

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra mechaniky a strojnictví



Diplomová práce

Efektivnost zateplení bytového domu

Bc. Barbora Povýšilová

© 2021 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Barbora Povýšilová

Zemědělská specializace
Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Efektivnost zateplení bytového domu

Název anglicky

Efficiency thermal insulation of residential house

Cíle práce

Návrh zateplení bytového domu, výpočet návrhové tepelné ztráty, tepelného výkonu zdroje a roční spotřeby tepla pro vytápění. Stanovení ekonomické efektivity zateplení bytového domu při snížení spotřeby paliva (uhlí, zemního plynu).

Metodika

1. Struktura práce by se co nejvíce měla přiblížit schématu:

A. Úvod

B. Materiál a metody

C. Výsledky

D. Diskuse

E. Závěr

V práci lze slučovat diskusi a závěr.

2. Součástí diplomové práce bude sestavení literární rešerše mapující způsoby zateplování bytových domů v ČR a zahraničí a vlivy zateplení na energetickou bilanci objektů. Rovněž budou analyzovány metody hodnocení efektů zateplení a související legislativa v ČR. Diplomantka vypočte tepelnou bilanci (celkovou návrhovou tepelnou ztrátu, celkový návrhový tepelný výkon, roční spotřebu tepla pro vytápění) pro stávající stavební konstrukce vybraného bytového domu. Navrhne zateplení a vypočte tepelnou bilanci bytového domu. Vyjádří ekonomickou efektivnost zateplení bytového domu při snížení spotřeby paliva (uhlí, zemní plyn).

3. Práci je vhodné doplnit fotografiemi, schématy, grafy a tabulkami. Jednotlivé kapitoly a podkapitoly práce, rovnice, tabulky a obrázky je nutno číselně označovat a na toto značení se v textu odkazovat. Nedílnou součástí práce je i obsah, abstrakt, seznam použitých zkratk a symbolů, obrázků, tabulek a literatury. Práce může být doplněna přílohami.

4. Při vypracování diplomové práce je nutno dbát na respektování citačních pravidel dle ČSN ISO 690:2011.

5. Vedoucího práce je nutno čtvrtletně seznamovat s postupem zpracování zadaného tématu.



Doporučený rozsah práce

40-50 str.

Klíčová slova

tepelná izolace; vytápění; tepelný výkon; spotřeba tepla; ekonomická efektivnost.

Doporučené zdroje informací

- ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- ČSN EN 15316-1 Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav – Část 1: Obecné požadavky a vyjádření energetické náročnosti, Modul M3-1, M3-4, M3-9, M8-1, M8-4. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- ČSN EN 15316-2 Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav – Část 2 Části soustav pro sdílení (vytápění a chlazení), Modul M3-5, M4-5. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- ČSN EN 15316-3 Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav – Část 3 Části soustav pro rozvod (teplé vody, vytápění a chlazení), Modul M3-6, M4-6, M 8-6 Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- ČSN EN 15459-1 Energetická náročnost budov – Postup pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách – Část 1: Výpočtové postupy, Modul 1-14. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- Firemní dokumentace a podklady – <http://www.tzb-info.cz>
- Topenářství instalace. Odborný recenzovaný časopis. Praha: Topin Media s.r.o. ISSN 1211-0906.
- TZB Haustechnik. Vedecko-technický recenzovaný časopis z oblasti TZB a techniky prostředí. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o. ISSN 1210-356X.
- Vytápění, větrání, instalace. Odborný recenzovaný časopis. Praha: Společnost pro techniku prostředí, ISSN 1210-1389.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra mechaniky a strojnictví

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2020

doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 12. 05. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Efektivnost zateplení bytového domu“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28. 03. 2021

Poděkování

Ráda bych tímto způsobem poděkovala panu prof. Ing Radomírovi Adamovskému, DrSc., za odbornou konzultaci a podporu při psaní této diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá způsoby a důvody zateplování občanské výstavby, zejména bytových a panelových domů. V dílčích kapitolách jsou detailně popsány důvody zateplování, způsoby provádění zateplovacích systémů, nejčastější typy tepelných izolantů, ale také dopady na finanční stránku při zateplení a bez něj. Druhá polovina práce je tvořena návrhem a vyčíslením ekonomického dopadu na zateplovací systém. Jako nejvíce efektivní způsob se jeví celkové zateplení včetně výměny výplní otvorů s využitím jako zdroje tepla kotle pro spalování zemního plynu.

Klíčová slova: bytový dům, panelový dům, tepelný most, tepelný odpor, součinitel tepelné vodivosti, součinitel prostupu tepla, tepelná ztráta

Effects thermal insulation of houses

Summary

This diploma thesis deals with the ways and reasons for the warming of the civil construction, especially apartment and prefabricated houses. The sub-chapters describe in detail the reasons for thermal insulation, methods of thermal insulation systems, the most common types of thermal insulators, but also the impact on the financial side with and without thermal insulation. The second half of this work consist in design and quantification of the economic impact on the thermal insulation system. The most effective way seem to be a total insulation, including the replacement windows and doors and heating with natural gas.

Key words: apartment house, prefabricated house, thermal bridge, thermal resistance, coefficient of thermal conductivity, heat transfer coefficient, heat loss

Obsah

1. ÚVOD	1
2. CÍL PRÁCE	3
3. DŮVODY ZATEPLOVÁNÍ BUDOV	4
4. ZÁKLADNÍ POJMY	5
4.1. Tepelný most.....	5
4.2. Tepelný odpor R	6
4.3. Součinitel prostupu tepla U	6
4.4. Součinitel tepelné vodivosti λ	6
4.5. Prostup tepla konstrukcí.....	7
5. HISTORICKÝ VÝVOJ VÝSTAVBY BYTOVÝCH DOMŮ	8
6. ZPŮSOBY ZATEPLOVÁNÍ BYTOVÝCH DOMŮ	10
6.1. Vnější kontaktní zateplení	10
6.2. Provětrávaná fasáda	12
6.3. Zateplení na zateplení	13
7. TYPY TEPELNÝCH IZOLANTŮ POUŽÍVANÝCH U BYTOVÝCH DOMŮ	15
7.1. Pěnové materiály.....	15
7.1.1. Expandovaný pěnový polystyren EPS (bílý).....	15
7.1.2. Grafitový polystyren (šedý).....	16
7.1.3. Extrudovaný polystyren XPS.....	16
7.1.4. Perimetrické desky.....	17
7.1.5. PIR a PUR.....	17
7.2. Minerální izolační materiály	18
7.2.1. Kamenná vlna	18
7.2.2. Skelná vlna.....	19
8. VLIV POŽÁRNÍ BEZPEČNOSTI NA VÝBĚR ZATEPLOVACÍHO SYSTÉMU...20	

