	115,6	139,9
Celkem				[Wh/rok]	2930,27											
Administrativní budova																
Kanceláře	779,96	42,5	300	0,05	163,9	134,8	112,2	91,7	75,5	70,1	70,1	75,5	93,8	111,1	133,7	161,8
Zasedací prostory	134,9	35	300	0,05	233	192	160	131	108	100	100	108	134	158	190	230
Chodby a schodiště	208,85	4,6	300	0,05	48	39	33	27	22	20	20	22	27	32	39	47
Celkem za měsíc				[Wh/měsíc]	192,0	157,9	131,4	107,4	88,4	82,1	82,1	88,4	109,9	130,1	156,7	189,5
Celkem				[Wh/rok]	15159,86											

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

5.4.3.2 Celkové sluneční (solární) tepelné zisky

Celkové solární tepelné zisky jsou dány ze slunečního záření, z orientace sběrných ploch a souborem vlastností daného prvku, jako je stínění, charakteristik propustnosti a pohltivosti sběrných ploch. Dále jsou závislé na časově proměnlivých klimatických podmínkách a pozici

slunce. Sběrnými plochami jsou uvažovány zasklení, vnitřní stěny, transparentní kryty a izolace. V budově se nevyskytují žádné speciální konstrukce $Q_{H,sol,spec,j}$ a zároveň se uvažuje o absenci nevytápěných prostor $Q_{H,sol,u,j}$ [5]

$$Q_{H,sol,j} = Q_{H,sol,gl,j} + Q_{H,sol,op,j} + Q_{H,sol,spec,j} + Q_{H,sol,u,j} \text{ [Wh/měsíc]} \quad (27)$$

Kde $Q_{H,sol,gl,j}$... solární zisky průsvitnými konstrukcemi [Wh/měsíc]
 $Q_{H,sol,op,j}$... solární zisky neprůsvitnými konstrukcemi [Wh/měsíc]
 $Q_{H,sol,spec,j}$... solární zisky speciálními konstrukcemi [Wh/měsíc]
 $Q_{H,sol,u,j}$... solární zisky z přilehlých nevytápěných prostor [Wh/měsíc]

V budově se nevyskytují žádné speciální konstrukce $Q_{H,sol,spec,j}$ a zároveň se uvažuje o absenci nevytápěných prostor $Q_{H,sol,u,j}$. Zároveň dle ČSN EN ISO 13790 jsou zanedbány solární zisky z neprůsvitných konstrukcí a tedy i výměna tepla sáláním $Q_{r,k,j}$. V tom případě se vzorec 27 zjednoduší na tvar

$$Q_{H,sol,j} = Q_{H,sol,gl,j} \text{ [Wh/měsíc]} \quad (28)$$

5.4.3.2.1 Solární zisky průsvitnými konstrukcemi $Q_{H,sol,gl}$

Výpočet solárních zisků průsvitných konstrukcí oken, světlíků, prosklených stěn apod. umístěných v hodnoceném prostoru se vypočítají dle vzorce [5]

$$Q_{H,sol,gl} = \sum_k (F_{sh,ob,k} \cdot F_{sh,gl,k} \cdot F_{gl,k} \cdot A_k \cdot F_{w,k} \cdot g_k \cdot l_{sol,k,j} - Q_{r,k,j}) \text{ [kWh/rok]} \quad (29)$$

Kde $F_{sh,ob,k}$... korekční činitel stínění k -tého okna pevnými překážkami [–], dle vyhlášky č. 78/2013 zjednodušeně pro 1.NP je rovno 0,6, pro další 0,9.
 $F_{sh,gl,k}$... průměrný korekční činitel clonění k -tého okna pohyblivým stínícím prostředím [–]
 $F_{gl,k}$... korekční činitel zasklení k -tého okna (podíl plochy prosklené ku celkové ploše) [–]
 A_k ... celková plocha k -tého okna [m^2]
 $F_{w,k}$... korekční faktor pro rozdílný směr dopadu záření (standartně 0,9) [–]
 g_k ... propustnost slunečního záření k -tého okna [–]
 $l_{sol,k,j}$... množství dopadající sluneční energie k -tého okna v j -tém měsíci [$kWh \cdot m^{-2} \cdot den^{-1}$] dle tabulky 32
 $Q_{r,k,j}$... výměna tepla sáláním mezi povrchem k -tého okna v j -tém měsíci [$kWh \cdot den^{-1}$], jsou-li dle ČSN EN ISO 13790 zanedbány solární zisky neprůsvitnými konstrukcemi, je zanedbán i $Q_{r,k,j}$

Tabulka 32: Činitel podílu spotřeby energie $I_{sol,k,j}$

$I_{sol,k,j}$ [kWh.m ⁻² .den ⁻¹]		Měsíc											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Počet dnů											
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Orientace	S	0,323	0,581	0,783	1,143	1,453	1,651	1,542	1,251	0,901	0,613	0,300	0,234
	J	1,106	1,966	2,268	2,435	2,502	2,218	2,324	2,647	2,252	1,832	1,051	0,759
	V	0,468	0,867	1,340	1,952	2,873	2,852	2,671	2,615	1,618	0,985	0,450	0,347
	Z	0,581	1,126	1,542	2,102	2,413	2,552	2,704	2,357	1,651	1,106	0,567	0,347

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z TNI 73 0331]

Pro tabulkový výpočet byl vzorec rozdělen na dvě části, kdy v první části je uvažováno $F_{sh,ob,k} \cdot F_{sh,gl,k} \cdot F_{gl,k} \cdot A_k \cdot F_{w,k} \cdot g_k$ uvedené v příloze 3 a v tabulce 33 a 34 se výsledky vynásobí množstvím dopadajícího slunce na plochu a počtem dní měsíce.

Tabulka 33: Výpočet solárních zisků průsvitnými konstrukcemi pro hodnocenou a alternativní budovu Komunitního bydlení

$Q_{H,sol,gl}$ [kWh.rok ⁻¹]	Měsíc												Součet
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Počet dnů												
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
S	0,323	0,581	0,783	1,143	1,453	1,651	1,542	1,251	0,901	0,613	0,3	0,234	
Hodnocená	151,4	246,0	367,1	518,6	681,2	749,1	722,9	586,5	408,8	287,4	136,1	109,7	4965,03
Alternativa	136,5	221,7	330,9	467,4	613,9	675,1	651,6	528,6	368,4	259,0	122,7	98,9	4474,66
J	1,106	1,966	2,268	2,435	2,502	2,218	2,324	2,647	2,252	1,832	1,051	0,759	
Hodnocená	430,8	691,7	883,5	917,9	974,6	836,1	905,3	1031,1	848,9	713,6	396,2	295,7	8925,59
Alternativa	388,3	623,4	796,2	827,3	878,4	753,6	815,9	929,3	765,1	643,2	357,1	266,5	8044,05
V	0,468	0,867	1,34	1,952	2,873	2,852	2,671	2,615	1,618	0,985	0,45	0,347	
Hodnocená	107,1	179,3	306,8	432,5	657,8	631,9	611,5	598,7	358,5	225,5	99,70	79,45	4288,76
Alternativa	96,57	161,58	276,49	389,78	592,80	569,5	551,1	539,6	323,1	203,2	89,86	71,60	3865,18
Z	0,581	1,126	1,542	2,102	2,413	2,552	2,704	2,357	1,651	1,106	0,567	0,347	
Hodnocená	122,83	215,01	326,00	430,05	510,14	522,12	571,66	498,30	337,78	233,82	116,00	73,36	3957,06
Alternativa	110,70	193,78	293,80	387,58	459,75	470,55	515,20	449,08	304,42	210,73	104,55	66,11	3566,24
Hodnocená budova			[kWh.rok ⁻¹]	22136,44									
Alternativní varianta			[kWh.rok ⁻¹]	19950,13									

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5], TNI 73 0331

Tabulka 34: Výpočet solárních zisků průsvitnými konstrukcemi pro budovu Komunitního bydlení před rekonstrukcí

$Q_{H,sol,gl}$ [kWh.rok ⁻¹]	Měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Počet dnů											
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
S	0,323	0,581	0,783	1,143	1,453	1,651	1,542	1,251	0,901	0,613	0,3	0,234
$Q_{H,sol,gl,S}$	147,7	239,95	358,02	505,76	664,36	730,55	705,06	572,00	398,68	280,29	132,6	106,9
J	1,106	1,966	2,268	2,435	2,502	2,218	2,324	2,647	2,252	1,832	1,051	0,759
$Q_{H,sol,gl,J}$	479,9	770,4	984,00	1022,4	1085,5	931,27	1008,3	1148,4	945,54	794,84	441,3	329,3
V	0,468	0,867	1,34	1,952	2,873	2,852	2,671	2,615	1,618	0,985	0,45	0,347
$Q_{H,sol,gl,V}$	131,2	219,44	375,50	529,35	805,09	773,42	748,48	732,79	438,78	276,02	122,1	97,24
Z	0,581	1,126	1,542	2,102	2,413	2,552	2,704	2,357	1,651	1,106	0,567	0,347
$Q_{H,sol,gl,Z}$	166,3	291,10	441,35	582,23	690,65	706,87	773,94	674,62	457,31	316,56	157,1	99,32
Součet všech měsíčních zisků [kWh.měsíc ⁻¹]												
$Q_{H,sol,gl}$	924,9	1520,9	2158,9	2639,7	3245,6	3142,1	3235,8	3127,9	2240,3	1667,7	853,1	632,9
Hodnocená budova	[kWh.rok ⁻¹]		25389,83									

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5], TNI 73 0331

5.4.3.2.2 Solární zisky neprůsvitnými konstrukcemi $Q_{H,sol,op,j}$

Výpočet solárních zisků neprůsvitných konstrukcí mohou být zanedbány, pokud se zanedbá $Q_{r,k,j}$, tedy výměna tepla sáláním mezi povrchem k -tého okna v j -tém měsíci dle ČSN EN ISO 13790 nebo se vypočítají dle vzorce [5]

$$Q_{H,sol,op,j} = \sum_k (F_{sh,ob,k} \cdot \alpha_{s,k} \cdot R_{se,k} \cdot U_k \cdot A_k \cdot l_{sol,k,j} - Q_{r,k,j}) [Wh/měsíc] \quad (30)$$

- Kde $F_{sh,ob,k}$... korekční činitel stínění k -té konstrukce pevnými překážkami [–]
 $\alpha_{s,k}$... pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu k -té konstrukce [–]
 $R_{se,k}$... tepelný odpor prostupu tepla na vnějším povrchu k -té konstrukce [m². K. W⁻¹]
 A_k ... celková plocha k -té konstrukce [m²]
 U_k ... součinitel prostupu tepla k -té konstrukce [W. m⁻². K⁻¹]
 $l_{sol,k,j}$... množství dopadající sluneční energie k -tého okna v j -tém měsíci [Wh. m⁻²]
 $Q_{r,k,j}$... výměna tepla sáláním mezi povrchem k -tého okna v j -tém měsíci [Wh]

5.4.4 Stupeň využití tepelných zisků

Stupeň využití tepelných zisků je stanoven nezávisle na otopné soustavě, tedy předpokládá se dokonalá teplotní regulace a ideální plynulé nastavení výkonu. Pomalá reakce a regulace vytápění může mít za následek významný vliv na využití tepelných zisků. [5]

Při výpočtech stupně využití tepelných zisků pro administrativní budovu i pro bytový dům v realizované i alternativní variantě bylo zjištěno, že ve všech případech i jednotlivých měsících je stupeň užití roven 1, tedy že bude využito veškeré získané teplo. A proto bude uveden pouze postup realizované budovy. [5]

$$\eta_{gn} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} = \frac{1 - 0,22072^{10,66}}{1 - 0,22072^{11,66}} = 1 \quad (31)$$

Kde γ ... poměr tepelných zisků Q_g a tepelných ztrát Q_L hodnoty použity z roční potřeby dle tabulky 25 [-]

a ... číselný parametr závislý na časové konstantě vypočtený dle vzorce 33 s užitím parametrů z tabulky 35 [-]

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_L} = \frac{37025,52 \times 10^3}{167747,60 \times 10^3} = 0,22072 \quad (32)$$

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0} = 1 + \frac{144,91}{15} = 10,66 \quad (33)$$

Kde τ ... časová konstanta budovy [h]

Tabulka 35: Typické hodnoty a_0 a τ_0

Typ budovy		a_0	τ_0	
I	Trvale vytápěná budova (více než 12 h denně), jako jsou obytné domy, hotely, nemocnice, ubytovny a výchovná zařízení	Výpočet měsíční	1	15
		Výpočet sezóní	0,8	30
II	Vytápění jen přes den (méně než 12 hodin denně), jako jsou školy, administrativní budovy, továrny, obchody	0,8	28	

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [2]

Časová konstanta budovy τ [h] vyjadřuje vnitřní tepelnou setrvačnost vytápěného prostoru, je vypočtena podle vzorce

$$\tau = \frac{C}{H} = \frac{C}{3600 \cdot (H_T + H_V)} = \frac{138,90 \times 10^6}{3600 \cdot (648,09 + 691,70)} = 144,91 \text{ h} \quad (34)$$

Kde C ... účinná vnitřní kapacita budovy [WhK^{-1}]

H ... měrná tepelná ztráta budovy dle tabulky 13 [WK^{-1}]

Účinná vnitřní tepelná kapacita budovy C [Wh] jde o součet hodnot tepelné kapacity všech kontaktních prvků budovy se vzduchem vytápěného prostoru či zóny, suma se počítá ze všech vrstev od vnitřního povrchu do tloušťky 10 centimetrů, nebo ke středu stavebního prvku [5]

$$C = \sum \chi_j \cdot A_j = \sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot c_{ij} \cdot d_{ij} \cdot A_j \quad [Wh] \quad (35)$$

Kde	χ_j	...	plošná vnitřní tepelná kapacita prvku j [$Whm^{-2}K^{-1}$]
	A_j	...	kontaktní plocha prvku j [m^2]
	ρ_{ij}	...	hustota stavební hmoty vrstvy i v prvku j [kgm^{-2}]
	c_{ij}	...	měrná tepelná kapacita stavební hmoty vrstvy i v prvku j [$Whkg^{-1}K^{-1}$]
	d_{ij}	...	tloušťka vrstvy i prvku j [m]

Jednotlivé výpočty tepelné kapacity pro realizovanou budovu jsou uvedeny v příloze 4 a účinná vnitřní tepelná kapacita byla stanovena

$$C = 138,90 \text{ MJ} = \frac{138,9 \times 10^6}{3600} = 38583,33 \text{ Wh}$$

5.5 Roční dodaná energie na vytápění

Roční potřeba energie EP_H na vytápění závisí na standardizovaném způsobu užívání budovy, tedy požadavky na vnitřní prostředí, provozní dobou užívání, provozní dobu energetických systémů, apod. Dále závisí na skladbě energetických systémů určených ke krytí potřeby energie. Energetické systémy jsou charakterizovány účinnostmi vyjadřujícími výrobu, distribuci a předání energie v konečném místě potřeby v rámci energetických systémů. EP_H se stanoví obecně jako součet měsíčních dodaných energií na vytápění $EP_{H,j}$, přičemž dílčí dodaná energie v j -tém měsíci se určí jako součet dodaných energií jednotlivých zdrojů tepla $Q_{sys,H,i}$ a celkovou účinností systému $\eta_{sys,H,i}$ rovnicí, výpočet je proveden v tabulce 36 a 37[5]

$$EP_H = \sum_{j=1}^{12} \left[\sum_{t=1}^m \left(\frac{Q_{H,dis,j} \cdot f_{H,t}}{COP_{H,gen,t}} + Q_{H,hp,t,j} \right) + \sum_{z=1}^n \frac{Q_{H,dis,j} \cdot f_{H,z}}{\eta_{H,gen,z}} + Q_{H,sc,j} + Q_{H,aux,j} \right] [kWh] \quad (36)$$