8.1.	Budovy s požární výškou do 12 m včetně	21
8.2.	Budovy s požární výškou od 12 – 22,5 m včetně	22
8.3.	Budovy s požární výškou nad 22,5 m	23
8.4.	Zateplení na zateplení	24
9.	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	25
10.	METODY HODNOCENÍ EFEKTIVNOSTI INVESTIC	27
11.	VLASTNÍ PRÁCE	28
11.1.	Návrh vhodné tepelné izolace	29
11.2.	Výpočet tepelné ztráty obálkou budovy	32
11.3.	Vyčíslení průměrné ceny elektřiny a plynu	36
11.4.	Způsob a postup zateplení	39
11.5.	Výpočet finančních nákladů na zhotovení zateplení	42
11.6.	Výpočet návratnosti investice	45
11.6.1.	Prostá doba návratnosti	45
11.6.2.	Reálná doba návratnosti (diskontovaná)	45
11.7.	Výpočet úspory emisí	48
11.8.	Dílčí závěr vlastního návrhu zateplení	48
12.	ZÁVĚR	51
13.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	52
14.	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
15.	SEZNAM TABULEK	57

1. Úvod

V současné době přicházejí stále nové a přísnější požadavky na zateplování budov, a to zejména z ekologického důvodu, jelikož v současnosti se dbá především na životní prostředí a na minimalizaci úniku emisí. Z pohledu investora je důležitým faktorem ekonomická stránka. Se zateplením dochází ke snižování nákladů za vytápění, a tím i k úspoře finančních prostředků v průběhu času, avšak je zapotřebí větší investice do začátku.

V době, kdy se panelové domy, později bytové domy, začaly budovat, požadavky na zateplení nebyly vůbec řešeny. Řešila se pouze rychlost výstavby tak, aby byla vyřešena tehdejší bytová krize. S postupem času došlo ke zkvalitňování bydlení a tepelného komfortu uvnitř budovy. Časem došlo k přechodu z betonových panelů k cihelné výstavbě a nadále dochází k vývoji a rozvoji nových stavebních materiálů s lepšími parametry.

Při výstavbě nových domů nejen bytových, ale veškeré výstavby, je nutné splnit parametry dané současnou normou ČSN 73 0540. Na domy postavené v minulosti se požadavky nevztahují, dokud nechtějí majitelé dosáhnout na dotace či dodatečně zateplit objekt.

Při zateplení bytové výstavby je jistě moudřejší požádat o pomoc odborníky. Jelikož v dnešní době je na trhu k dispozici mnoho různých materiálů a zejména u bytové výstavby je důležité, aby materiály splnily veškeré legislativní požadavky. Jedná se například o požární odolnost či odolnost vůči hluku. Cílem této práce je zpřehlednění pro majitele, na co si má dát pozor při výběru tepelného izolantu a poskytnutí finančního pohledu a odůvodnění, proč investovat právě do zateplení.

Jelikož nynější situace mnohých investorů je taková, že nemají tolik finančních prostředků na rozsáhlé rekonstrukce, dochází k řešení pouze nezbytně nutného, co se již odkládat nedá. Při zateplení bytových domů jde především o vyšší investici na počátku, ta se ale s postupem času jistě navrátí.

Velmi rozsáhlým trendem posledních let je stavba pasivních či nízkoenergetických domů. U občanské výstavby, je to mírně komplikovanější než u rodinných domů. Jelikož plocha oken bývá zpravidla až čtyřnásobná. Úniku tepelné energie je nutné zabránit. Na toto

jsou zapotřebí specialisté, aby navrhli stavbu se zateplením a správným způsobem větrání, vytápění a klimatizace. Toto již není pouze o zateplení obvodového pláště, tudíž se ze staré panelové výstavby dá jen velmi těžko udělat pasivní či nízkoenergetický dům. Nicméně tento vývoj je velice šetrný k životnímu prostředí. Snaha o minimalizaci spalování paliv je správnou cestou k lepšímu prostředí pro život.

2. Cíl práce

Cílem práce je zhodnotit z hlediska ekonomického a technického efektivitu zateplení panelových a bytových domů. Rovněž analyzovat historii výstavby panelových a bytových domů, určit možnosti jejich zateplení a dodatečného zateplení, druhy tepelně izolačních materiálů a principy používání izolačních materiálů v občanské výstavbě. Těžiště práce leží v návrhu vhodné tepelné izolace dle zjištěných hodnot tepelných odporů jednotlivých konstrukcí pro vybraný objekt bytové výstavby. Provést výpočet návrhové tepelné ztráty a roční spotřeby tepla před a po zateplení. Stanovit ekonomické efektivnosti zateplení bytového domu při snížení spotřeby paliva (zemní plyn, elektřina). Vyjádřit možné finanční úspory a zhodnotit návratnost investice do zateplovacího systému, a tím zhodnotit celkovou efektivitu zateplení.

3. Důvody zateplování budov

Nejčastějším důvodem, proč se většina majitelů domů či bytů uchyluje k použití zateplovacích systémů, je snaha o snížení finančních nákladů na vytápění. Správně aplikovaná tepelná izolace zvyšuje odpor obvodových konstrukcí vůči pronikání tepla či chladu z exteriéru do interiéru, a tím je možné lépe dosáhnout stálé teploty uvnitř objektu. Nicméně zateplení s sebou nese výhody nejen v zimních, ale i v letních měsících. A to tím, že se objekt během letního období zbytečně nepřehřívá, ale udržuje konstantní teplotu. Dalo by se říct, že v zimě tepelná izolace šetří finanční prostředky na vytápění a v létě za klimatizaci.

Se zateplováním budov je spojena i změna vzhledu fasády. V dnešní době existuje celá řada možností, jak vzhled upravit přesně dle požadavků investora. Výhody nepřináší pouze z vizuální stránky, ale také ze stránky praktické, a to tím, že se nová fasáda stává odolnější vůči vnějším vlivům jako je déšť, vítr, mráz či sníh.

Díky kvalitně provedenému zateplení budovy se též docílí snížení tepelných mostů, což zamezuje kondenzaci vodní páry na vnitřních stěnách. Dále je dosaženo stálé teploty a vlhkosti vzduchu, spolu se správnou volbou vnějších výplní otvorů, které zajistí správnou výměnu vzduchu v místnosti, je eliminována možnost vzniku plísní. Tudíž ze zdravotního hlediska se jedná o významné plus. Nicméně toto je závislé na více faktorech.

Dalším důvodem je ekologie. Při použití zateplovacích systémů se snižuje množství spalovaných paliv, a tím vzniká i méně emisí.

V neposlední řadě se zateplením budovy zvyšuje její tržní hodnota a prodlužuje se její celková životnost.

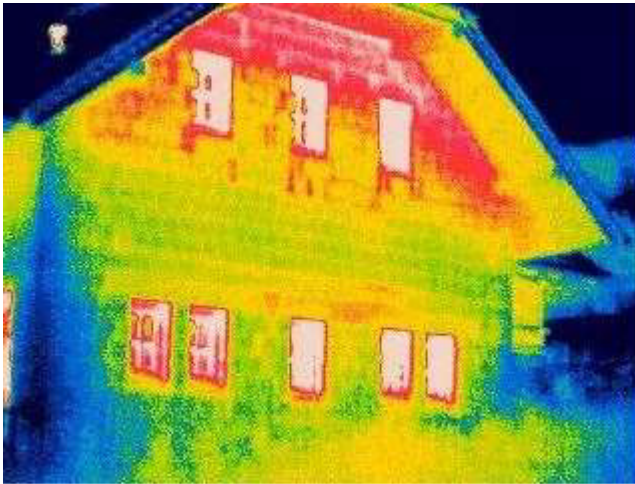
4. Základní pojmy

Do základních pojmů tepelné techniky se zejména řadí tepelný most, tepelný odpor, součinitel prostupu tepla, součinitel tepelné vodivosti a prostup tepla konstrukcí.

4.1. Tepelný most

Jedná se o místo, kde dochází k úniku tepelné energie konstrukcí. Zjednodušeně se jedná o místo, kde uniká teplo z interiéru do exteriéru a naopak. Pokud tepelný most vznikne, dochází ke snížení povrchové teploty na straně interiéru, a to přesně v místě jeho vzniku a v jeho bezprostředním okolí.

Obr. 1 Tepelný most



Zdroj: <<https://www.izolace-info.cz/aktuality/8814-tepelne-mosty-v-otazkach-a-odpovedich-a.html#.YF-QOq9KiM8>>

Infrakamera se používá pro odhalení tepelných mostů, tento pohled je vidět na obr. 1. Červená barva poukazuje na oblasti, kde se tepelné mosty vyskytují. (1)

Problémem tepelných mostů je především to, že na chladnějším povrchu dochází v interiéru ke kondenzaci vodní páry, a tím může dojít ke zvýšení vlhkosti uvnitř objektu až nad hodnotu 80 %, která tvoří ideální prostředí pro vznik plísní. Viditelné plísně se dají snadno odstranit, problémem jsou plísně zůstávající na místech, které nejsou snadno odhalitelné, jako například pod podlahou. Dlouhodobý pobyt v takovémto prostředí je zdraví škodlivý. (2)

Kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce se řadí mezi další obtíže. Vlhkost je nebezpečná zejména u dřevěných konstrukcí, u kterých vede k rapidnímu snížení životnosti. Dřevěné konstrukce nejsou odolné na změny způsobené střídáním sucha a vlhka, a proto okamžitě hnijí, to může narušit i celkovou statiku budovy, například u stropů. Potíže nevznikají pouze u dřevěných konstrukcí, ale také u konstrukcí kovových, ty díky vysoké vlhkosti korodují a jejich životnost je též zkrácena. Mezi další nevýhodu se řadí vnikání vlhkosti do obvodových konstrukcí budov. Kapénky vody uvnitř zdiva mohou při zimních měsících zamrznat, tím zvětšují svůj objem, a tím dochází k nežádoucím trhlinám na povrchu konstrukce. (3)

4.2. Tepelný odpor R

Jedná se o fyzikální veličinu vyjadřující, při jaké ploše a při jakém teplotním rozdílu, dojde k přenosu tepelné energie 1 Watt. Vyjádřeno v jednotkách [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]. (4)

Tepelný odpor poukazuje na míru odporu vůči pronikání tepla konstrukcí. Čím je tato hodnota vyšší, tím pomaleji prochází teplo, a proto, čím je hodnota vyšší, tím lépe. (5)

4.3. Součinitel prostupu tepla U

Tato hodnota vyjadřuje, jaké množství tepla unikne konstrukci o ploše 1 m^2 při daném rozdílu interiérové a exteriérové teploty 1 K. Vyjádřeno v jednotkách [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]. (6)

Výše maximálních doporučených a požadovaných hodnot pro jednotlivé typy konstrukcí jsou dány normou.

4.4. Součinitel tepelné vodivosti λ

Jedná se o schopnost daného materiálu vést teplo. Tato schopnost není ovlivněna tloušťkou materiálu, ale jeho složením. Vyjádřeno v jednotkách [W/mK]. (7)

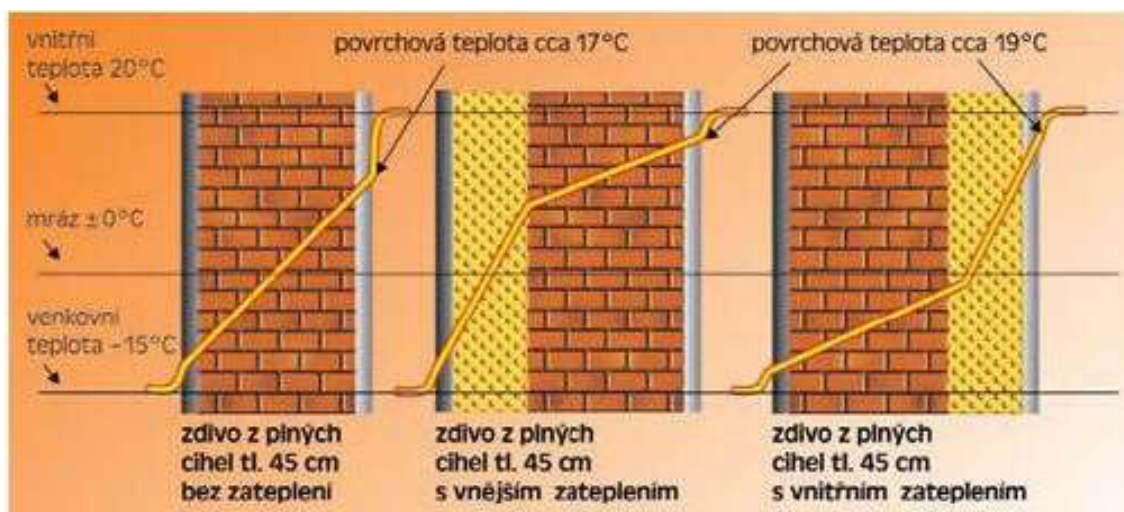
Ve většině případů se udává tzv. deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti, což je hodnota, která je stanovena výrobcem při předem definovaných podmínkách daných normou, resp. + 10 °C v suchém stavu a bez vlivu vlhkosti. (7)

Tato veličina je při výběru tepelné izolace velmi důležitá, také z tohoto důvodu je součástí technických listů nabízených materiálů na trhu.