Kde	m	...	počet tepelných čerpadel [–]
	n	...	počet ostatních zdrojů tepla [–]
	$Q_{H,dis,j}$	...	vypočtená potřeba energie na vytápění v j -tém měsíci [kWh]
	f_H	...	podíl potřeby tepla připadající na zdroj [–]
	$COP_{H,gen,t}$	...	roční provozní topný faktor tepelného čerpadla [–]
	$\eta_{H,gen,z}$	...	celková průměrná účinnost tepla zdrojem z [–]
	$Q_{H,sc,j}$	...	energie ze solárních kolektorů využita na vytápění [kWh]
	$Q_{H,aux,j}$	...	pomocná energie na vytápění [kWh]
	$Q_{H,hp,t,j}$	...	energie získaná z okolního prostředí [kWh]

Tabulka 36: Výpočet roční potřeby tepla na vytápění pro realizovanou variantu

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Celkem
KoDuS - realizovaná [kWh/měsíc]													[kWh/rok]
$Q_{H,dis,j}$	31976	25547	22023	13441	6473	1701	2	573	7136	15185	23036	29679	176771
$Q_{H,hp,t,j}$	15780	12608	10869	6633	3194	839,6	0,884	282,9	3522	7494	11369	14647	87238
$COP_{H,gen,t}$ 3,39	$f_{H,t}$ 0,7	$f_{H,z}$ 0,3	$\eta_{H,gen,z}$ 0,914	$Q_{H,sc,j}$ 0	$Q_{H,aux,j}$ 23,07								
$EP_{H,j}$	32901	26291	22668	13843	6678	1772	24,92	612,5	7360	15636	23709	30539	
EP_H	182292 kWh/rok												

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

Tabulka 37: Výpočet roční potřeby tepla na vytápění pro alternativní variantu

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Celkem
KoDuS - alternativa [kWh/měsíc]													[kWh/rok]
$Q_{H,dis,j}$	29110	23247	20038	12204	5848	1488	0	456	6438	13782	20942	27007	160560
$Q_{H,hp,t,j}$	14366	11473	9889	6023	2886	734,1	0	225,2	3177	6802	10335	13328	79238
$COP_{H,gen,t}$ 3,39	$f_{H,t}$ 0,7	$f_{H,z}$ 0,3	$\eta_{H,gen,z}$ 0,914	$Q_{H,sc,j}$ 0	$Q_{H,aux,j}$ 23,07								
$EP_{H,j}$	29955	23926	20627	12572	6037	1553	0	492,3	6642	14194	21556	27792	
EP_H	165346 kWh/rok												
1) v případě záporné hodnoty není třeba přívodu tepla, je tedy použita hodnota 0													

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

Vypočtená potřeba energie na vytápění $Q_{H,dis,j}$ [kWh/měsíc] j -tého měsíce je uvedena v tabulce 38 a vypočte se podle vzorce

$$Q_{H,dis,j} = \frac{Q_{H,nd,j}}{\eta_{H,em} \cdot \eta_{H,dis}} - Q_{H,sc,j} \text{ [kWh/měsíc]} \quad (37)$$

Kde $Q_{H,nd,j}$... potřeba tepla na vytápění v j -tém měsíci [kWh/měsíc] dle kapitoly 5.4.1

$\eta_{H,em}$... účinnost sdílení tepla mezi vytápěným prostředím a distribučními prvky otopné soustavy stanovena 0,85 [protokol PENB] [–]

$\eta_{H,dis}$... účinnost distribuce na vytápění systému stanovena 0,87 [–]

$Q_{H,sc,j}$... energie ze solárních kolektorů využitá na vytápění [–], které nebyly instalovány, je tedy rovna 0

Tabulka 38: Výpočet potřeby energie na vytápění

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Celkem
$Q_{H,nd,j}$ [kWh/měsíc]													[kWh/rok]
KoDuS - realizovaná	23646	18892	16286	9939	4787	1258	1	424	5277	11229	17035	21947	130722
KoDuS - alternativa	21527	17191	14818	9025	4325	1100	-47	337	4761	10192	15486	19972	118687
$\eta_{H,em} = 0,85$	$\eta_{H,dis} = 0,87$	$Q_{H,dis,j}$ [kWh/měsíc]											[kWh/rok]
KoDuS - realizovaná	31976	25547	22023	13441	6473	1701	2	573	7136	15185	23036	29679	176771
KoDuS - alternativa	29110	23247	20038	12204	5848	1488	-64	456	6438	13782	20942	27007	160496

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

Energie získaná z okolního prostředí je vypočtena v tabulce 39 dle vzorce

$$Q_{H,hp,t,j} = \frac{COP_{H,gen,t} - 1}{COP_{H,gen,t}} \cdot Q_{H,dis,j} \cdot f_{H,t} = \frac{3,39 - 1}{3,39} \cdot Q_{H,dis,j} \cdot 0,7 \text{ [kWh/měsíc]} \quad (38)$$

Kde $COP_{H,gen,t}$... roční provozní topný faktor tepelného čerpadla [-] stanovena 3,39

$Q_{H,dis,j}$... vypočtená potřeba energie na vytápění v j -tém měsíci [kWh]
dle tabulky 38

$f_{H,t}$... podíl potřeby tepla připadající na zdroj [-] stanoven 0,7

Tabulka 39: Výpočet energie získané z okolního prostředí

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Celkem
$Q_{H,dis,j}$ [kWh/měsíc]													[kWh/rok]
KoDuS - realizovaná	31976	25547	22023	13441	6473	1701	2	573	7136	15185	23036	29679	176771
KoDuS - alternativa	29110	23247	20038	12204	5848	1488	0 (-64) ¹⁾	456	6438	13782	20942	27007	160560
$COP_{H,gen,t}$	3,39 [-]												
$f_{H,t}$	0,7 [-]												
$Q_{H,hp,t,j}$ [kWh/měsíc]													[kWh/rok]
KoDuS - realizovaná	15780	12608	10869	6633	3194	840	1	283	3522	7494	11369	14647	87238
KoDuS - alternativa	14366	11473	9889	6023	2886	734	0	225	3177	6802	10335	13328	79238

1) v případě záporné hodnoty není třeba přívodu tepla, je tedy použita hodnota 0

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

Pomocná energie na vytápění $Q_{H,aux,j}$ [kWh] j -tého měsíce se vypočte podle vzorce

$$Q_{H,aux} = \sum_{j=1}^{12} [(f_{H,ctl} \cdot P_{H,p} + P_{H,em}) \cdot f_{H,j} + P_{H,ctl}] \cdot t_j \text{ [kWh/rok]} \quad (39)$$

Kde $f_{H,ctl}$... korekční činitel typu čerpadla [-]

$P_{H,p}$... instalovaný příkon čerpadel [W]

$P_{H,em}$... instalovaný příkon systému emise energie [W]

$f_{H,j}$... časový podíl provozu otopné soustavy v j -tém měsíci [W]

$P_{H,ctl}$... instalovaný příkon systému měření a regulace [W]

t_j ... délka j -tého měsíce [h]

Pomocná energie byla stanovena v protokolu na 276,89 kWh/rok, měsíční ztráty jsou závislé na počtu dnů v měsíci

5.6 Výpočet potřeby energie na přípravu teplé vody

5.6.1 Stanovení potřeby vody $V_{W,day}$

Stanovení potřeby teplé vody $V_{W,day}$ [m^3/den] dle měrné denní potřeby uvádí ČSN EN 15 316 a TNI 73 0331. Výpočet potřeby teplé vody je dán počtem osob, zaměstnanců, lůžek apod. v závislosti na hodnotě měrné denní potřeby teplé vody uvedené v tabulce 40. Dle protokolu realizované budovy bylo stanoveno 35 litrů teplé vody na osobu a den v bytové zóně 1. V zóně 2, tedy v zóně společenské s jídelnou, bylo stanovena 5 litrů teplé vody na osobu. [5]

Tabulka 40: Specifické potřeby teplé vody o teplotě 60°C dle TNI 73 0331

Druh budovy	Specifická potřeba teplé vody $V_{W,f,day}$	Měrná jednotka	Počet provozních dnů
	[l / měrná jednotka . den]		
Rodinný dům	35 - 55	obyvatel	365
Bytový dům	30 - 45	obyvatel	365
Ubytovací zařízení	29	lůžko	365
Domov pro seniory	40	lůžko	365
Administrativní budova	4 - 8	osoba	257
Škola	10	osoba	257
Sportovní zařízení	101	instalovaná sprcha	325
Průmyslový závod	30	sprchová koupelna	---

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [2]

$$V_{W,day} = \frac{V_{W,f,day} \cdot f}{1000} = \frac{(35 + 5) \cdot 26}{1000} = 1,04 \text{ m}^3/den \quad (40)$$

Kde $V_{W,f,day}$... denní potřeba teplé vody dle tabulky 35 [l/den]
 f ... měrná jednotka [osoba]

Roční potřeba vody je pak stanovena $V_W = V_{W,day} \cdot 365 = 0,91 \cdot 365 = 379,6 \text{ m}^3/rok$

5.6.2 Výpočet tepla pro přípravu teplé vody $Q_{W,nd,j}$

Pro stanovení energetické náročnosti budovy je třeba stanovit potřebu teplé vody a tepla pro její přípravu, vypočteno v tabulce 42. [5]

$$Q_{W,nd,j} = V_{W,day} \cdot t_j \cdot c_w \cdot \rho_w (\theta_{W,del} - \theta_{W,0}) [MJ/měsíc] \quad (41)$$

Kde $V_{W,day}$... denní potřeba teplé vody dle 4.6.1 [m^3/rok]
 t_j ... počet dnů v měsíci
 c_w ... měrná tepelná kapacita vody [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$] $c_{W,60^\circ C} = 4,178$
 ρ_w ... hustota vody [$kg \cdot m^{-3}$] $\rho_{W,50^\circ C} = 988,0$
 $\theta_{W,del}$... výstupní teplota teplé vody dle ČSN 15316 60°C [°C]
 $\theta_{W,0}$... vstupní teplota studené vody přivedená do ohřívače dle ČSN 15316 10°C [°C]

5.6.3 Tepelné ztráty v přípravě teplé vody

Celkové tepelné ztráty v přípravě teplé vody byly stanoveny dle protokolu 8175 kWh/rok. Měsíční ztráty jsou závislé na počtu dní v měsíci.

5.6.3.1 Tepelné ztráty rozvodu teplé vody $Q_{W,dis,ls}$

Tepelné ztráty rozvodů teplé vody se stanoví dle vzorce

$$Q_{W,dis,ls} = \sum Q_{W,dis,ls,ind} + Q_{W,dis,ls,col} \quad [MJ/den] \quad (42)$$

Kde $Q_{W,dis,ls,ind}$... součet tepelných ztrát jednotlivých přívodních potrubí, která nejsou opatřena cirkulačním potrubím $[MJ/den]$
 $Q_{W,dis,ls,col}$... tepelná ztráta přívodního potrubí s cirkulačním potrubím $[MJ/den]$

$$Q_{W,dis,ls,ind} = \frac{\rho_W \cdot c_W}{1000} \cdot V_{W,dis} \cdot (\theta_{W,dis,nom} - \theta_{amb}) \cdot n_{tap} \quad [MJ/den] \quad (43)$$

Kde ρ_W ... hustota vody $[kgm^{-3}]$
 c_W ... měrná tepelná kapacita vody $[kJkg^{-1}K^{-1}]$
 $V_{W,dis}$... objem vody v potrubí $[m^3]$
 $\theta_{W,dis,nom}$... teplota teplé vody přiváděné do potrubí $[^{\circ}C]$
 θ_{amb} ... průměrná okolní teplota potrubí $[^{\circ}C]$
 n_{tap} ... počet odběrů teplé vody v průběhu dne $[-]$

$$Q_{W,dis,ls,col} = Q_{W,dis,ls,col,off} + Q_{W,dis,ls,col,on} \quad [MJ/den] \quad (44)$$

Kde $Q_{W,dis,ls,col,off}$... tepelné ztráty potrubí při cirkulaci $[MJ/den]$
 $Q_{W,dis,ls,col,on}$... tepelné ztráty potrubí bez cirkulace $[MJ/den]$

$$Q_{W,dis,ls,col,off} = \sum_i \frac{\rho_W \cdot c_W}{1000} \cdot V_{W,dis,i} \cdot (\theta_{W,dis,avg,i} - \theta_{amb,i}) \cdot n_{norm} \quad [MJ/den] \quad (45)$$

Kde ρ_W ... hustota vody $[kgm^{-3}]$
 c_W ... měrná tepelná kapacita vody $[kJkg^{-1}K^{-1}]$
 $V_{W,dis,i}$... objem vody v úseku potrubí $[m^3]$
 $\theta_{W,dis,avg,i}$... teplota teplé vody přiváděné do úseku potrubí $[^{\circ}C]$
 $\theta_{amb,i}$... průměrná okolní teplota úseku potrubí $[^{\circ}C]$
 n_{norm} ... počet provozních cyklů čerpadla v průběhu dne $[-]$

$$Q_{W,dis,ls,col,on} = \sum_i \frac{3,6}{1000} \cdot U_{w,i} \cdot L_{w,i} \cdot (\theta_{W,dis,avg,i} - \theta_{amb,i}) \cdot t_w \quad [MJ/den] \quad (46)$$

Kde $U_{w,i}$... součinitel prostupu tepla úseku potrubí $[Wm^{-1}K^{-1}]$
 $L_{w,i}$... délka úseku potrubí včetně přírážek $[m]$
 $\theta_{W,dis,avg,i}$... teplota teplé vody přiváděné do úseku potrubí $[^{\circ}C]$
 $\theta_{amb,i}$... průměrná okolní teplota úseku potrubí $[^{\circ}C]$
 n_w ... doba provozu cirkulačního čerpadla $[h/den]$

5.6.3.2 Tepelné ztráty zásobníku teplé vody $Q_{W,st,ls}$ [MJ/den]

$$Q_{W,st,ls} = \frac{\theta_{W,st,avg} - \theta_{amb,avg}}{\Delta\theta_{W,st,sby}} \cdot Q_{W,st,aby} \text{ [MJ/den]} \quad (47)$$

Kde $Q_{W,st,aby}$... tepelné ztráty zásobníku dle výrobce [MJ/den]
 $\theta_{W,st,avg}$... střední hodnota v zásobníku teplé vody [°C]
 $\theta_{amb,avg}$... střední hodnota okolí zásobníku teplé vody [°C]
 $\theta_{W,st,sby}$... střední rozdíl mezi teplotou vody zásobníku a jeho okolí [°C]

5.6.3.3 Tepelná ztráta přívodního a zpětného potrubí $Q_{W,p,ls}$ [MJ/den]

Nebo také potřeba tepla na pokrytí ztrát se vypočítá shodně jako výpočet tepelné ztráty potrubí při cirkulaci teplé vody $Q_{W,dis,ls,col,on}$, tedy

$$Q_{W,p,ls} = \sum_i \frac{3,6}{1000} \cdot U_{w,i} \cdot L_{w,i} \cdot (\theta_{W,dis,avg,i} - \theta_{amb,i}) \cdot t_w \text{ [MJ/den]} \quad (48)$$

5.7 Roční dodaná energie na přípravu teplé vody

Roční dodaná energie na přípravu teplé vody EP_W se stanoví jako součet měsíčních dodaných energií $EP_{W,j}$. Měsíční dodaná energie na přípravu teplé vody v j -tém měsíci je rovna součtu spotřeb energie jednotlivých zdrojů tepla. Energie dodané z okolního prostředí ze solárních kolektorů $Q_{W,sc,j}$ není uvažována, solární kolektory nebyly instalovány. V roční dodané energii na přípravu teplé vody EP_W je nutné zohlednit i pomocnou energii $Q_{W,aux,j}$ na provoz čerpadel a dalších systémů. Výpočet je uveden dle vzorce 49 v tabulce 41. [5]

$$EP_W = \sum_{j=1}^{12} \left[\sum_{t=1}^m \left(\frac{Q_{W,dis,j} \cdot f_{W,t}}{COP_{H,gen,t}} + Q_{W,hp,t,j} \right) + \sum_{z=1}^n \frac{Q_{W,dis,j} \cdot f_{W,z}}{\eta_{W,gen,z}} + Q_{W,aux,j} \right] \text{ [kWh]} \quad (49)$$

Kde m ... počet tepelných čerpadel [–]
 n ... počet ostatních zdrojů tepla [–]
 $Q_{W,dis,j}$... vypočtená potřeba energie na přípravu teplé vody v j -tém měsíci [kWh]
 f_w ... podíl potřeby tepla připadající na zdroj [–]
 $COP_{H,gen,t}$... roční provozní topný faktor tepelného čerpadla [–]
 $\eta_{W,gen,z}$... celková průměrná účinnost tepla zdrojem z [–]
 $Q_{W,aux,j}$... pomocná energie na přípravu teplé vody [kWh]
 $Q_{W,hp,t,j}$... energie získaná z okolního prostředí [kWh]

Tabulka 41: Výpočet roční dodané energie na přípravu teplé vody

Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Počet dnů v měsíci		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$Q_{W,dis,j}$	[kWh/měs]	2449	2212	2449	2370	2449	2370	2449	2449	2370	2449	2370	2449
$Q_{W,hp,t,j}$	[kWh/měs]	1215	1097	1215	1175	1215	1175	1215	1215	1175	1215	1175	1215
$Q_{W,aux,j}$	[kWh/měs]	4,561	4,119	4,561	4,414	4,561	4,414	4,561	4,561	4,414	4,561	4,414	4,561
$EP_{W,j}$	[kWh/měs]	2525	2281	2525	2443	2525	2443	2525	2525	2443	2525	2443	2525
EP_W	[kWh/rok]	29728,58											

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

Vypočtená potřeba energie na přípravu teplé vody $Q_{W,dis,j}$ [kWh/měsíc] j -tého měsíce je uveden v tabulce 42 a vypočte podle vzorce

$$Q_{W,dis,j} = Q_{W,nd,j} + Q_{W,tn,j} + Q_{W,net,j} + Q_{W,cir,j} \text{ [kWh/měsíc]} \quad (50)$$

- Kde $Q_{W,nd,j}$... potřeba tepla na přípravu teplé vody v j -tém měsíci [kWh/měsíc]
 $Q_{W,tn,j}$... potřeba tepla na pokrytí ztrát zásobníku teplé vody v j -tém měsíci [kWh/měsíc]
 $Q_{W,net,j}$... potřeba tepla na pokrytí ztrát rozvodů teplé vody v j -tém měsíci [kWh/měsíc]
 $Q_{W,cir,j}$... potřeba tepla na pokrytí ztrát systému cirkulace teplé vody v j -tém měsíci [kWh/měsíc]

Potřebu tepla na přípravu teplé vody v j -tém měsíci se vypočte jako součin potřeb tepla na přípravu teplé vody za den a počtem dnů v měsíci, jak je provedeno v tabulce 41.

Tabulka 42: Výpočet tepla na přípravu teplé vody v j -tém měsíci

Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Počet dnů v měsíci		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$V_{W,day}$	[m ³ /den]	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
$Q_{W,nd,j}$	[GJ/měs]	6654	6010	6654	6439	6654	6439	6654	6654	6439	6654	6439	6654
$Q_{W,nd,j}$	[kWh/měs]	1848	1669	1848	1789	1848	1789	1848	1848	1789	1848	1789	1848
Ztráty	[kWh/měs]	600,9	542,7	600,9	581,5	600,9	581,5	600,9	600,9	581,5	600,9	581,5	600,9
$Q_{W,dis,j}$	[kWh/měs]	2449	2212	2449	2370	2449	2370	2449	2449	2370	2449	2370	2449

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

Energie získaná z okolního prostředí, výpočet je proveden v tabulce 43

$$Q_{W,hp,t,j} = \frac{COP_{W,gen,t} - 1}{COP_{W,gen,t}} \cdot Q_{W,dis,j} \cdot f_{W,t} \text{ [kWh/měsíc]} \quad (51)$$

- Kde $COP_{W,gen,t}$... roční provozní topný faktor tepelného čerpadla [–] stanovena 3,43 [protokol PENB]
 $Q_{W,dis,j}$... vypočtená potřeba energie na přípravu teplé vody v j -tém měsíci dle tabulky X.Y [kWh]
 $f_{W,t}$... podíl potřeby tepla připadající na zdroj [–] stanoven 0,7 [protokol PENB]

Tabulka 43: Výpočet energie z okolního prostředí v j -tém měsíci

Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Počet dnů v měsíci		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$Q_{W,dis,j}$	[kWh/měs]	2449	2212	2449	2370	2449	2370	2449	2449	2370	2449	2370	2449
$Q_{W,hp,t,j}$	[kWh/měs]	1215	1097	1215	1176	1215	1175	1215	1215	1175	1215	1175	1215

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

Pomocná energie na přípravu teplé vody $Q_{W,aux,j}$ [kWh/rok] j -tého měsíce se vypočte

$$Q_{W,aux} = \sum_{j=1}^{12} [(f_{H,ctl} \cdot P_{H,p} + P_{H,em}) \cdot f_{H,j} + P_{H,ctl}] \cdot t_j \text{ [kWh/rok]} \quad (52)$$

Kde $f_{W,ctl}$... korekční činitel typu čerpadla [–]
 $P_{W,p}$... instalovaný příkon čerpadel [W]
 $P_{W,em}$... instalovaný příkon systému emise energie [W]
 $f_{W,j}$... časový podíl provozu otopné soustavy v j -tém měsíci [W]
 $P_{W,ctl}$... instalovaný příkon systému měření a regulace [W]
 t_W ... délka j -tého měsíce [h]

Pomocná energie byla stanovena v protokolu na 53,7 kWh/rok.

5.8 Roční dodaná energie na osvětlení a spotřebiče

Roční dodaná energie na osvětlení EP_L [W/rok] je roven součtu měsíčních dodaných energií na osvětlení $EP_{L,j}$ [W/měsíc]. Evropská směrnice 2010/31/EU EPBD II nezohledňuje spotřebu energie provozem spotřebičů, stejně tak o ní nemluví ani národní prováděcí vyhlášky MPO ČR č. 78/2013 Sb. a MDVRR SR č. 364/2012 Z.z. Z pohledu celkové energetické bilance budovy by bylo korektní tuto spotřebu zohlednit z důvodu zavádění chyby do výpočtu. Pokud se spotřebiče zohlední jako pozitivní faktor v ziscích energie dle kapitoly 5.4.3.1.1, bylo by vhodné neopomenout spotřebu energie na provoz spotřebičů na straně spotřeby energie na provoz. Výsledek je uveden v tabulce 44. Je tedy možné [5]

a) buď spotřebiče ve výpočtu vůbec neuvažovat a roční dodanou energii uvažovat pouze na osvětlení a počítat ji ze vztahu

$$EP_L = \sum_{j=1}^{12} \Phi_{lt,j} \cdot t_j \text{ [W/rok]} \quad (53)$$

Kde $\Phi_{lt,j}$... průměrný příkon elektřiny na osvětlení v j -tém měsíci [W] stanovený ze vztahu 23
 t_j ... délka j -tého měsíce [h]

b) nebo je uvažovat důsledně na obou stranách energetické bilance a vypočítat dle vztahu

$$EP_L = \sum_{j=1}^{12} \Phi_{lt,j} \cdot t_j + \sum_{j=1}^{12} Q_{int,ap,j} \quad [W/rok] \quad (54)$$

Kde $\Phi_{lt,j}$... průměrný příkon elektřiny na osvětlení v j -tém měsíci [W] vypočten v kapitole 5.4.3.1.3 dle vzorce 26
 t_j ... délka j -tého měsíce [h]
 $Q_{int,ap,j}$... tepelný zisk ze spotřebičů v j -tém měsíci [kWh/měsíc] vypočtené v kapitole 5.4.3.1.2 dle vzorce 23

Tabulka 44: Měsíční a roční dodaná energie na osvětlení a spotřebiče

měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EP _{Lj}	[kWh/měsíc]	1603	1318	1097	896	738	686	686	738	918	1086	1308	1582
EP _L	[kWh/rok]	12656											

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [PENB]

5.9 Celková dodaná energie

Celková dodaná energie je tvořena součtem dodaných energií nutných pro typické užívání objektu jednotlivými systémy. Dodaná energie zahrnuje potřebu energie korigovanou účinnostmi výroby a distribuce, rovněž je přičtena energie pomocná, která zajišťuje chod systému. [2]

Celková roční dodaná energie EP [J/rok], v některých literaturách značena jako Q_{fuel} , je rovna součtu dílčích dodaných energií za jednotku času, kterou je nejčastěji jeden měsíc, tedy EP_j [J/měsíc] a je vypočtena podle vzorce

$$EP = \sum_{j=1}^{12} EP_j = \sum_{j=1}^{12} EP_{H,j} + EP_{C,j} + EP_{F,j} + EP_{RH,j} + EP_{W,j} + EP_{L,j} \quad [J/rok] \quad (55)$$

Kde $EP_{H,j}$... dodaná energie na vytápění v j -tém měsíci [J/měsíc] vypočten v kapitole 5.5 tabulka 36 a 37
 $EP_{C,j}$... dodaná energie na chlazení v j -tém měsíci [J/měsíc]
 $EP_{F,j}$... dodaná energie na nucené větrání v j -tém měsíci [J/měsíc]
 $EP_{RH,j}$... dodaná energie na úpravu relativní vlhkosti vzduchu v j -tém měsíci [J/měsíc]
 $EP_{W,j}$... dodaná energie na přípravu teplé vody v j -tém měsíci [J/měsíc] vypočten v kapitole 5.7 tabulka 41
 $EP_{L,j}$... dodaná energie na osvětlení v j -tém měsíci [J/měsíc] vypočten v kapitole 5.8 tabulka 44

V případě převodu jednotek z GJ na kWh je užit vztah 1 GJ je roven 277,8 kWh. Výsledky pro realizovanou a alternativní variantu jsou uvedeny v tabulce 45.

Tabulka 45: Celková měsíční a roční dodaná energie

měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
KoDuS - realizovaná													
EP _{H,j}	[kWh/měsíc]	32901	26291	22668	13843	6678	1772	25	613	7360	15636	23709	30539
EP _{W,j}	[kWh/měsíc]	2525	2281	2525	2443	2525	2443	2525	2525	2443	2525	2443	2525
EP _{L,j}	[kWh/měsíc]	1603	1318	1097	896	738	686	686	738	918	1086	1308	1582
EP		224419					[kWh/rok]	807,843					[GJ/rok]
KoDuS - alternativa													
EP _{H,j}	[kWh/měsíc]	29955	23926	20627	12572	6037	1553	0	492	6642	14194	21556	27792
EP _{W,j}	[kWh/měsíc]	2525	2281	2525	2443	2525	2443	2525	2525	2443	2525	2443	2525
EP _{L,j}	[kWh/měsíc]	1603	1318	1097	896	738	686	686	738	918	1086	1308	1582
EP		207731					[kWh/rok]	747,771					[GJ/rok]

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [5]

Dle tohoto převodu se měrná roční dodaná energie EP_A uváděná v průřezu energetické náročnosti budovy uvádí v kWh/(m².rok)

$$EP_A = 277,8 \cdot \frac{EP}{A_f} \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)]} \quad (56)$$

Kde EP ... celková roční dodaná energie [GJ/rok] nebo [kWh/rok] dle tabulky 45
 A_f ... celková energeticky vztažná plocha z vnějších rozměrů [m²] uvedena v kapitole 5.1 v tabulce 4

Pro realizovanou variantu je měrná roční dodaná energie spočtena dle vzorce 55, přičemž při využití dat z tabulky 45 se tento vzorec upraví pro výpočet z jednotek kWh/(m².rok)

$$EP_A = \frac{EP}{A_f} \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)]} \quad (57)$$

Pro realizovanou variantu

$$EP_A = \frac{224419}{1514,2} = 148,21 \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)}$$

Pro alternativní variantu

$$EP_A = \frac{207731}{1514,2} = 137,19 \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)}$$

5.10 Rozdělení energie na jednotlivé energonositele

Celková dodaná energie je určitý energetický vstup do budovy prostřednictvím různých energonositelů jako je zemní plyn, elektřina, energie okolního prostředí nebo uhlí, koks apod. Energonositel je hmota nebo jev, který byl použit k výrobě mechanické práce, tepla či k ovládní fyzikálních procesů. Každý energonositel má v souladu s Vyhláškou 78/2013 Sb. stanovený faktor celkové primární energie a faktor neobnovitelné primární energie, který definuje vliv na životní prostředí. [2]

Návrhem systému bylo stanoveno pokrytí potřeby tepla plynovými kotly ze 30% a tepelnými čerpadly ze 70%, přičemž energie z okolního prostředí byla vypočtena dle vzorců 38, respektive 51 a zbylá část připadá na energonositel elektřiny, ke kterému je nutné přičíst dodanou energii na osvětlení dle kapitoly 5.8 a pomocnou energii jednotlivých systémů dle vzorců 52, respektive 39. Výpočet je proveden v tabulce 46 a faktory neobnovitelné primární energie a celkové primární energie jsou uvedeny v tabulce 47.

Tabulka 46: *Dílčí vypočtená spotřeba energie dle energonositele, celkové primární energie a neobnovitelné primární energie dle energonosičů*

Ergonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
	[kWh/rok]	[-]	[-]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
KoDuS - realizovaná					
Elektrická energie	55373,6	3,2	3,0	177195,5	166120,8
Zemní plyn	61682,7	1,1	1,1	67851,0	67851,0
Energie okolního prostředí	101539,3	1,0	0,0	101539,3	0,0
Celkem	218595,6			346585,8	233971,8
KoDuS - ralternativa					
Elektrická energie	52025,8	3,2	3,0	166482,8	156077,6
Zemní plyn	56819,4	1,1	1,1	62501,3	62501,3
Energie okolního prostředí	93539,3	1,0	0,0	93539,3	0,0
Celkem	202384,6			322523,5	218579,0

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [PENB]

Tabulka 47: *Hodnoty faktorů celkové primární energie a neobnovitelné primární energie pro hodnocenou budovu dle vyhlášky 78/2013 Sb.*

Ergonositel	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie
	[-]	[-]
Elektrická energie	3,2	3,0
Zemní plyn	1,1	1,1
Energie okolního prostředí	1,0	0,0

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [9]

6. Zhodnocení řešení

Zhodnocení výsledků úsporných opatření bude provedeno v souladu s Vyhláškou 78/2013 Sb. a Protokolu energetické náročnosti budovy. Avšak z důvodu nedostatečných informací o budově před rekonstrukcí nemůže být hodnocení kompletní, pro nedostupnost informací o stavu otopného systému stejně jako procentuálního využití budovy a systémů na osvětlení. Je však možné porovnat výsledky výpočtů na úrovni potřeby tepla na vytápění a hodnocení obálky budovy. Dále bude provedeno hodnocení zvolené varianty rekonstruované budovy a alternativní varianty v rozsahu vyhlášky. Zároveň bude provedeno porovnání vypočtené potřeby energie s reálnou hodnotou dle ročního vyúčtování energií.