4.5. Prostup tepla konstrukcí

Problémem staré výstavby bytových domů je povrchová teplota uvnitř domu. Stěny bývají často studené, a proto je uvnitř v místnosti více pocíťován chlad. K zamezení tohoto pocitu přispívá přidaná tepelná izolace na stěně. Průběh tepla konstrukcí bez zateplení a se zateplením je znázorněn na obr. 2. Bez zateplení uvnitř v konstrukci dochází k přechodu velkého rozdílu teplot vnitřního a vnějšího prostředí. Při rozdílu teplot nad a pod bodem mrazu dochází ke kondenzaci vodní páry uvnitř nosné konstrukce. Při použití tepelné izolace se rozdíl teplot snižuje a nosná konstrukce je chráněna před kondenzací uvnitř konstrukce. Tím také vzniká teplejší povrch vnitřní konstrukce na dotek, a tím se zvyšuje tepelná pohoda uvnitř v budově. (7) (8)

Obr. 2 Prostup tepla stavební konstrukcí



Zdroj: <http://old.ekowatt.cz/de/informace/usporna-opatreni-v-rodinnych-domech>

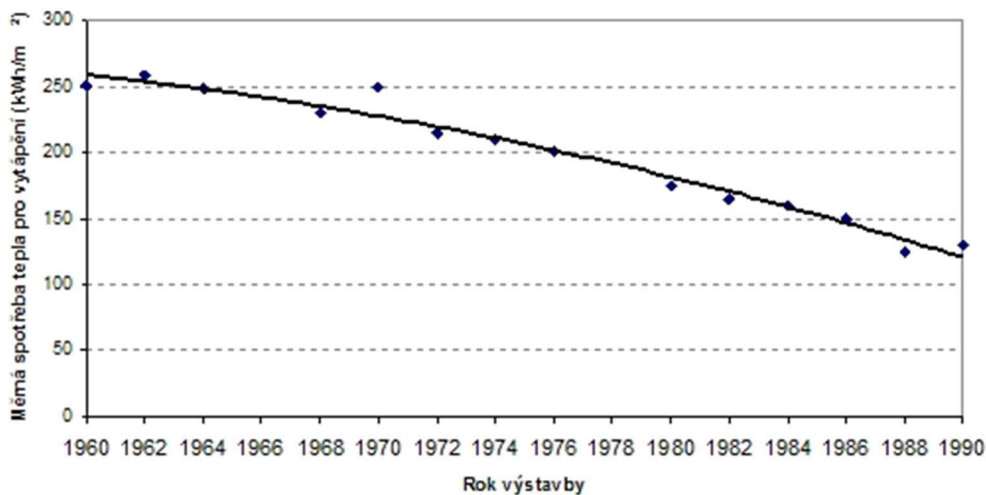
5. Historický vývoj výstavby bytových domů

První zmínky o výstavbě bytových domů, kde se z počátku jednalo o výstavbu z betonových panelů, čímž si vysloužily název panelové domy, jsou zaznamenány po první světové válce v Nizozemsku. Několik let poté se začalo stavět také v Německu. V roce 1939 se zahájila výstavba prvního panelového sídliště v Paříži a dále byla výstavba rozšiřována po celé Evropě. (9)

V České republice je první panelový dům datován k roku 1956. Tímto způsobem výstavby byla rychle řešena bytová krize tehdejší doby, ale bohužel na úkor změny celkového vzhledu měst a také bydlení, v podstatně nekomfortních podmínkách, jak z hlediska sociálního, tak z hlediska technického. (9)

V průběhu let se začaly zpřísnovat požadavky na tepelně technické požadavky výstavby. Díky tomu došlo k výraznému snížení spotřeby tepla na vytápění. To také je zřejmé z obr. 3, kde je zobrazen vývoj spotřeby tepla v jednotlivých letech výstavby.

Obr. 3 Trendy měrné energie bytové výstavby v časovém horizontu



Zdroj: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/stavebni-opatreni/60-soucasny-stav-rekonstrukci-panelovych-domu.html>

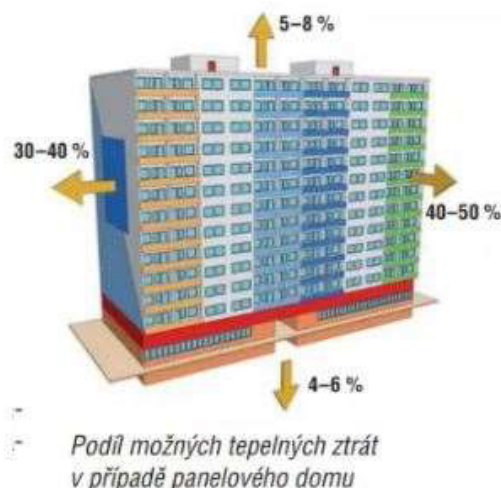
Právě kvůli úniku tepla se začal masivně rozvíjet trend rekonstrukcí těchto domů, a s tím spojená snaha o minimalizaci nákladů na vytápění. Jedná se o rekonstrukce zejména v oblasti zateplení obvodových konstrukcí, střechy nebo výměny vnějších výplní otvorů. Od

roku 1990 se bytové domy začaly zateplovat, nejdříve tepelnou izolací o tloušťce do 50 mm, na přelomu tisíciletí již bylo běžné použít izolanty do tloušťky 100 mm a v současné době je standardem tloušťka do 140 mm. (10)

Postupem doby, kdy bylo dbáno na tepelně technické požadavky konstrukcí, se začalo od betonových panelů ustupovat, a pomalu přecházet k výstavbě domů zděných, a právě takovým domům se začalo říkat bytové domy. Zděný bytový dům totiž umožňoval jak větší variabilitu uspořádání jednotlivých bytů, tak i více možností celkového vzhledu budovy. Začínal být kladen důraz i na urbanistické požadavky okolí, a především vývoj stavebních materiálů výrazně pokročil. Cihly dosahovaly lepších tepelně technických parametrů nežli betonový panel. Už nebyla bytová krize a lidé se mohli zaměřit nejen na rychlost výstavby, ale také na další parametry.

Největší nevýhodou dnešních bytových i panelových domů bývají vysoké tepelné ztráty, ke kterým dochází celou obálkou budovy, ale především prostorem oken a dveří. Jelikož u takto rozsáhlých staveb, plocha vnějších výplní otvorů tvoří okolo 40 – 50 % celé plochy domu. A právě touto plochou uniká energie nejvíce. Dokonce i samotná fasáda netvoří takový podíl, jak lze vidět na obr. 4. (11)

Obr. 4 Podíl tepelných ztrát v jednotlivých částech bytových domů



Zdroj: https://www.isolace-info.cz/aktuality/21684-tepelne-ztraty-a.html#_YFYs269KiM8

Z tohoto důvodu je tedy velmi důležité při rekonstrukci takového domu důkladně zvážit nejen zateplení obálky budovy, ale i výměnu oken, neboť právě v tom spočívá největší úspora tepelné energie.