6.1 Hodnocení obálky budovy

Hodnocení obálky budovy je provedeno pomocí součinitele prostupu tepla referenční budovou $U_{em,R} = 0,43 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ dle kapitoly 5.3.3 uvedeného v tabulce 16 a jeho aplikací do tabulky 3. Z tohoto důvodu je vytvořena tabulky 48, která definuje hraniční hodnoty klasifikačních tříd.

Tabulka 48: Výpočet referenčního součinitele prostupu tepla $U_{em,R}$

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
	$U_{em,R}$	
A	0,28	Mimořádně úsporná
B	0,35	Velmi úsporná
C	0,43	Úsporná
D	0,65	Méně úsporná
E	0,87	Nehospodárná
F	1,08	Velmi nehospodárná
G		Mimořádně nehospodárná

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [10]

Vypočet průměrného součinitele prostupu tepla se provede dle vzorce 6 pro všechny varianty budovy $U_{em} [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}]$ dle kapitoly 5.3.2. Vypočtené hodnoty měrných ztrát prostupem tepla jsou uvedeny v tabulce 13. Výsledek je uveden v tabulce 49 a zároveň je porovnán dle tabulky 43, čímž je klasifikován do příslušné třídy.

Tabulka 49: Klasifikace variant budovy

Stav	Zóna 1		Zóna 2		Celkem			Kategorie	
	H _{T,1}	A ₁	H _{T,2}	A ₂	H _T	A	U _{em}		
	[W.K ⁻¹]	[m ⁻²]	[W.K ⁻¹]	[m ⁻²]	[W.K ⁻¹]	[m ⁻²]	[W.m ⁻² .K ⁻¹]		
Před rekonstrukcí	3348,18	1608,9	563,72	274,9	3911,9	1883,8	2,0766	G	Mimořádně ne hospodárná
Po rekonstrukci	548,76		99,33		648,09		0,344	B	Velmi úsporná
Alternativa	446		80,91		526,91		0,2797	A	Mimořádně úsporná

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [10]

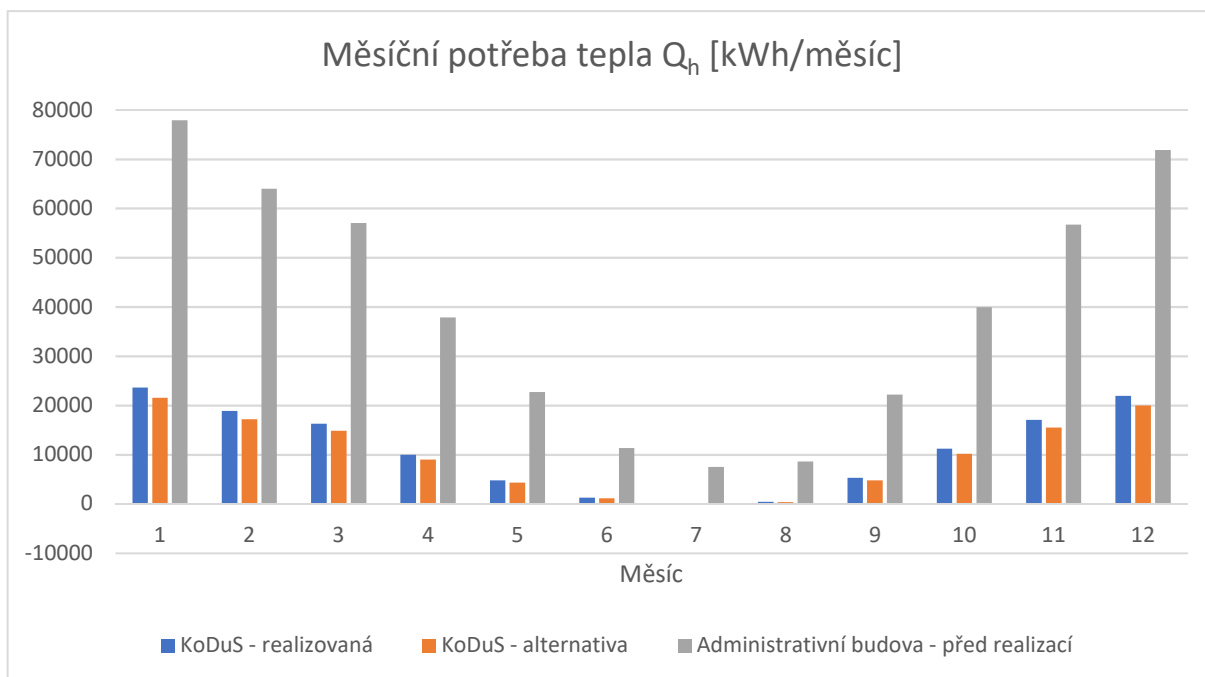
6.2 Hodnocení dílčí dodané energie

Hodnocení dílčí dodané energie na vytápění není požadováno a však hodnotu je nutné uvést v protokolu PENB.

6.2.1 Hodnocení dílčí dodané energie na vytápění

V případě stavu budovy před započítáním realizace nebyla známa otopná soustava, tedy nebyly známy parametry kotle či kotlů ani ztráty systému či pomocná energie. Není tedy možné tuto část hodnotit, nicméně dle vypočtených hodnot je možné hodnotit potřebu tepla na vytápění Q_h [kWh/rok] budovy před realizací, budovy pro realizaci a alternativní návrhovou variantou v časovém úseku jednoho měsíce, tedy měsíční potřebu tepla na vytápění $Q_{h,j}$, která je vypočítána v kapitole 5.4.1 dle vzorce 14 a zpracováno v grafu 2 je možné posoudit efektivnost úsporných opatření.

Graf 2: Jednotlivé měsíční potřeby tepla variant budovy



*Zdroj: vlastní zpracování

V hodnocení je třeba také zhodnotit požadavky na účinnost technického systému sloužícího k vytápění dle tabulky 1 dle požadavků referenční budovy uvedené v kapitole 4.1.2., které bylo provedeno v tabulce 50. Alternativná varianta zde počítá se shodným systémem vytápění.

Tabulka 50: Hodnocení požadavků na účinnost technického systému vytápění

Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na vytápění	Jmenovitý tepelný výkon	Účinnost výroby energie zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ / COP $_{H,gen}$	Účinnost distribuce energie na vytápění $\eta_{H,dis}$	Účinnost sdílení energie na vytápění $\eta_{H,em}$
	[-]	[-]	[%]	[kW]	[%]/[-]	[%]	[%]
Referenční budova	X	X	X	X	80 / -	85	80
Zóna 1	K 1	Zemní plyn	30	70	91 / -	87	85
	TČ 1	Elektrická energie Energie prostředí	70	15,73	- / 3,39		
Zóna 2	K 1	Zemní plyn	30	70	91 / -	87	85
	TČ 1	Elektrická energie Energie prostředí	70	15,73	- / 3,39		
X ... není stanoven požadavek na referenční budovu							
K ... kondenzační plynový kotel Buderus Logamax							
TČ ... tepelné čerpadlo Stiebel Eltron SBB 501 WP SOL							

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [PENB]

Do protokolu PENB se uvádí dílčí dodaná energie na vytápění v podobě měrné dílčí dodané energie na vytápění. Při aplikaci vzorce 56 a úvaze jednotek v kWh/(m².rok) je vzorec

$$EP_{A,H} = \frac{EP_H}{A_f} [kWh/(m^2 \cdot rok)] \quad (58)$$

Kde EP_H ... celková roční dodaná energie na vytápění [kWh/rok] dle tabulky 34 respektive 35

A_f ... celková energeticky vztažná plocha z vnějších rozměrů [m²] uvedena v kapitole 5.1 v tabulce 4

Pro realizovanou budovu je měrná dílčí dodaná energie na vytápění rovna

$$EP_{A,H} = \frac{EP_H}{A_f} = \frac{182\,292}{1514,2} = 120,39 \text{ kWh}/(m^2 \cdot rok)$$

Pro alternativní variantu budovy je měrná dílčí dodaná energie na vytápění rovna

$$EP_{A,H} = \frac{EP_H}{A_f} = \frac{165\,346}{1514,2} = 109,20 \text{ kWh}/(m^2 \cdot rok)$$

Hodnocení dílčí dodané energie na vytápění je provedeno pomocí měrné dílčí dodané energie na vytápění referenční budovy, která byla stanovena v protokolu PENB hodnotou

189,70 kWh/(m².rok) v závislosti na účinnosti systémů referenční budovy. Aplikací této hodnoty do tabulky 3 vznikla tabulka 51, která definuje hraniční hodnoty klasifikačních tříd.

Tabulka 51: Výpočet dílčí měrné dodané energie na vytápění

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
	EP _{A,H}	
A	94,85	Mimořádně úsporná
B	142,28	Velmi úsporná
C	189,70	Úsporná
D	284,55	Méně úsporná
E	379,40	Nehospodárná
F	474,25	Velmi nehospodárná
G		Mimořádně nehospodárná

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [10]

Z tabulky 51 vyplývá, že realizovaná i alternativní budova spadá do třídy B, tedy velmi úsporné klasifikační třídy.

6.2.2 Hodnocení dílčí dodané energie na přípravu teplé vody

V hodnocení je třeba zhodnotit požadavky na účinnost technického systému sloužícího k přípravě teplé vody dle tabulky 1 a dle požadavků referenční budovy uvedené v kapitole 4.1.2., které bylo provedeno v tabulce 52. Alternativná varianta zde počítá se shodným systémem vytápění.

Tabulka 52: Hodnocení požadavků na účinnost technického systému přípravy teplé vody

Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie ohřev TV	Objem zásobníku TV	Jmenovitý tepelný výkon	Účinnost výroby energie zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ / COP _{H,gen}	Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody vztahovaná k objemu zásobníku v litrech Q _{W,st}	Měrná tepelná ztráta rozvodů teplé vody vztahovaná k délce rozvodů teplé vody Q _{W,dis}
	[-]	[-]	[%]	[l]	[kW]	[%]/[-]	[kWh/(l.den)]	[kWh/(m.den)]
Referenční budova	X	X	X	X	X	85 / -	0,007	0,15
Zóna 1	K 2	Zemní plyn	30	1000	70	91,18 / -	0,0039	0,0221
	TČ 2	Elektrická energie Energie prostředí	70		15,73	- / 3,43		
Zóna 2	K 2	Zemní plyn	30	1000	70	91,18 / -	0,0039	0,0221
	TČ 2	Elektrická energie Energie prostředí	70		15,73	- / 3,43		
X ... není stanoven požadavek na referenční budovu								
K ... kondenzační plynový kotel Buderus Logamax								
TČ ... tepelné čerpadlo Stiebel Eltron SBB 501 WP SOL								

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [PENB]

Do protokolu PENB se uvádí dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody v podobě měrné dílčí dodané energie na přípravu teplé vody. Obdobou vzorce 58 pro obě varianty budovy vypočteme měrnou dílčí dodanou energii na přípravu teplé vody

$$EP_{A,W} = \frac{EP_W}{A_f} = \frac{29728,58}{1514,2} = 19,63 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

Hodnocení dílčí dodané energie na přípravu teplé vody je provedeno pomocí měrné dílčí dodané energie na přípravu teplé vody referenční budovy, která byla stanovena v protokolu PENB hodnotou 31,86 kWh/(m².rok) v závislosti na účinnosti systémů referenční budovy. Aplikací této hodnoty do tabulky 3 můžeme systém přípravy teplé vody spadá klasifikovat do třídy B, tedy velmi úsporné klasifikační třídy.

6.2.3 Hodnocení dílčí dodané energie na osvětlení

Do protokolu PENB se uvádí dílčí dodaná energie na osvětlení v podobě měrné dílčí dodané energie na osvětlení. Obdobou vzorce 58 pro obě varianty budovy vypočteme měrnou dílčí dodanou energii na osvětlení

$$EP_{A,L} = \frac{EP_L}{A_f} = \frac{12656}{1514,2} = 8,36 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

Hodnocení dílčí dodané energie na osvětlení je provedeno pomocí měrné dílčí dodané energie na osvětlení referenční budovy, která byla stanovena v protokolu PENB hodnotou 9,91 kWh/(m².rok) v závislosti na účinnosti systémů referenční budovy. Aplikací této hodnoty do tabulky 3 můžeme systém přípravy teplé vody spadá klasifikovat do třídy C, tedy úsporné klasifikační třídy.

6.3 Hodnocení dodaných energií

Dle vyhlášky 78/2013 Sb. se uvádí celková dodaná energie EP , celková primární energie a neobnovitelná primární energie.

6.3.1 Hodnocení celkové dodané energie

Celková dodaná energie EP byla vypočtena dle vzorce 55 z kapitoly 5.9 a výsledky jsou uvedeny v tabulce 45 a měrné hodnoty pro realizovanou budovu 148,21 kWh/(m².rok), respektive pro alternativní variantu 137,19 kWh/(m².rok). Celková dodaná energie referenční budovy EP_{ref} byla stanovena v protokolu PENB hodnotou 350 473,65 kWh/rok a měrnou hodnotou 231,47 kWh/(m².rok). Aplikací těchto hodnot do tabulky 3 vznikla tabulka 53, která

definuje hraniční hodnoty klasifikačních tříd. Z ní vyplývá, že celková dodaná energie pro realizovanou budovu spadá do třídy B, tedy velmi úsporné klasifikační třídy. V případě alternativní varianty je to shodné

Tabulka 53: Hraniční hodnoty klasifikace celkové dodané energie

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
	EP _{ref}	
A	115,74	Mimořádně úsporná
B	173,60	Velmi úsporná
C	231,47	Úsporná
D	347,21	Méně úsporná
E	462,94	Nehospodárná
F	578,68	Velmi nehospodárná
G		Mimořádně nehospodárná

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [10]

6.3.2 Hodnocení neobnovitelné primární energie

Požadavek na neobnovitelnou primární energii *NPE* vypočítanou v kapitole 5.10 porovnáme s neobnovitelnou primární energií referenční hodnoty, která byla stanovena dle Vyhlášky 78/2013 Sb. a dle PENB hodnotou 402 226,47 kWh/rok, tedy měrnou hodnotou 265,65 kWh/(m².rok). Aplikací těchto hodnot do tabulky 3 vznikla tabulka 54, která definuje hraniční hodnoty klasifikačních tříd.

Tabulka 54: Hraniční hodnoty klasifikace neobnovitelné primární energie

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
	NEP _{ref}	
A	132,83	Mimořádně úsporná
B	199,24	Velmi úsporná
C	265,65	Úsporná
D	398,48	Méně úsporná
E	531,30	Nehospodárná
F	664,13	Velmi nehospodárná
G		Mimořádně nehospodárná

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z [10]

Do protokolu PENB se uvádí celková neobnovitelná primární energie *NPE* [MWh/rok] a měrná neobnovitelná primární energie *NPE_A* [kWh/(m².rok)]. Obdobou vzorce 58 realizovanou budovu vypočteme měrnou neobnovitelnou primární energii *NPE_A*

$$NPE_A = \frac{NPE}{A_f} = \frac{233971,8}{1514,2} = 154,52 \text{ kWh}/(m^2 \cdot rok)$$

Pro alternativní variantu je měrná neobnovitelná primární energie NPE_A

$$NPE_A = \frac{NPE}{A_f} = \frac{218579,0}{1514,2} = 144,35 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

Z tabulky 54 vyplývá, že neobnovitelná primární energie pro realizovanou budovu spadá do třídy B, tedy velmi úsporné klasifikační třídy. V případě alternativní varianty je to shodné.

6.4 Hodnocení vypočtených a reálných hodnot energie

V budově Komunitního bydlení pro seniory jsou umístěny měřiče tepla pro jednotlivé byty v blízkosti hranice bytů. Z tohoto důvodu je vhodné použít vypočtené hodnoty celkové potřeby tepla Q_h realizované budovy dle kapitoly 5.4.1 a porovnat je s naměřenými hodnotami.

Potřeba tepla Q_h byla výpočtem stanovena na hodnotu 130 722 kWh/rok dle tabulky 17 zatímco naměřená hodnota v závislosti na počátku předání bytů za rok 2018 byla naměřena dle tabulky 52.

Tabulka 55: Reálně naměřená potřeba tepla na vytápění jednotlivých bytů

Byt	Měření	Umístění	Předání bytu	Jedn.	1.2.	1.3.	15.3.	1.5.	31.12.	Spotřeba
Byt č. 1	Měřič tepla	ve skladu v 1NP	02.02.2018	kWh	693,6				6 206,7	5 513,1
Byt č. 2	Měřič tepla	ve skladu v 1NP	29.01.2018	kWh	635,4				3 979,7	3 344,3
Byt č. 3	Měřič tepla	v prádelně	01.02.2018	kWh	410,0				1 384,1	974,1
Byt č. 4	Měřič tepla	v prádelně	29.01.2018	kWh	434,4				1 905,0	1 470,6
Byt č. 5	Měřič tepla	v prádelně	31.01.2018	kWh	414,6				4 859,7	4 445,1
Byt č. 6	Měřič tepla	v prádelně	02.02.2018	kWh	411,0				3 259,7	2 848,7
Byt č. 7	Měřič tepla	v prádelně	26.04.2018	kWh				1 185	3 272,4	2 087,6
Byt č. 8	Měřič tepla	v prádelně	23.04.2018	kWh				1 353	3 556,7	2 203,8
Byt č. 9	Měřič tepla	úkl. místn. 3NP	01.03.2018	kWh		306,6			736,8	430,2
Byt č. 10	Měřič tepla	úkl. místn. 3NP	29.01.2018	kWh	267,5				1 032,4	764,9
Byt č. 11	Měřič tepla	úkl. místn. 3NP	02.02.2018	kWh	447,9				4 403,6	3 955,7
Byt č. 12	Měřič tepla	úkl. místn. 3NP	16.03.2018	kWh			864,1		2 018,1	1 154,0
Byt č. 13	Měřič tepla	úkl. místn. 3NP	01.02.2018	kWh	341,7				1 584,5	1 242,8
Byt č. 14	Měřič tepla	úkl. místn. 3NP	24.01.2018	kWh	394,7				1 536,6	1 141,9
Byt č. 15	Měřič tepla	na chodbě 4NP	01.02.2018	kWh	396,4				2 321,9	1 925,5
Byt č. 16	Měřič tepla	na chodbě 4NP	01.02.2018	kWh	381,3				3 290,8	2 909,5
Společ. prostory	Měřič tepla	Součet	01.01.2018	kWh						2 622,0
Celkem				kWh						39 033,8

*Zdroj: vlastní zpracování, čerpáno z ročního vyúčtování KoDuSu

Zde je patrné, že reálná spotřeba dosahuje pouze 29,86% vypočtené hodnoty.

7. Závěr a doporučení

Cílem práce bylo zhodnocení tepelně technických vlastností budov, jejich energetické náročnosti a posouzení možností rekonstrukce. Práce je rozdělena tematicky na čtyři části. První část objasňuje legislativu a postupy tvorby průkazu energetické náročnosti budovy, kde byly popsány rozdílné postupy výpočtů mezi normami ČSN 73 0540 a ČSN EN ISO 13 790, kde druhá ze zmíněných norem již není platná, současně je však doporučena Vyhláškou č. 78/2013 Sb. a využita ve výpočetních programech.

Druhá část se zabývá možnostmi snížení energetické náročnosti před započítáním stavebních prací, tedy v počátku záměru a plánování budoucí realizace. Pomocí odborné literatury a školení bylo zjištěno, že rekonstrukce je z důvodu nemožnosti volby konstrukčních materiálů nosných konstrukcí mnohem náročnější problematikou nejen výpočetní, ale také určením materiálu a homogenity stávajících prvků. Za překvapivé považuji statistické zhodnocení neprůvzdušnosti novostaveb od počátku projektovaných jako pasivní domy, u nichž je dán legislativní požadavek intenzity výměny vzduchu, je tedy takto i navrhován celých 42 % tento požadavek nesplní.

V třetí části se zabývám výpočtem hodnot pro posouzení roční tepelné bilance budovy Komunitního bydlení pro seniory v Semčicích u Mladé Boleslavi a vytvoření průkazu PENB. Na přípravě a samotné rekonstrukci tohoto objektu jsem se podílel a mohu konstatovat, že v některých případech bylo opravdu složité zjistit skladbu a případnou homogenitu dané konstrukce. Výpočty byly provedeny pro administrativní budovu z důvodu původního využití budovy v rozsahu známých informací o budově, pro realizovanou rekonstrukci budovy a dále pro alternativní variantu rekonstrukce s ohledem na ekonomickou zátěž rekonstrukce.

Při hodnocení těchto tří variant ve čtvrté části byly realizovanou rekonstrukcí sníženy vypočtené potřeby tepla na vytápění budovy o více než 346 MWh za rok menší, v případě mnou navržené alternativy v podobě pouze zateplovacích materiálů a oken o více než 358 MWh za rok menší a oproti realizaci by byly náklady na tepelně izolační materiály nižší o 159 946 Kč. A však tyto peníze by se použili k doplacení rozdílu navrhovaných oken. Tyto alternativní úpravy by snížili výpočtovou hodnotu spotřeby energie oproti realizované budově o 12 035,1 kWh za rok a při přepočtu ceny zhruba čtyř korun za kWh by roční úspora byla 48 140 Kč za rok, které by se mohly využít k instalaci solárních panelů, například

fotovoltaických, čímž by klesl podíl neobnovitelné energie a tedy i negativní vliv budovy na životním prostředí.

I v případě realizované rekonstrukce oproti původnímu stavu však došlo k velké výpočtové energetické úspoře. Slovo výpočtové je zde užito záměrně z důvodu odchylky zanášené do výpočtů. Již z principu porovnávání a normování budovy pomocí průměrných koeficientů zanáší do výpočtů energetické náročnosti budov chybu v podobě nejednotného užívání těchto budov. Každá osoba vnímá pohodu prostředí dle svého pocitu pohody, zároveň pobyt a chování osob v budově a řada dalších faktorů ovlivňují reálnou hodnotu potřeby energie. V závěru hodnocení a práce jsem porovnal hodnotu potřeby tepla, která je nejbližší měřené hodnotě dodaného tepla na hranici jednotlivých bytů s hodnotami použitými v závěru roku 2018 k vyúčtování služeb Komunitního bydlení. Tato hodnota je sice ovlivněna počátkem užívání budovy, kdy celý první měsíc byla budova prázdná, avšak rozdíl hodnoty vypočtené oproti hodnotě naměřené je velmi překvapivý. Komunitní bydlení v závěru roku 2018 rozpočítalo energie na topení odečtené měřiči tepla v celkovém množství 39 033,8 kWh za rok, což je 29,86% vypočtené hodnoty. V případě celoročního užívání budovy předpokládám celkové množství energie na topení zhruba 47 970,7 kWh za rok, což je 36,70% vypočtené hodnoty.

8. Seznam použitých zdrojů

- [1] Zateplení a rekonstrukce rodinného domu. STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 978-80-247-4808-5.
- [2] *Energetické hodnocení budov*. Brno: Vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-214-5274-9.
- [3] DAHLSVEEN, Trond, Dušan PETRÁŠ, Ivan CHMÚRNY, Alfonz SMOLA, Otília LULKOVIČOVÁ, Belo FÜRI a Rastislav KONKOL'. *ENERGETICKÝ AUDIT A CERTIFIKÁCIA BUDOVOV*. Bratislava: JAGA GROUP, 2008. ISBN 978-80-8076-063-2.
- [4] MRÁZEK, Karel a Alena HORÁKOVÁ. *UŽITÍ EN NOREM PRO VÝPOČET POTŘEBY TEPLA A VYUŽITÍ PRIMÁRNÍ ENERGIE*[online]. Praha: Stavebně technický ústav-E, 2005 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/5138.pdf>
- [5] SVOBODA, Zbyněk. *Výpočet energetické náročnosti budov* [online]. Praha: FSv ČVUT Praha, 2019 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <http://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=52&sub=216>
- [6] Potřeba vody a tepla pro přípravu teplé vody. *Tzbinfo* [online]. Praha: topinfo.cz, 2010, 11.10.2010 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.tzbinfo.cz/energeticka-narocnost-budov/6839-potreba-vody-a-tepla-pro-pripravu-teple-vody>
- [7] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [8] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [9] STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 978-80-247-4808-5.
- [10] *Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov*

- [11] ŠUBRT, Roman. *Tepelné mosty: pro nízkoenergetické a pasivní domy: 85 prověřených a spočítaných stavebních detailů*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-4059-1.
- [12] *TepelnyMost.cz* [online]. České Budějovice: Energy Consulting [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <http://tepelnymost.cz/index.php?page=kontakt>
- [13] *Novabrik.cz* [online]. Polička, 2019 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.novabrik.cz>
- [14] *Weber, SAINT-GOBAIN* [online]. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ a.s, 2019 [cit. 2019-03-28].
- [15] ŽIDEK, Ondřej. *Řešení osazení oken z tepelně-technického a ekonomického pohledu* [online]. Brno: DEK Atelier, 2018, 38 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/clanky/0081-predsazena-montaz-oken/osazeni-oken-zidek.pdf
- [16] HAZUCHA, Juraj a Stanislav PALEČEK. *Kvalita neprůvzdušnosti* [online]. Brno: Centrum pasivních domů, 2013, 6 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/webove-infolisty-08-kvalita-neprovzdušnost/f2528>
- [17] DANIELS, Klaus. *Technika budov: příručka pro architekty a projektanty*. Bratislava: Jaga group, 2003. ISBN 80-88905-63-x.
- [18] MAJLING, Eduard. Lokální zdroje tepla anebo čím si doma zatopit. *Oenergetice.cz* [online]. 23.5.2015 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/lokalni-zdroje-tepla-aneb-cim-si-doma-zatopit/>
- [19] *Korado, a.s.: Větrací jednotky* [online]. Liberec, 2019 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/vetraci-jednotky.html>
- [21] NAVRÁTIL, Antonín. Porovnání fotovoltaického a fototermického ohřevu vody. *DEKTIME* [online]. 2019, 2019, **2019**, 7 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://www.dekpartner.cz/vzdelavaci-centrum/#4>

9. Seznam obrázků

Obrázek 1: Princip výpočtu energetické náročnosti dle Vyhlášky 78/2013 Sb.	5
Obrázek 2: Prvky rekonstrukce na domě	10
Obrázek 3: Zateplení šikmé střechy nad krokvy	11
Obrázek 4: Zateplení šikmé střechy mezi a pod krokvy	11
Obrázek 5: Zateplení nevytápěného podkroví s průběhem teplot	13
Obrázek 6: Zateplení nevytápěného podkroví	14
Obrázek 7: Zateplení nevytápěného podkroví	14
Obrázek 8: Zateplení obvodových stěn základových konstrukcí s průběhem teplot	15
Obrázek 9: Zateplení podlahy nad sklepem s průběhem teplot	16
Obrázek 10: Princip osazení okna a změna tepelného toku	18
Obrázek 11: Princip osazení okna a změna tepelného toku	19
Obrázek 12: Princip zimní zahrady ve spojení se solárními zisky	19
Obrázek 13: Princip fototermického kolektoru	23
Obrázek 14: Princip fotovoltaického panelu	24

10. Seznam tabulek

Tabulka 1: Ukázka parametrů referenční budovy	7
Tabulka 2: Požadavky na splnění ukazatele energetické náročnosti	7
Tabulka 3: Třídy energetické náročnosti budov ER	8
Tabulka 4: Objemové parametry hodnocené budovy	25
Tabulka 5: Teplotní oblasti ČR, návrhová teplota v zimním období	26
Tabulka 6: Teplotní parametry hodnocené budovy	26
Tabulka 7: Měsíční teplotní parametry hodnocené budovy	26
Tabulka 8: Tepelné odpory R_{si} a R_{se}	27
Tabulka 9 Vypočtené tepelné odpory	28
Tabulka 10: Vybrané požadované $U_{N,20}$ a doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	29
Tabulka 11: Průměrný vliv tepelných vazeb ΔU_{tbm}	30
Tabulka 12: Redukční faktor b_j	30
Tabulka 13: Součinitel prostupu tepla a měrný tepelný tok prostupem	31

Tabulka 14: Obvyklé hodnoty $\Delta U_{em,R}$	32
Tabulka 15: Redukční činitel f_R	32
Tabulka 16: Výpočet celkového referenčního součinitele prostupu tepla $U_{em,R}$	33
Tabulka 17: Výpočet celkové potřeby tepla Q_h a měsíční potřeby tepla $Q_{h,j}$	34
Tabulka 18: Výpočet měrné tepelné ztráty H_v	35
Tabulka 19: Výpočet maximální hodnoty průtoku vzduchu	35
Tabulka 20: Příklady hygienického minima	36
Tabulka 21: Hygienické množství vzduchu	36
Tabulka 22: Intenzita výměny vzduchu pro celou budovu n_{50}	36
Tabulka 23: Stínící činitel e	37
Tabulka 24: Výpočet infiltrace obvodovým pláštěm	37
Tabulka 25: Výpočet celkových tepelných zisků	38
Tabulka 26: Výpočet vnitřních tepelných zisků	39
Tabulka 27: Tabulka koeficientů pro tepelné zisky	39
Tabulka 28: Výpočet zisků od osob	40
Tabulka 29: Výpočet zisků od spotřebičů	41
Tabulka 30: Činitel podílu spotřeby energie $f_{t,j}$	42
Tabulka 31: Výpočet zisků ze světel $Q_{int,It}$	42
Tabulka 32: Činitel podílu spotřeby energie $I_{sol,k,j}$	44
Tabulka 33: Výpočet solárních zisků průsvitnými konstrukcemi pro hodnocenou a alternativní budovu Komunitního bydlení	44
Tabulka 34: Výpočet solárních zisků průsvitnými konstrukcemi pro budovu Komunitního bydlení před rekonstrukcí	45
Tabulka 35: Typické hodnoty a_0 a τ_0	46
Tabulka 36: Výpočet roční potřeby tepla na vytápění pro realizovanou variantu	48
Tabulka 37: Výpočet roční potřeby tepla na vytápění pro alternativní variantu	48
Tabulka 38: Výpočet potřeby energie na vytápění	48
Tabulka 39: Výpočet energie získané z okolního prostředí	49
Tabulka 40: Specifické potřeby teplé vody o teplotě 60°C dle TNI 73 0331	50
Tabulka 41: Výpočet roční dodané energie na přípravu teplé vody	53
Tabulka 42: Výpočet tepla na přípravu teplé vody v j-tém měsíci	53
Tabulka 43: Výpočet energie z okolního prostředí v j-tém měsíci	54