6. Způsoby zateplování bytových domů

Existuje celá řada způsobů, jak zateplení budovy provést a zvýšit tak tepelný standard uvnitř budovy. Samozřejmě toto nezávisí pouze na zvoleném způsobu zateplení, ale především na vhodném výběru materiálů a kvalifikované realizační firmy.

Jsou dostupné dva typy zateplování, a to zateplení z vnitřní anebo z vnější strany budovy. Zateplení z vnitřní strany je v kontextu zateplování bytových domů méně vhodné především z důvodu špatné dostupnosti ke všem vlastníkům jednotlivých bytů, nutnosti přerušování užívání bytů na omezenou dobu, vzniká větší riziko vzniku plísní, zdivo ztrácí vlastnost akumulovat teplo a je nadále vystaveno vlivům vnějšího prostředí. Z tohoto důvodu je tato práce zaměřena na varianty vnějšího zateplení.

6.1. Vnější kontaktní zateplení

Tento způsob zateplení patří v současnosti k nejvíce využívaným způsobům vůbec. Především z důvodu nízké pracnosti a nízkým nákladům, v porovnání s ostatními variantami.

Postup montáže:

Jedná se o způsob, kdy je tepelná izolace lepena přímo na podklad, a to buď bodově či celoplošně pomocí lepidla. Po nalepení tepelné izolace je nutné ji průběžně kotvit pomocí systémových hmoždinek. Typ, délka a množství jsou odvozeny z výtažných zkoušek, které se provádějí přímo na stavbě. Takto připravená vrstva se pokrývá stěrkovou hmotou, do které je vtlačována sklovláknitá tkanina. Typ síťoviny je volen dle finálního povrchu zateplení. Jiný typ bude použit pro fasádní omítku a jiný pro obložení cihelnými pásky. Nicméně toto platí i při návrhu lepidla, hmoždinek a celého systému. Funkcí této tkaniny je především zpevnění vrchní vrstvy stěrky a sjednocení materiálu pod ní, tím zabraňuje vzniku trhlin na finálním povrchu. Po natažení tkaniny (lidově zvané perlinky) přichází na řadu poslední krok před finálním povrchem, který je často vynecháván z důvodu vidiny úspor. Penetrace je ale velmi důležitá především pro zvýšení přilnavosti a sjednocení nasákavosti povrchu, kdy docílí toho, že při variantě fasádní omítky nevznikají na fasádě skvrny. Navíc

penetraci je možné dodat v barvě finální omítkoviny, tím lze dosáhnout lepšího barevného výsledku finální fasády. Celá skladba je znázorněna na obr. 5. (12)

Obr. 5 Kontaktní zateplení



Zdroj: <https://www.isover.cz/produkty/systemy-isover/kontakti-zateplovaci-systemy>

Výhody:

- Dokonalé utěsnění zateplení bez tepelných mostů
- Levnější než varianta provětrávané fasády
- Eliminace plísní
- Zvýšená akumulční schopnost zdiva
- Budova získá nový vzhled

Nevýhody:

- Nižší odolnost vůči mechanickému poškození
- Rozšíření vnějšího rozměru domu
- Technologické přestávky
- Pracnější montáž

6.2. Provětrávaná fasáda

Tento typ fasád je typický vzduchovou mezerou mezi tepelnou izolací a vnějším pláštěm. Ve vzduchové mezeře dochází k proudění vzduchu, tzv. komínový efekt, díky kterému je průběžně odváděna vlhkost a tím se eliminuje potenciální vznik plísní. Do tohoto typu fasád se nesmí používat tepelná izolace, jako je polystyren a jiné hořlavé látky. Právě kvůli již zmiňovanému komínovému efektu, který by v případě požáru pouze hoření podpořil.

Postup montáže:

Způsob provádění je zcela odlišný od kontaktního zateplení. Základním prvkem je nosný rošt, který se montuje k nosné konstrukci. Rošt může být svislý, vodorovný nebo křížem přes sebe. Tepelná izolace se vkládá do připraveného roštu, již se nelepí. Desky je ale nutné k nosné konstrukci přikotvit pomocí hmoždinek. Typy, délky a potřebné množství určují výtažné zkoušky a kotevní plán. Dalším krokem je použití difúzní fólie, sloužící jako ochrana proti vodě, popřípadě sněhu.

Odvětrávaná mezera by měla dosahovat doporučené šíře 40 mm, minimálně však 20 mm. Důležitým prvkem jsou ochranné mřížky umístěny u vstupního a výstupního otvoru, kvůli nechtěnému vniknutí ptáků či drobných hlodavců dovnitř konstrukce. Nakonec se montuje pohledová vrstva. Standardním typem vnějšího pláště jsou cementovláknité desky, ale existuje celá řada alternativ. Celková skladba je znázorněna na obr. 6. (13)

Výhody

- Dobré odvětrání bez vzniku kondenzace vodních par
- V letních měsících slouží vzduchová mezera k ochlazení fasády
- Suchý proces montáže
- Snadná výměna pouze části fasády
- Akustické vlastnosti
- Rychlost realizace

Nevýhody

- Vyšší cena

- Limitována variace možných tepelných izolací
- Nutnost profesionální montáže
- Problematické řešení detailů