Tabulka 44: Měsíční a roční dodaná energie na osvětlení a spotřebiče	55
Tabulka 45: Celková měsíční a roční dodaná energie	56
Tabulka 46: Dílčí vypočtená spotřeba energie dle energonositele, celkové primární energie a neobnovitelné primární energie dle energonosičů	57
Tabulka 47: Hodnoty faktorů celkové primární energie a neobnovitelné primární energie pro hodnocenou budovu dle vyhlášky 78/2013 Sb.	57
Tabulka 48: Výpočet referenčního součinitele prostupu tepla $U_{em,R}$	58
Tabulka 49: Klasifikace variant budovy	59
Tabulka 50: Hodnocení požadavků na účinnost technického systému vytápění	60
Tabulka 51: Výpočet dílčí měrné dodané energie na vytápění	61
Tabulka 52: Hodnocení požadavků na účinnost technického systému přípravy teplé vody	61
Tabulka 53: Hraniční hodnoty klasifikace celkové dodané energie	63
Tabulka 54: Hraniční hodnoty klasifikace neobnovitelné primární energie	63
Tabulka 55: Reálně naměřená potřeba tepla na vytápění jednotlivých bytů	64

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: - 69/-, k.ú. 747165, p.č. 74

PSČ, místo: 294 46, Semčice

Typ budovy: Bytový dům

Plocha obálky budovy: 1883.79 m²

Objemový faktor tvaru A/V: 0.35 m²/m³

Celková energeticky vztažná plocha: 1514.15 m²

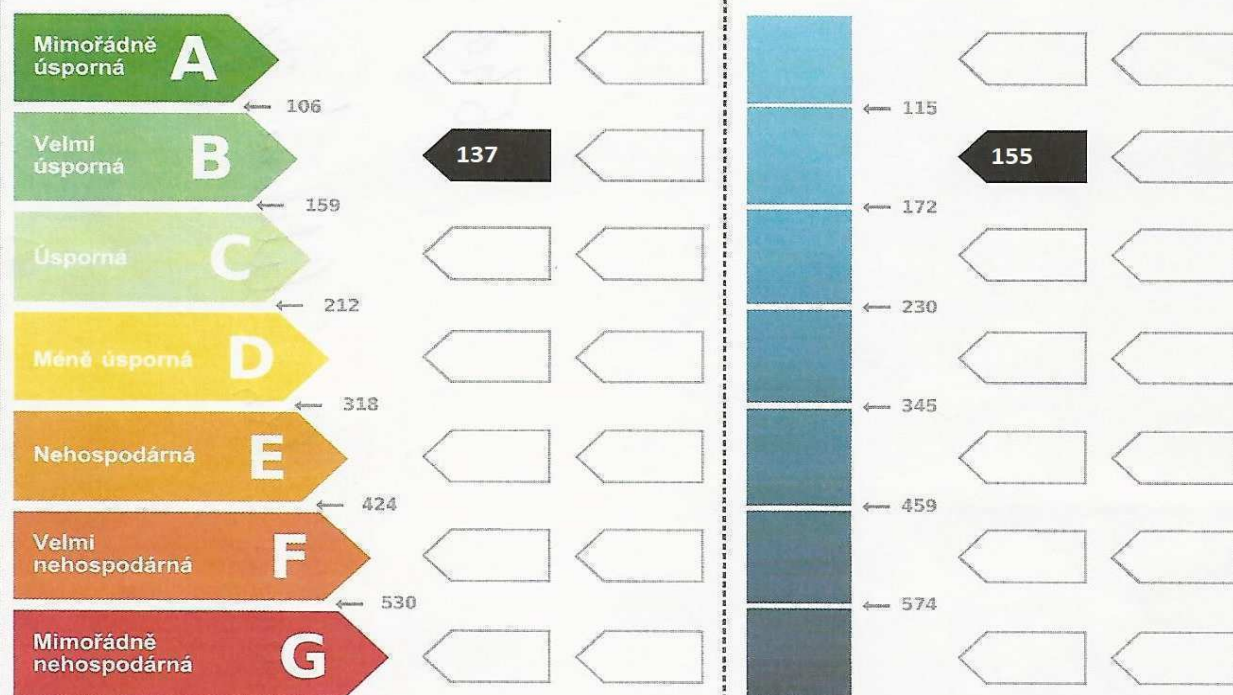


ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie
 (Energie na vstupu do budovy)

Neobnovitelná primární energie
 (Vliv provozu budovy na životní prostředí)

Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)



Hodnoty pro celou budovu
 MWh/rok

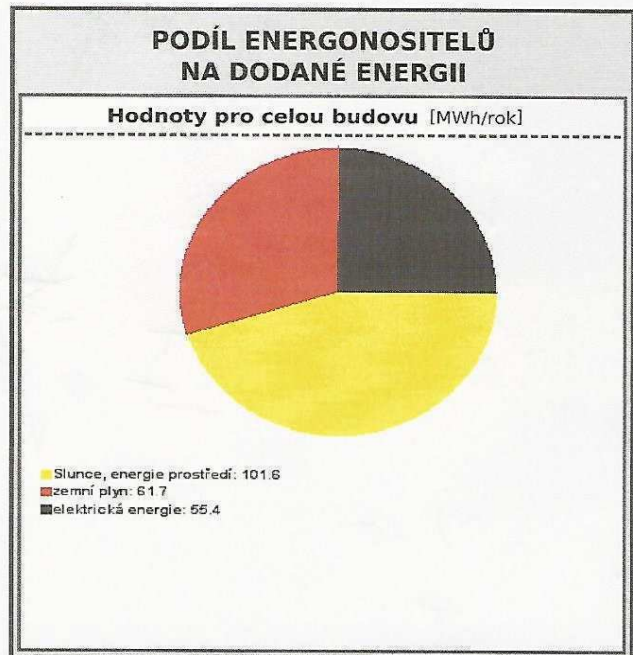
224.4

234.0

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou **Doporučení**



UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílní dodané energie				Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)	
Mínorádné doporučení							
A							
B		120				19.7	
C	0.34						8.4
D							
E							
F							
G							
Mínorádné požadování							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		182.0				29.8	12.7

Zpracovatel: Osvědčení č.:

Kontakt: Vyhотовeno dne: **7.01.2017**

..... Podpis:

číslo dokumentu:

Příloha 2 – Výpočty součinitele prostupu tepla a tepelných odporů

Tabulka výpočtu součinitele tepelné propustnosti U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] jednotlivých konstrukcí a měrné tepelné ztráty prostupem H_T [$W \cdot K^{-1}$]

Vrstva	Teplo- směnná plocha	Tepelný odpor R			Korekce součinitele U	Součinitel tepelné propustnosti U			Referenční součinitel		Činitel teplotní redukce	Měrná ztráta H_T			
		Před	Po	Alterna- tiva		Před	Po	Alterna- tiva	Požadavek	Doporučení		Před	Po	Alterna- tiva	
		A_j [m ²]	R_j [m ² ·K·W ⁻¹]	R_j [m ² ·K·W ⁻¹]		R_j [m ² ·K·W ⁻¹]	$\Delta U_{t,bm}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	U_j [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	U_j [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	U_j [W·m ⁻² ·K ⁻¹]		$U_{N,20,j}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	$U_{rec,j}$ [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	b_j [-]	$H_{T,j}$ [W·K ⁻¹]
Zóna 1															
STN-1	191,5	0,958	5,465	7,208	0,05	1,094	0,233	0,189	0,300	0,250	1,0	209,57	44,62	36,14	
STN-2	419,3	0,779	5,291	7,029	0,05	1,334	0,239	0,192	0,300	0,250		559,26	100,21	80,62	
STN-3	27,3	0,410	4,749	5,914	0,05	2,489	0,261	0,219	0,300	0,200		67,95	7,11	5,98	
STR-4	87,1	0,280	7,519	8,971	0,02	3,596	0,153	0,131	0,240	0,160		313,19	13,33	11,45	
STR-11	164,4	0,280	6,536	6,701	0,02	3,596	0,173	0,169	0,240	0,160		591,15	28,44	27,82	
STN-12	212	0,410	4,368	4,107	0,02	2,459	0,249	0,263	0,300	0,200		521,31	52,78	55,86	
STR-13	97,2	1,768	5,431	7,222	0,02	0,586	0,204	0,158	0,240	0,160		56,93	19,84	15,40	
VYP-7	30,7					2,9	1,190	0,83	1,500	1,200		89,03	36,50	25,48	
VYP-8	25,3					2,9	1,190	0,830	1,500	1,200		73,37	30,07	21,00	
VYP-9	62,6					2,9	1,200	0,840	1,500	1,200		181,54	75,16	52,58	
VYP-10	55,5					2,9	1,200	0,840	1,500	1,200		160,95	66,60	46,62	
STR-14	165,5	1,733	6,664	9,333	0,02	0,597	0,170	0,127	0,240	0,160		98,81	28,14	21,04	
Přirážka tepelné vazby					ΔU_{em}	0,200	0,020	0,020					307,68	30,73	30,77
PDL(z)-6	70,7	0,471	4,206	4,19	0,05	2,173	0,288	0,288	0,450	0,300		0,7	107,55	14,24	14,24
Přirážka tepelné vazby					ΔU_{em}	0,200	0,020	0,020				9,90	0,99	0,99	
Celkem		7,088	50,229	60,676								3348,18	548,76	446,00	
Zóna 2															
STN-1	99,2	0,958	5,458	7,208	0,05	1,094	0,233	0,189	0,300	0,250	1	108,56	23,14	18,72	
VYP-7	39,1					2,9	1,190	0,83	1,500	1,200		113,39	46,53	32,45	
Přirážka tepelné vazby					ΔU_{em}	0,200	0,020	0,020				27,66	2,77	2,77	
PDL(z)-6	136,5	0,471	4,190	4,19	0,05	2,173	0,289	0,289	0,450	0,300	0,64	296,63	25,22	25,22	
Přirážka tepelné vazby					ΔU_{em}	0,200	0,020	0,020				17,47	1,75	1,75	
Celkem		1,429	9,648	11,398								563,72	99,33	80,91	

Tabulka výpočtu tepelného odporu R [$m^2.K.W^{-1}$] jednotlivých konstrukcí

		Název vrstvy	d [m]	λ [$W.m^{-1}.K^{-1}$]	R_{si} [$m^2.KW^{-1}$]	R_{se} [$m^2.KW^{-1}$]	$R_{j,PŘED}$ [$m^2.K.W^{-1}$]	$R_{j,PO}$ [$m^2.K.W^{-1}$]	$R_{j,ALTERNATIVA}$ [$m^2.K.W^{-1}$]	
STN-1 Obvodová stěna vnější CP 600mm	Vrstvy	1	omítka vápenocementová	0,050	0,990	0,130	0,040	0,958	5,458	7,208
		2	Zdivo z plných pálených cihel CP	0,600	0,840					
		3	Minerální izolace	0,180	0,040					
		4	Omítka vápenná	0,020	0,880					
	Alternativa	3	ISOVER GREYWALL	0,200	0,032					
STN-2 Obvodová stěna vnější CP 450mm	Vrstvy	1	omítka vápenocementová	0,050	0,990	0,130	0,040	0,779	5,279	7,029
		2	Zdivo z plných pálených cihel CP	0,450	0,840					
		3	Minerální izolace	0,180	0,040					
		4	Omítka vápenná	0,020	0,880					
	Alternativa	3	ISOVER GREYWALL	0,200	0,032					
STN-3 stěna podkroví, bok a čelo vikýře	Vrstvy	1	Sádrokarton	0,012	0,220	0,130	0,040	0,410	4,742	5,914
		2	SDK rošt + minerální vlna	0,050	0,268					
		3	OSB	0,018	0,150					
		4	Minerální vlna + rošt	0,180	0,044					
		5	OSB	0,018	0,150					
	Alternativa	4	ISOVER WOODSIL	0,200	0,038					
STN-4 Střešní konstrukce	Vrstvy	1	Sádrokarton + rošt	0,012	0,220	0,100	0,040	0,280	7,523	8,971
		2	Minerální vlna + kce	0,060	0,089					
		3	Junifol HDPE	0,001	0,350					
		4	Minerální vlna + krokve	0,140	0,079					
		5	Minerální vlna	0,200	0,041					
		6	Parotěsná fólie	0,0003	0,390					
	Alternativa	2	UNIROL + kce	0,060	0,081					
		4	UNIROL + krokve	0,140	0,071					
		5	ISOVER UNIROL PROFI	0,200	0,033					
PDL-5 podlaha nad suterénem	Vrstvy	1	Linoleum	0,005	0,190	0,170	0,170	0,401	3,249	-
		2	Železobeton	0,050	1,430					
		3	XPS	0,100	0,036					
		4	Železobeton	0,100	1,430					
PDL(z)-5 podlaha na země	Vrstvy	1	Linoleum	0,005	0,190	0,170	0,000	0,471	4,190	-
		2	Železobeton	0,050	1,430					
		3	XPS	0,140	0,036					
		4	Železobeton	0,100	1,430					

*Samotvorba

Tabulka výpočtu tepelného odporu R [$m^2.K.W^{-1}$] jednotlivých konstrukcí pokračování

		Název vrstvy	d [m]	λ [$W.m^{-1}.K^{-1}$]	R_{si} [$m^2.KW^{-1}$]	R_{se} [$m^2.KW^{-1}$]	$R_{j,PŘED}$ [$m^2.K.W^{-1}$]	$R_{j,PO}$ [$m^2.K.W^{-1}$]	$R_{j,ALTERNATIVA}$ [$m^2.K.W^{-1}$]	
STR-11 střecha v místě vikýře	Vrstvy	1	RIGIPS RF	0,0125	0,220	0,100	0,100	0,280	6,545	6,701
		2	DEKFOL N AL 170	0,0003	0,350					
		3	TOPDEK 022PIR	0,080	0,023					
		4	DEKWOOL G035 mezi krokve	0,160	0,057					
		5	DEKTEN MULTI-PRO	0,0008	0,350					
	Alternativa	4	ISOVER WOODSIL	0,160	0,054					
STN12 vikýř stěna	Vrstvy	1	SDK	0,0125	0,220	0,100	0,100	0,410	4,406	4,107
		2	Minerální vlna + rošt	0,0500	0,312					
		3	Dřevovláknitá deska	0,100	0,150					
		4	Minerální vlna	0,160	0,049					
		5	SDK	0,0125	0,220					
	Alternativa	2	ISOVER WOODSIL + rošt	0,0500	0,306					
		4	ISOVER WOODSIL	0,160	0,054					
STR-13 Izolace mezi a nad kleštinami	Vrstvy	1	Minerální vlna	0,150	0,041	0,100	0,040	1,768	5,426	7,222
		2	Dřevo rostlé měkké	0,025	0,180					
		3	Hlína suchá	0,070	0,700					
		4	Dřevo rostlé měkké	0,250	0,180					
	Alternativa	1	ISOVER UNIROL PROFI	0,180	0,033					
STR-14 Strop 4NP nevyužitá část půdy	Vrstvy	1	SDK	0,025	0,220	0,100	0,040	1,733	6,654	9,333
		2	Minerální vlna mezi krokve	0,160	0,069					
		3	Minerální vlna	0,200	0,049					
	Alternativa	2	ISOVER UNIROL PROFI mezi krokve	0,160	0,053					
		3	ISOVER UNIROL PROFI	0,200	0,033					