Obr. 6 Provětrávaná fasáda



Zdroj: katalog Isover

6.3. Zateplení na zateplení

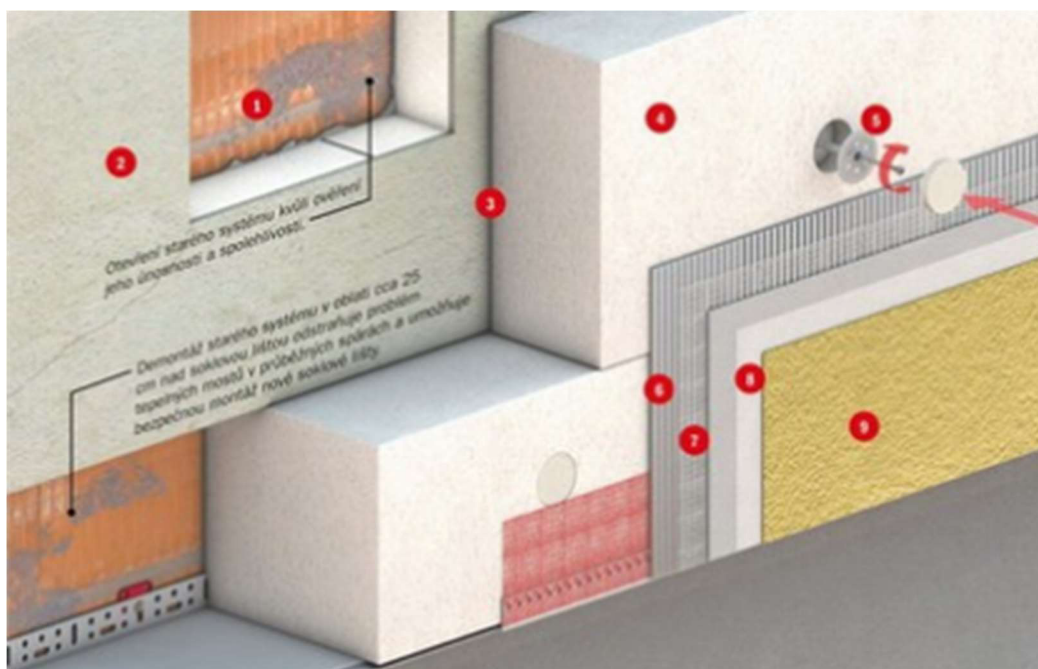
Pokud stávající zateplení nespĺňuje současné požadavky a neplní svou funkci nebo současná tloušťka je nedostatečná je nutné přejít ke znovu zateplení. Nejvhodnější způsob a to i z hlediska ekologického, ponechat stávající izolant a použít způsob zateplení na zateplení. Je nutné ověřit, zdali budova je staticky dostatečně nosná pro dodatečný zateplovací systém. Další podmínkou je prověření kondenzačních poměrů obvodové konstrukce. U velmi vlhkých staveb může posléze docházet ke kondenzaci vodní páry mezi dvěma izolanty, a v tomto případě je nejlepší možností původní izolant zcela odstranit.

Před samotnou realizací je nutné provést vizuální kontrolu původního zateplení. Trhliny, dutiny, mechanické poškození či zatékání je nutné v první řadě opravit. Dále je

nutné prověřit skladbu stávajícího zateplení, druh, tloušťku, způsob kotvení a atd. Statická způsobilost se zkouší pomocí kovových terčů. Pokud je ale stávající vrstva nevyhovující je nutné celý systém strhnout či opravit poškozené části. (14)

Při lepení nového izolantu se spáry starého musí, co možná nejvíce, překrývat. Hmoždinky se kotví přes obě vrstvy tepelného izolantu až do stěny. Tomuto by měla předcházet výtažná zkouška, která určí přesný typ a délku kotvení hmoždinek. Další postup po hmoždinkování je stejný jako u kontaktního zateplovacího systému. Skladba je zobrazena na obr. 7. (14)

Obr. 7 Zateplení na zateplení



Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/9208-zatepleni-na-zatepleni-jde-to>

- 1 Stávající zdivo – podkladní konstrukce
- 2 Stávající tepelný izolant
- 3 Lepidlo
- 4 Nový tepelný izolant
- 5 Hmoždinky – kotevní materiál
- 6 Stěrka
- 7 Výztužná tkanina – perlinka
- 8 Penetrace
- 9 Finální povrch – omítkovina

7. Typy tepelných izolantů používaných u bytových domů

Volba správné tepelné izolace je jednou z nejdůležitějších věcí při zateplování budov. V souvislosti se zateplováním bytových domů se nedají použít veškeré materiály dostupné na trhu. A to z důvodu nutnosti splnění širšího spektra požadavků nežli například u zateplování rodinných domů. Jeden z hlavních parametrů jsou zvýšené požadavky na akustiku a požární bezpečnost.

7.1. Pěnové materiály

Jednotlivé typy pěnových tepelných izolací se odlišují především způsobem využití a vhodností jejich umístění v konstrukci. Zda-li izolace patří na obvodové konstrukce, izolaci spodní stavby či izolaci střech. Bohužel veškeré tyto materiály se vyznačují špatnou požární odolností.

7.1.1. Expandovaný pěnový polystyren EPS (bílý)

Patří k nejvíce používaným typům tepelné izolace. Udává se zkratkou EPS a číslem (70 až 150) což označuje napětí při 10 % stlačení. Používá se do konstrukcí, které nemají zvláštní požadavky na požární bezpečnost. Nicméně u bytových domů bývá na obvodové konstrukce často kombinován s izolací minerální. Dále je velmi často používán pro izolace podlah či plochých střech. Mezi nespornou výhodou tohoto materiálu se řadí jeho nízká hmotnost, vysoká pevnost a cenová dostupnost. Pěnový polystyren je zobrazen na obr. 8.

Obr. 8 Pěnový polystyren



Zdroj: Vlastní

Výběr správného izolantu závisí na základních fyzikálních vlastnostech:

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,040$ W/mK
- faktor difúzního odporu $\mu = 20\text{--}100$
- třída reakce na oheň E (15)

7.1.2. Grafitový polystyren (šedý)

Tento typ je velice podobný klasickému bílému polystyrenu, s tím rozdílem, že obsahuje přísadu z grafitových nanočástic, viz obr. 9. Tím dochází ke zvýšení izolačního účinku, a materiál dosahuje lepší hodnoty součinitele tepelné vodivosti. Díky svým výborným vlastnostem je v dnešní době velice používaným materiálem. (16)

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,030 \text{ -- } 0,033$ W/mK
- faktor difúzního odporu $\mu = 20\text{--}100$
- třída reakce na oheň E

Obr. 9 Grafitový polystyren



Zdroj: Katalog Isover

7.1.3. Extrudovaný polystyren XPS

Hlavní výhodou tohoto materiálu je jeho uzavřená struktura, díky níž má téměř nulovou nasákavost. Mezi další výhodou se řadí vysoká pevnost v tlaku. Používá se především pro izolaci míst, které jsou namáhané a zatěžované vodou, jako jsou sokly budov, místa v kontaktu s terénem či střechy. (16)

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,034$ W/mK

- faktor difúzního odporu $\mu = 50 - 150$
- třída reakce na oheň *E*

7.1.4. Perimetrické desky

Jedná se o speciální typ XPS s upravenými parametry tak, aby byly schopny odolávat přímému kontaktu s vlhkostí. Používají se pro zateplení spodních staveb, suteréních stěn anebo základových desek. Vyznačují se dalšími výbornými vlastnostmi, jako jsou mrazuvzdornost, minimální hmotnost, a hlavně ekonomická výhodnost. (16)

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,030 - 0,038$ W/mK
- faktor difúzního odporu $\mu = 180$
- třída reakce na oheň *E*

7.1.5. PIR a PUR

Materiál dostupný v podobě desek či pěny používané k lití nebo stříkání přímo v místě stavby. Rozdíl mezi izolací PIR a PUR je takový, že na výrobu PIR se používá kombinace uretanových a isokyanurátových vazeb, kdežto pro výrobu PUR se používají vazby především uretanové. PIR (obr. 10) se vyznačuje lepšími tepelně izolačními vlastnostmi, vyšší tlakovou pevností a vyšší protipožární odolností. Tyto materiály se především používají k izolaci střech, podlah či stěn. (17)

Obr. 10 PIR



Zdroj: Katalog Isover

Desky bývají zpravidla z jedné či z obou stran spojeny s materiálem chránícím desky před UV zářením. Nejčastěji se používá hliníková fólie či různé nátěry. Nevýhodou je ale cena, která je ve srovnání se standardním EPS podstatně vyšší.

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,022 - 0,075 \text{ W/mK}$
- faktor difúzního odporu $\mu = 180$
- třída reakce na oheň $C - E$

Jednotlivé parametry závisí na přesném složení. (17)

7.2. Minerální izolační materiály

Výhody, které s sebou nesou tyto materiály jsou požární odolnost, vysoká pevnost a paropropustnost. Díky výborné požární odolnosti se také využívají jako požárně dělící pásy, zejména u občanské výstavby a pro ochranu požárních únikových cest. Mezi dva nejvíce používané typy minerálních izolací patří kamenná a skelná vlna.

7.2.1. Kamenná vlna

Kamenná neboli čedičová vata (obr. 11). Materiál vyráběný především z čediče, sopečné horniny diabasu a tomu podobných vyvřelých hornin. Vyrábí se ve dvou provedeních, měkké rohože a tuhé desky. Měkké rohože se používají pouze pro nezatížené konstrukce, jako jsou například půdní prostory. Naopak tuhé desky do zatížených konstrukcí, nejčastěji do kontaktního zateplení. (18)

Obr. 11 Kamenná vlna



Zdroj: Katalog Isover

Rozlišují se dva druhy vláken, podélné a kolmé. Podélné čedičové vlákno je nejčastěji používanou minerální izolací. Kolmé vlákna mají vyšší pevnost v tahu, a proto jsou vhodné především pro kontaktní zateplovací systém s keramickým obkladem a pro zateplení zakřivených povrchů. (18)

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,035 - 0,045 \text{ W/mK}$
- faktor difúzního odporu $\mu = 1 - 2$
- třída reakce na oheň *A1*

7.2.2. Skelná vlna

Materiál vyráběný rozfoukáním roztaveného skla. Stejně jako kamenná vlna se formuje ve dvou provedeních, desky a rohože. Rozdíl je ve způsobu použití. Skelná vlna (obr. 12) se používá především k izolaci střech a stropů. Mezi její největší výhodu patří výborné zvukově izolační vlastnosti. (18)

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,030 - 0,045 \text{ W/mK}$
- faktor difúzního odporu $\mu = 1$
- třída reakce na oheň *A1*

Obr. 12 Skelná vlna



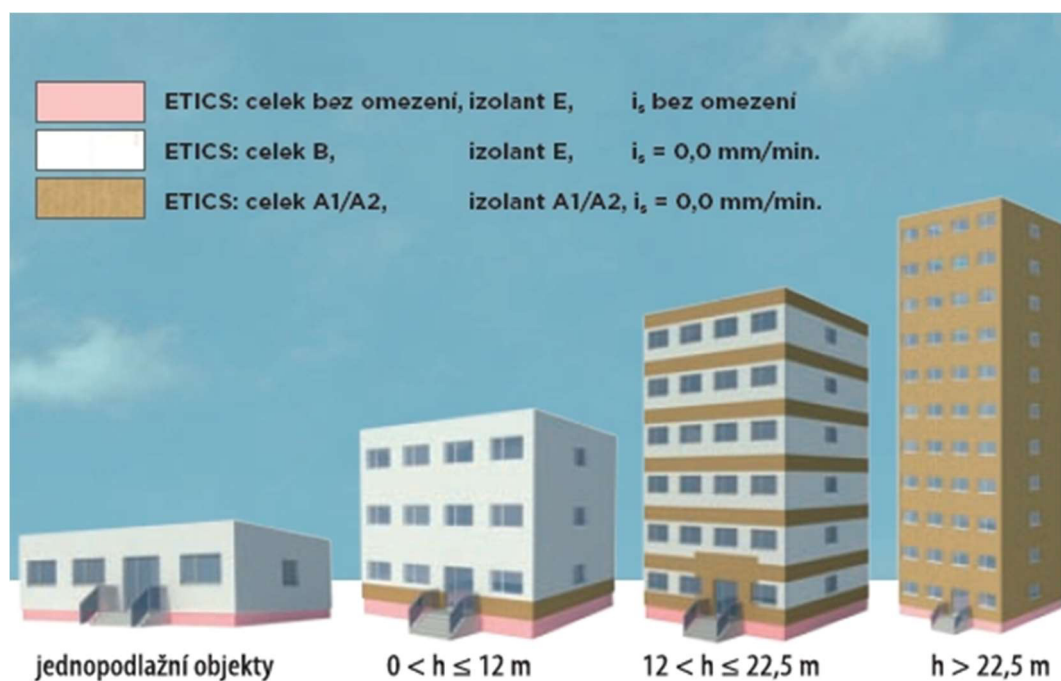
Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>

8. Vliv požární bezpečnosti na výběr zateplovacího systému

V roce 2016 vyšla v platnost aktualizace základní normy požární bezpečnosti, ve které dochází ke sjednocení požadavků při používání hořlavých a nehořlavých izolanů při zateplování budov. Původní znění normy obsahovalo odlišné řešení používání izolanů pro novostavby a pro dodatečné zateplování. Nová norma zjednodušila a sjednotila vnímání zateplování jak při navrhování, tak při realizaci. (19)

Norma rozlišuje budovy, dle jejich požární výšky, a to na čtyři typy: jednopodlažní budovy, budovy s požární výškou do 12 m včetně, budovy od 12 – 22,5 m včetně a budovy nad 22,5 m. Toto rozdělení je znázorněno na obr. 13. Umístění jednotlivých druhů tepelných izolanů se řeší pouze u kontaktního zateplovacího systému, jelikož provětrávané fasády jsou v celé ploše složeny z nehořlavých izolanů. (20)

Obr. 13 Dělení budov dle požární odolnosti



Zdroj: Katalog Isover

i_s index šíření plamene po povrchu [mm/min].