*Samotvorba

Příloha 3 – tabulky pro výpočet tepelných zisků

Tabulka výpočtu tepelných zisků realizované a alternativní varianty budovy

Patro	Typ	Počet	$F_{sh,ob,k}$	$F_{sh,gl,k}$	$F_{gl,k}$	A_k	$F_{w,k}$	$g_{k,dvojsklo}$	$g_{k,trojsklo}$	Hodnocená	Alternativní
		[ks]	[-]	[-]	[-]	[m ²]	[-]	[-]	[-]		
Severní strana										17,173	15,477
1.NP	Okno 7	7	0,6	0,78	0,637	2,2	0,9	0,81	0,73	3,310	2,983
	Okno 8	2	0,6	0,78	0,672	3,3	0,9	0,81	0,73	1,496	1,349
	Okno 9	1	0,6	0,78	0,635	3,3	0,9	0,81	0,73	0,707	0,637
	Vstup	1	0,6	0,78	0,654	5,5275	0,9	0,81	0,73	1,220	1,099
2.NP + 3. NP	Okno 2	8	0,9	0,86	0,581	2,89	0,9	0,81	0,73	7,495	6,755
	Okno 4	4	0,9	0,86	0,594	1,056	0,9	0,81	0,73	1,400	1,262
4.NP	Okno 14	5	0,9	0,86	0,602	0,92	0,9	0,81	0,73	1,545	1,393
Východní strana										8,472	7,635
1.NP	Okno 8	3	0,6	0,78	0,672	3,3	0,9	0,81	0,73	2,245	2,023
	Okno 9	2	0,6	0,78	0,571	3,3	0,9	0,81	0,73	1,271	1,146
2.NP + 3. NP	Okno 2	4	0,9	0,78	0,581	2,89	0,9	0,81	0,73	3,399	3,063
	Okno 4	2	0,9	0,86	0,594	1,056	0,9	0,81	0,73	0,700	0,631
4.NP	Okno 10	1	0,9	0,86	0,583	2,635	0,9	0,81	0,73	0,857	0,773
Jižní strana										14,036	12,649
1.NP	Okno 7	3	0,6	0,78	0,637	2,2	0,9	0,81	0,73	1,418	1,278
	Okno 8	2	0,6	0,78	0,672	3,3	0,9	0,81	0,73	1,496	1,349
	Okno 9	1	0,6	0,78	0,635	3,3	0,9	0,81	0,73	0,707	0,637
	Okno 11	1	0,6	0,81	0,586	0,31	0,9	0,81	0,73	0,064	0,057
2.NP	Okno 1	1	0,9	0,86	0,635	3,536	0,9	0,81	0,73	1,253	1,129
	Okno 2	3	0,9	0,86	0,581	2,89	0,9	0,81	0,73	2,811	2,533
	Okno 12	1	0,9	0,86	0,562	1,98	0,9	0,81	0,73	0,621	0,560
3.NP	Okno 1	1	0,9	0,86	0,635	3,536	0,9	0,81	0,73	1,253	1,129
	Okno 2	3	0,9	0,86	0,581	2,89	0,9	0,81	0,73	2,811	2,533
	Okno 5	2	0,9	0,86	0,568	0,748	0,9	0,81	0,73	0,474	0,427
	Okno 6	1	0,9	0,86	0,572	1,5895	0,9	0,81	0,73	0,507	0,457
	Okno 12	1	0,9	0,86	0,562	1,98	0,9	0,81	0,73	0,621	0,560
Západní strana										7,472	6,734
1.NP	Okno 7	3	0,6	0,78	0,637	2,2	0,9	0,81	0,73	1,418	1,278
2.NP + 3.NP	Okno 2	4	0,9	0,83	0,581	2,89	0,9	0,81	0,73	3,617	3,260
	Okno 3	2	0,9	0,86	0,576	1,36	0,9	0,81	0,73	0,874	0,788
	Okno 4	2	0,9	0,86	0,594	1,056	0,9	0,81	0,73	0,700	0,631
4.NP	Okno 10	1	0,9	0,86	0,587	2,635	0,9	0,81	0,73	0,863	0,778

Tabulka výpočtu tepelných zisků administrativní budovy před rekonstrukcí

Patro	Typ	Počet	$F_{sh,ob,k}$	$F_{sh,gl,k}$	$F_{gl,k}$	A_k	$F_{w,k}$	g_k	Před rekonstrukcí
		[ks]	[-]	[-]	[-]	[m ²]	[-]	[-]	
Severní strana									14,750
1.NP	Okno 1	7	0,6	0,86	0,537	3,1	0,9	0,75	4,014
	Okno 2	3	0,6	0,86	0,541	3,3	0,9	0,75	1,845
	Vstup	1	0,6	0,86	0,521	3,65	0,9	0,75	0,655
2.NP + 3. NP	Okno 3	8	0,9	0,86	0,581	2,89	0,9	0,75	6,940
	Okno 4	4	0,9	0,86	0,594	1,056	0,9	0,75	1,296
Východní strana									9,040
1.NP	Okno 2	5	0,6	0,86	0,541	3,3	0,9	0,75	3,075
2.NP + 3. NP	Okno 3	4	0,9	0,86	0,581	2,89	0,9	0,75	3,470
	Okno 4	3	0,9	0,86	0,594	2,71	0,9	0,75	2,495
Jižní strana									13,996
1.NP	okno 1	3	0,6	0,86	0,537	3,1	0,9	0,75	1,720
	Okno 2	3	0,6	0,86	0,541	3,3	0,9	0,75	1,845
2.NP + 3.NP	Okno 5	2	0,9	0,86	0,522	3,536	0,9	0,75	1,907
	Okno 3	3	0,9	0,86	0,581	2,89	0,9	0,75	2,602
	Okno 6	3	0,9	0,86	0,516	1,98	0,9	0,75	1,584
	Okno 2	5	0,9	0,86	0,581	2,89	0,9	0,75	4,337
Západní strana									9,233
1.NP	okno 1	3	0,6	0,86	0,537	3,1	0,9	0,75	1,720
2.NP + 3.NP	Okno 3	5	0,9	0,83	0,581	2,89	0,9	0,75	4,186
	Okno 4	4	0,9	0,86	0,594	2,71	0,9	0,75	3,327

Příloha 4 – tabulky pro výpočet tepelné kapacity budovy

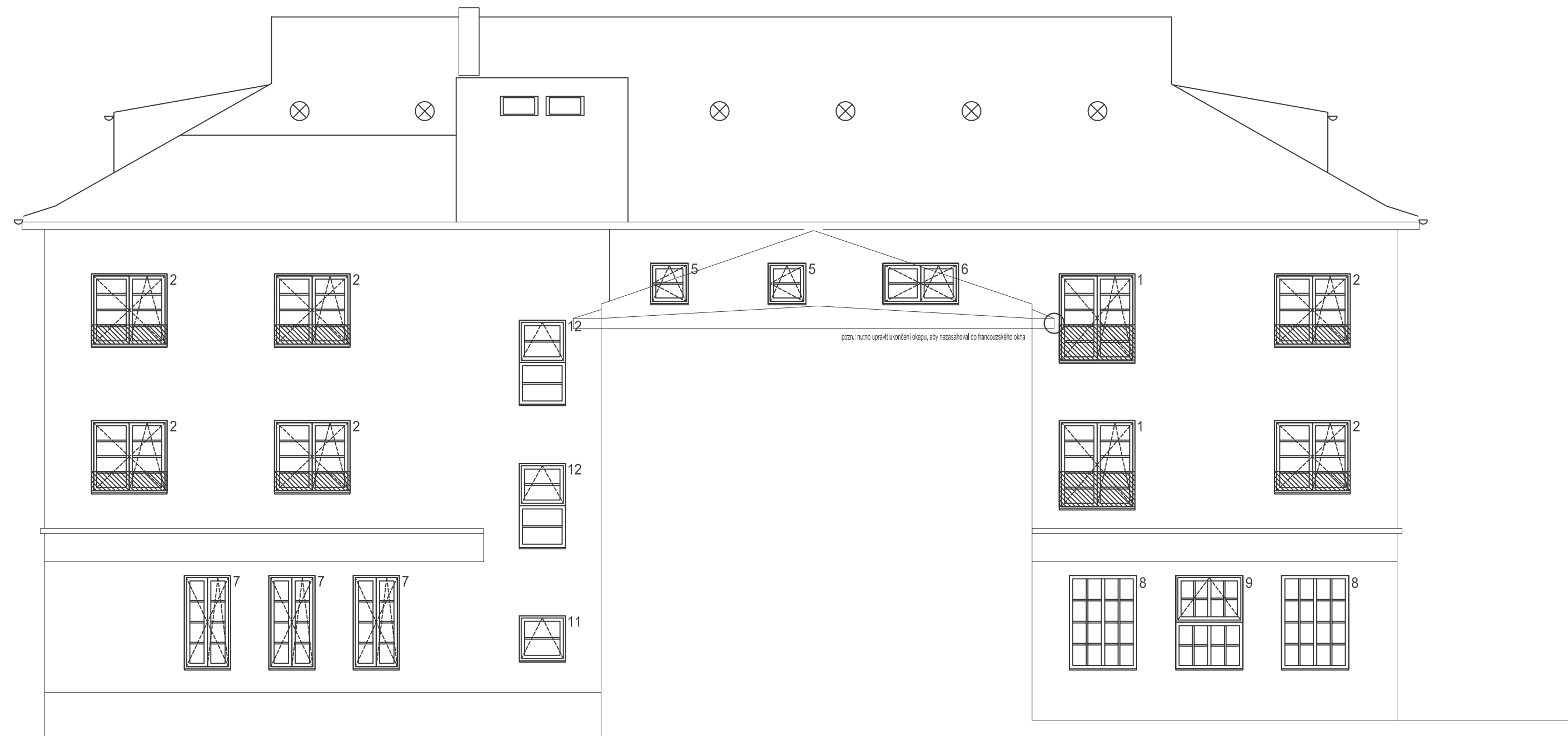
		Název vrstvy	d_{ij} [m]	c_{ij} [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	ρ_{ij} [kg.m ⁻³]	A_j [m ²]	C [J]
STN-1 Obvodová stěna vnější CP 600mm	Vrstvy	1 omítka vápenocementová	0,050	790,000	2000	191,5	15128500
		2 Zdivo z plných pálených cihel CP	0,600	900,000	1800	191,5	15511500
		3 Minerální izolace	0,180	2060,000	30	191,5	
		4 Omítka vápenná	0,020	840,000	1600	191,5	
	Alternativa	3 ISOVER GREYWALL	0,200	1270,000	15	191,5	
STN-2 Obvodová stěna vnější CP 450mm	Vrstvy	1 omítka vápenocementová	0,050	790,000	2000	419,3	33124700
		2 Zdivo z plných pálených cihel CP	0,450	900,000	1800	419,3	33963300
		3 Minerální izolace	0,180	880,000	50	419,3	
		4 Omítka vápenná	0,020	840,000	1600	419,3	
	Alternativa	3 ISOVER GREYWALL	0,200	1270,000	15	419,3	
STN-3 stěna podkroví, bok a čelo vikýře	Vrstvy	1 Sádrokarton	0,012	1060,000	750	27,3	260442
		2 SDK rošt + minerální vlna	0,050	999,000	386	27,3	526363,11
		3 OSB	0,018	1580,000	630	27,3	489139,56
		4 Minerální vlna + rošt	0,180	1052,000	108	27,3	62034,336
		5 OSB	0,018	1580,000	630	27,3	
	Alternativa	4 ISOVER WOODSIL	0,200	800,000	50	27,3	
STR-4 Střešní konstrukce	Vrstvy	1 Sádrokarton + rošt	0,012	1060,000	750	87,1	830934
		2 Minerální vlna + kce	0,060	1015,000	103	87,1	546352,17
		3 Junifol HDPE	0,001	1470,000	1470	87,1	188214,39
		4 Minerální vlna + krokve	0,140	1165,000	150	87,1	715374,075
		5 Minerální vlna	0,200	1015,000	100	87,1	
		6 Parotěsná fólie	0,0003	1700,000	460	87,1	
	Alternativa	2 UNIROL + kce	0,060	1015,000	103	87,1	
		4 UNIROL + krokve	0,140	1100,000	130	87,1	
		5 ISOVER UNIROL PROFI	0,200	840,000	21	87,1	
PDL-5 podlaha nad suterénem	Vrstvy	1 Linoleum	0,005	1880,000	1200		
		2 Železobeton	0,050	1020,000	2300		
		3 XPS	0,100	2060,000	30		
		4 Železobeton	0,100	1020,000	2300		
PDL(z)-6 podlaha na zemině	Vrstvy	1 Linoleum	0,005	1880,000	1200	70,7	797496
		2 Železobeton	0,050	1020,000	2300	70,7	8293110
		3 XPS	0,140	2060,000	30	70,7	196616,7
		4 Železobeton	0,100	1020,000	2300	70,7	
STR-11 střecha v místě vikýře	Vrstvy	1 RIGIPS RF	0,0125	1060,000	750	164,4	1633725
		2 DEKFOL N AL 170	0,0003	1470,000	1470	164,4	106575,588
		3 TOPDEK O22PIR	0,080	1400,000	32	164,4	589209,6
		4 DEKWOOL G035 mezi krokviemi	0,160	1208,000	66	164,4	916199,0957
		5 DEKTEN MULTI-PRO	0,0008	1470,000	250	164,4	
	Alternativa	4 ISOVER WOODSIL	0,160	800,000	50	164,4	

		Název vrstvy	d [m]	c	ρ_{ij} [kg.m ⁻³]	A_j [m ²]	C [J]	
STN12 vikýř stěna	Vrstvy	1	SDK	0,0125	1060,000	750	212	2106750
		2	Minerální vlna + rošt	0,0500	889,000	320	212	3015488
		3	Dřevovláknitá deska	0,100	1630,000	1000	212	12958500
		4	Minerální vlna	0,160	1126,000	134	212	
		5	SDK	0,0125	1060,000	750	212	
	Alternativa	2	ISOVER WOODSIL + rošt	0,0500	1590,000	980	212	
		4	ISOVER WOODSIL	0,160	800,000	50	212	
STR-13 Izolace mezi a nad kleštinami	Vrstvy	1	Minerální vlna	0,150	880,000	50	97,2	427680
		2	Dřevo rostlé měkké	0,025	2510,000	400	97,2	
		3	Hlína suchá	0,070	750,000	1600	97,2	
		4	Dřevo rostlé měkké	0,250	2510,000	400	97,2	
	Alternativa	1	ISOVER UNIROL PROFI	0,180	840,000	21	97,2	
STR-14 Strop 4NP nevyužitá část půdy	Vrstvy	1	SDK	0,025	1060,000	750	165,5	3289312,5
		2	Minerální vlna mezi krokve	0,160	1368,000	190	165,5	3226257
		3	Minerální vlna	0,200	1150,000	150	165,5	
	Alternativa	2	ISOVER UNIROL PROFI mezi krokve	0,160	1100,000	130	165,5	
		3	ISOVER UNIROL PROFI	0,200	840,000	21	165,5	
Celkem		138903773,1			[J]	38583,33		[Wh]

Příloha 5 – Pohledy realizace

Jednotlivé pohledy jsou uloženy v zadní straně desek bakalářské práce.

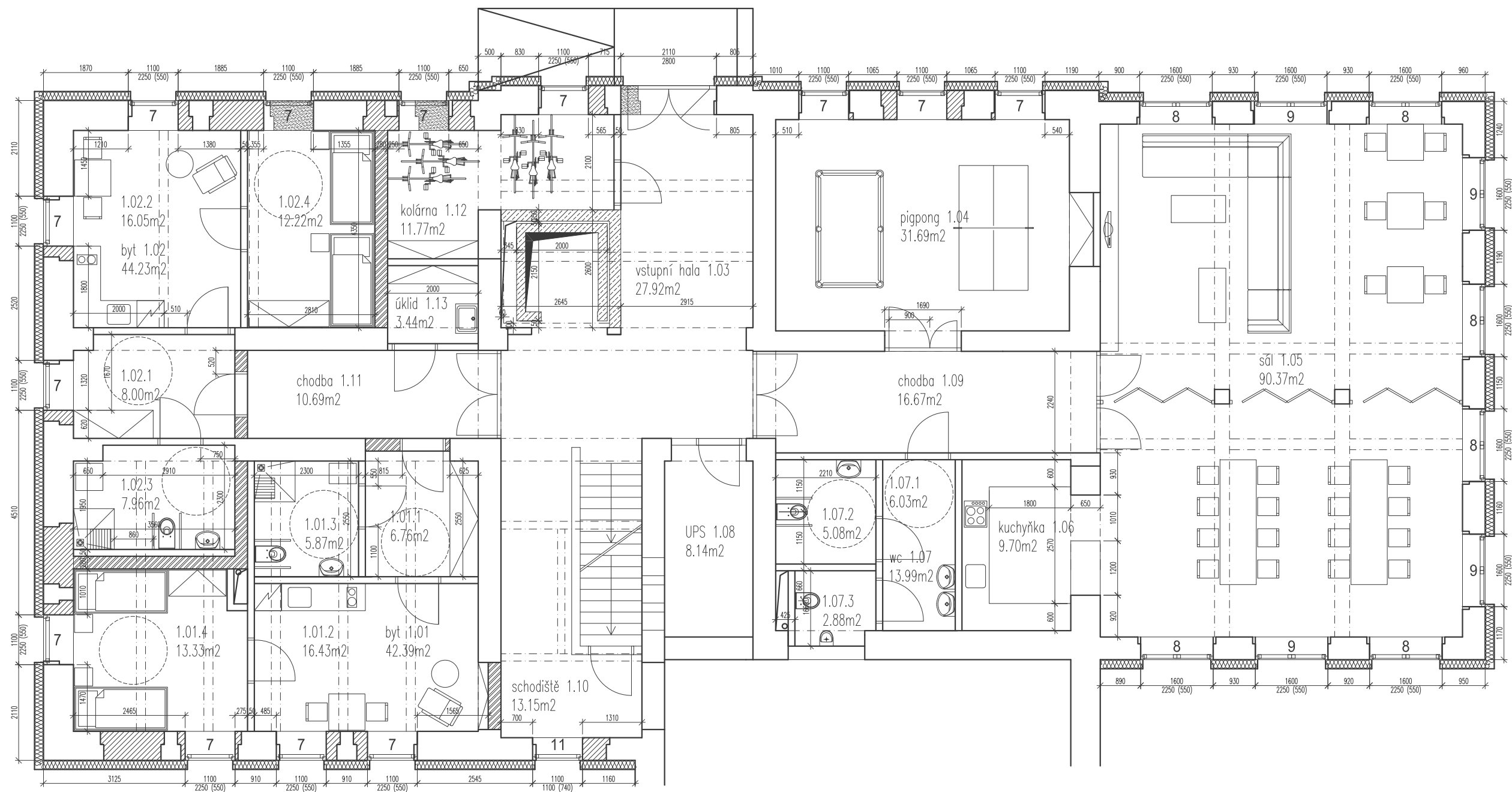




ARCHITEKT	ing. arch. Jan Čermohorský, ČKA 03975			
INVESTOR	Řepařský institut, spol. s r.o., č. p. 69, 29446 Semčice Zodpovědný zástupce: Ing. Martin Suk			
Komunitní bydlení pro seniory, adaptace části stávajícího administrativního objektu.				
MĚŘÍTKO 1:100	FORMÁT A3	DATUM 10/2016	STUPEŇ DPP	Č. VÝKRESU 08
VÝKRES POHLED JIH				

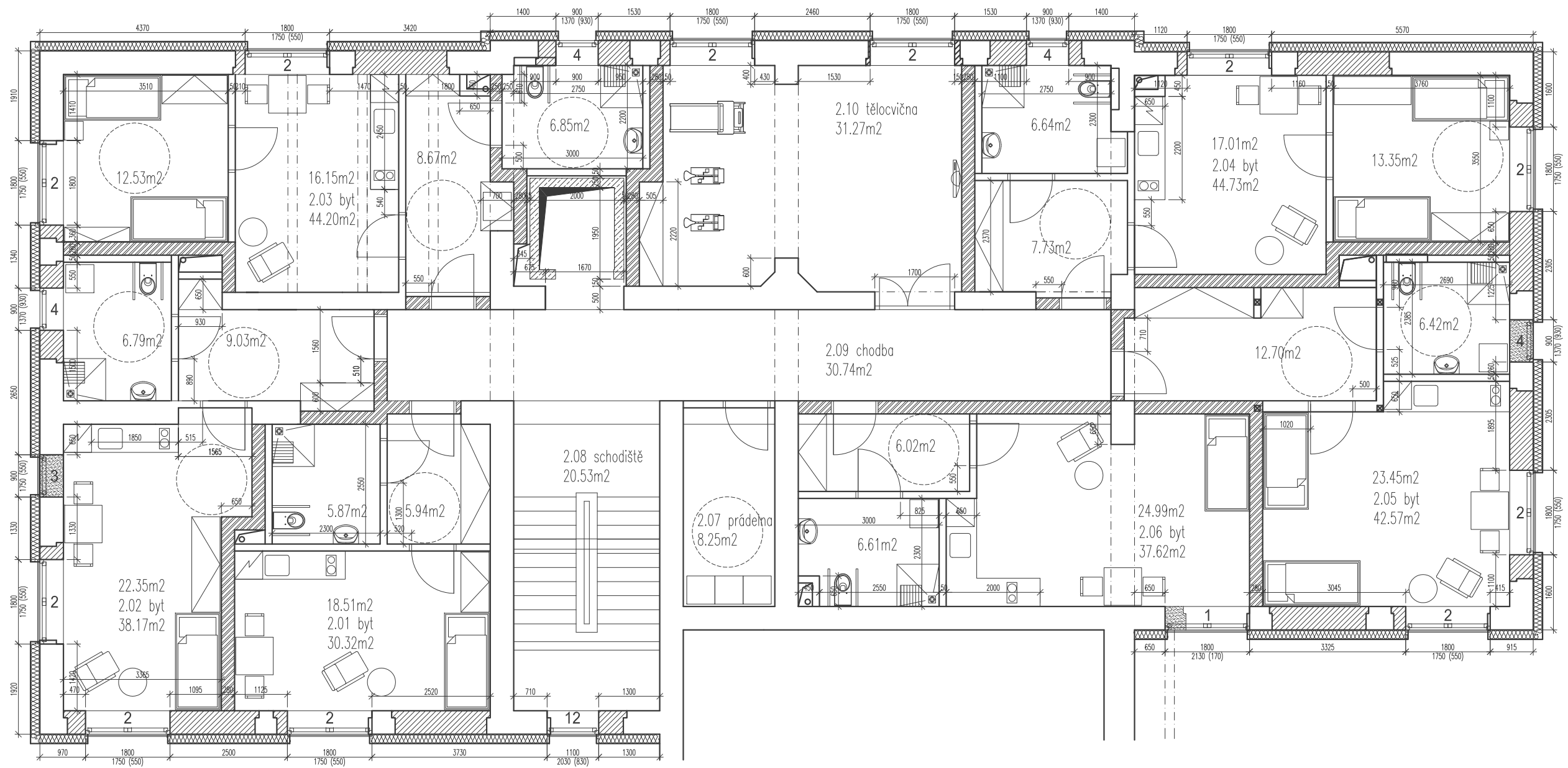


pohled A3_západ, východ, 1:100



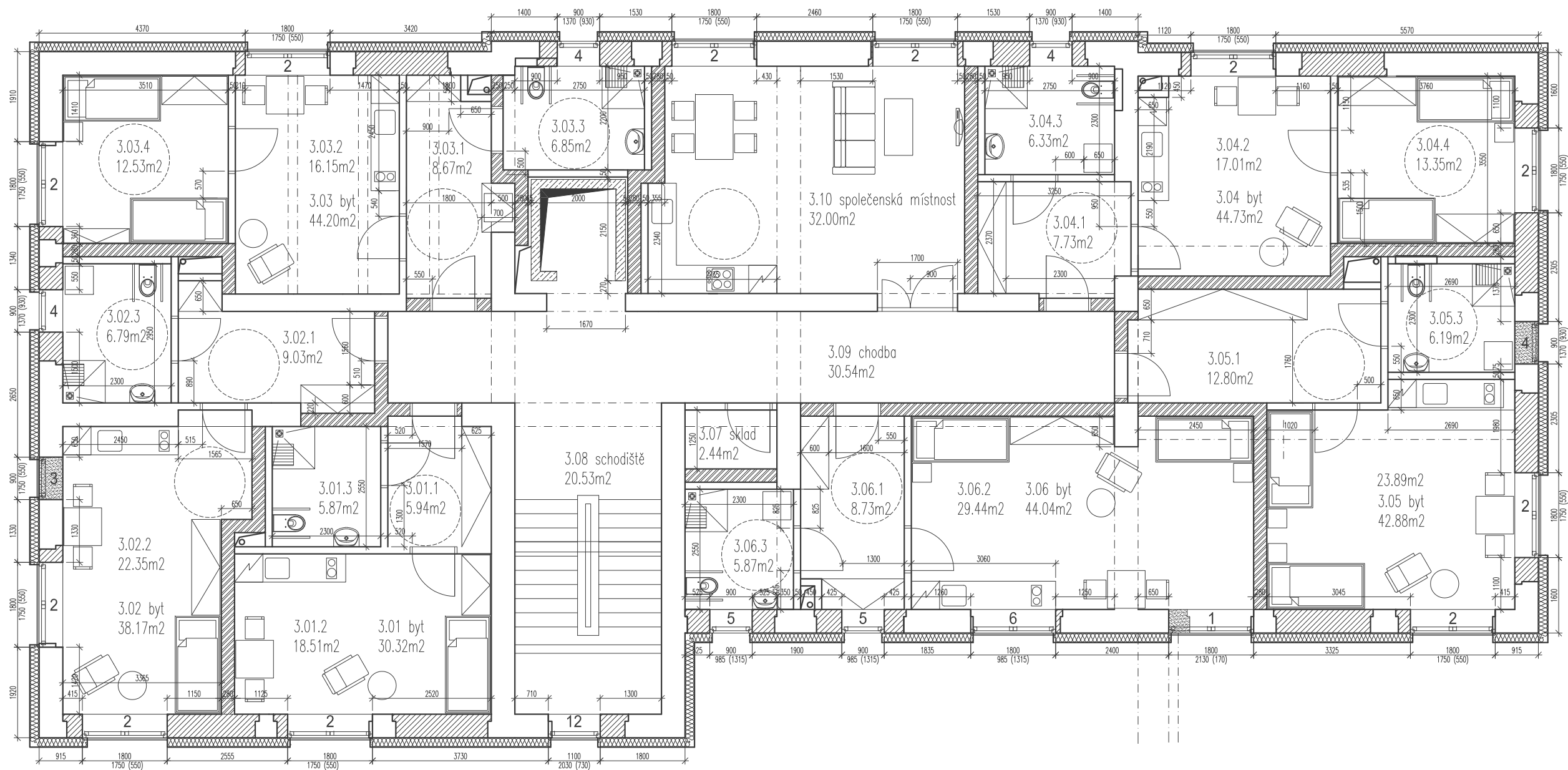
1.NP - VÝKRES OKEN

pozn.: jsou zakótovány čisté rozměry oken, je nutné počítat s montážní mezerou dle požadavků dodavatele oken
před bouráním je nutné ověřit rozměry dle stávajícího stavu!



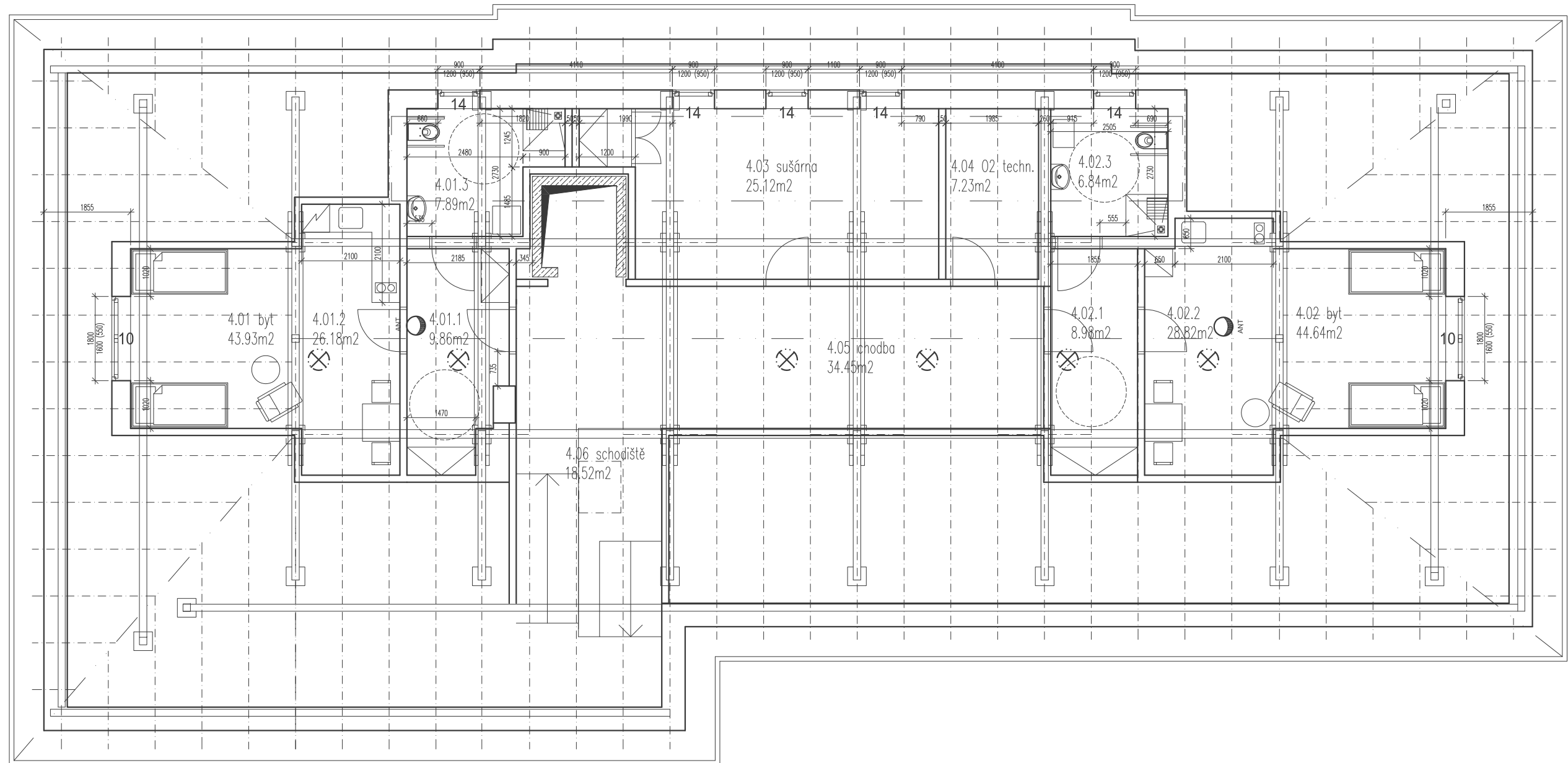
2.NP - VÝKRES OKEN

pozn.: jsou zakótovány čisté rozměry oken, je nutné počítat s montážní mezerou dle požadavků dodavatele oken
před bouráním je nutné ověřit rozměry dle stávajícího stavu!



3.NP - VÝKRES OKEN

pozn.: jsou zakótovány čisté rozměry oken, je nutné počítat s montážní mezerou dle požadavků dodavatele oken
před bouráním je nutné ověřit rozměry dle stávajícího stavu!



4.NP - VÝKRES OKEN

pozn.: jsou zakótovány čisté rozměry oken, je nutné počítat s montážní mezerou dle požadavků dodavatele oken
před bouráním je nutné ověřit rozměry dle stávajícího stavu!