Požární výškou se rozumí výška od úrovně čisté podlahy prvního nadzemního podlaží neboli $\pm 0,000$ až po úroveň podlahy posledního užitného podlaží. Také je na obr. 13 šrafy znázorněn typ možného typu tepelného izolantu, dle jejich požární odolnosti. Rozlišuje se sedm tříd, dle reakce na oheň A – F:

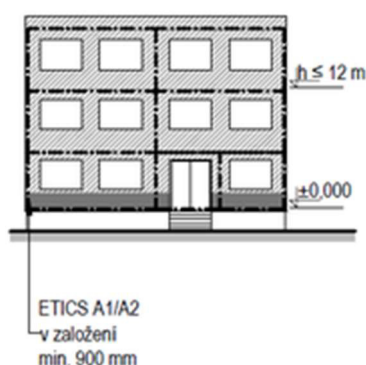
- A1 a A2 – označení pro materiály nehořlavé. Do této třídy se řadí minerální izolace z kamenné i skelné vlny.
- B – E – označení pro materiály hořlavé. Typ B – E se rozlišuje dle toho, jak materiály přispívají k intenzitě požáru, B nejméně a E nejvíce. Veškeré pěnové izolanty jsou kvalifikovány jako hořlavé, z nichž nejméně přispívá k rozšíření požáru izolace PIR a PUR, které dosahují třídy C – E. Zato polystyreny jsou zařazeny do třídy E.
- F – označení pro materiály extrémně hořlavé nebo se jedná o materiály, které nebyly dosud vyzkoušeny. (20)

8.1. Budovy s požární výškou do 12 m včetně

Prvním požadavkem na zateplení pro budovy do 12 m (obr. 14) je dodržení certifikovaného systému ETICS, a to se všemi komponenty od lepidla až po finální omítkovinu. Dalším požadavkem je, aby tepelný izolant byl alespoň třídy E, ale ucelený systém musí vykazovat třídu reakce na oheň B. Finální povrch nesmí šířit oheň, ale toto je běžná vlastnost všech ETICS tenkovrstvých omítek. (19)

Při založení zateplovacího systému je nutné, aby ve spodní části, kde zateplení spodní stavby, u kterého musí být použit nenasákavý materiál, přechází do kontaktního zateplení, bylo eliminováno požární riziko. Tomu předchází použití nehořlavého materiálu v pruhu 90 cm podél celého objektu od úrovně čisté podlahy. (19)

Obr. 14 Budovy do v 12 m

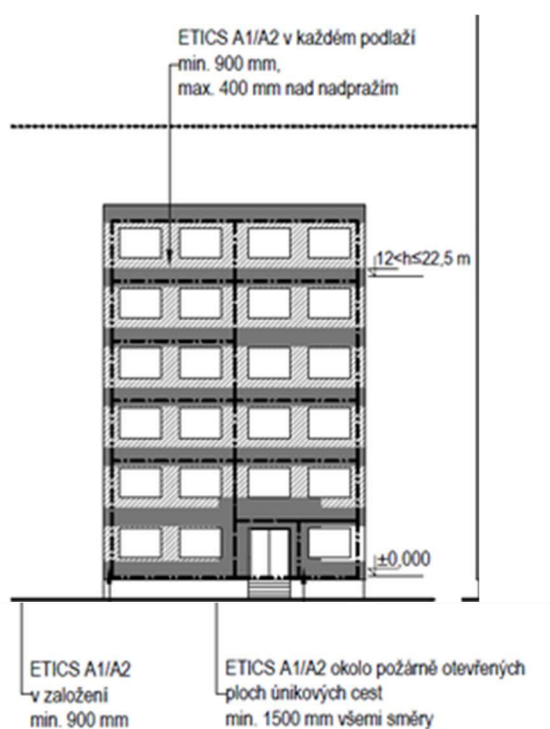


Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/14515-pozarni-hledisko-kontaktnich-zateplovacich-systemu-dle-csn-73-0810-2016>

8.2. Budovy s požární výškou od 12 – 22,5 m včetně

Veškeré požadavky zůstávají stejné jako u budov do 12 m, s tím rozdílem, že u budov vyšších přibývá více podmínek a požadavků. Při založení kontaktního zateplení zůstává nutnost použít požární pruh, tedy pruh z nehořlavého materiálu, nicméně nejenom v oblasti založení. Nutné je jej aplikovat v rámci každého podlaží. Umístění pruhu v rámci podlaží je závislé na požární otevřenosti fasády neboli na otvorech ve fasádě. Pruh musí být umístěn nejlépe přímo nad otvorem, či maximálně ve vzdálenosti do 40 cm od nadpraží otvoru. Také musí být odizolovány a chráněny před průnikem ohně únikové cesty, jak lze vidět na obr. 15. Vchodové dveře jsou ze všech stran chráněny nehořlavým materiálem, a tím je tato úniková cesta zároveň chráněna před odkapáváním hořícího izolantu. Minimální šířka nehořlavého materiálu je v tomto případě 150 cm. (19)

Obr. 15: budovy 12 m – 22,5 m

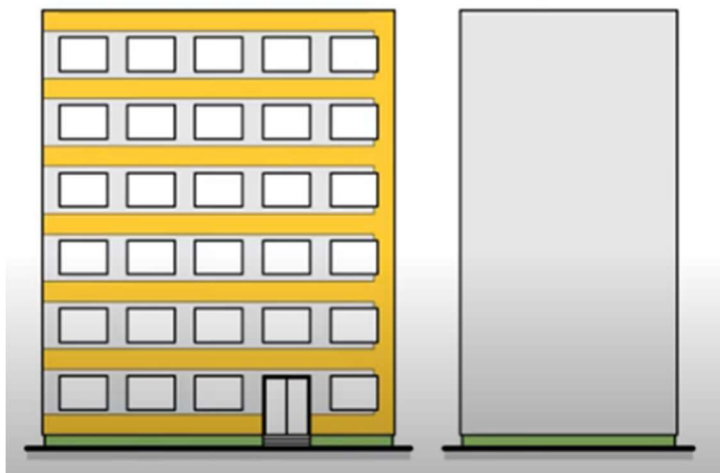


Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/14515-pozarni-hledisko-kontaktnich-zateplovacich-systemu-dle-csn-73-0810-2016>

Existují výjimky, pokud výrobce navrhne jiný způsob řešení a jiný výběr materiálů, veškeré tyto materiály musí projít požární zkouškou, za přesně definovaných podmínek.

V případě, že budovy z jedné či více stran nemají žádné požárně otevřené plochy, lze od požárních pruhů odstoupit. Ale pouze za podmínky, že na rohu fasády bude proveden svislý požární pruh v šířce minimálně 90 cm, jak lze vidět na obr. 16. Podobným způsobem se řeší, pokud objekt navazuje na další budovu. V tomto případě je nutné též použít svislý požární pruh. (19)

Obr. 16 Štítové stěny bez otevřených ploch



Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/14515-pozarni-hledisko-kontaktich-zateplovacich-systemu-dle-csn-73-0810-2016>

V případě, že fasádou prochází bleskosvod, musí být umístěn v nehořlavém materiálu v šířce 25 cm na obě strany v celé jeho délce.

Pokud na fasádu ústí technologická zařízení, například vzduchotechnika, ani tyto otvory nesmí být opomenuty. Nicméně v těchto případech stačí izolovat nehořlavým materiálem pouze v šířce 25 cm ze všech stran. Výjimku mají otvory, které se nacházejí v blízkosti do 40 cm od nejbližšího požárního pruhu. (19)

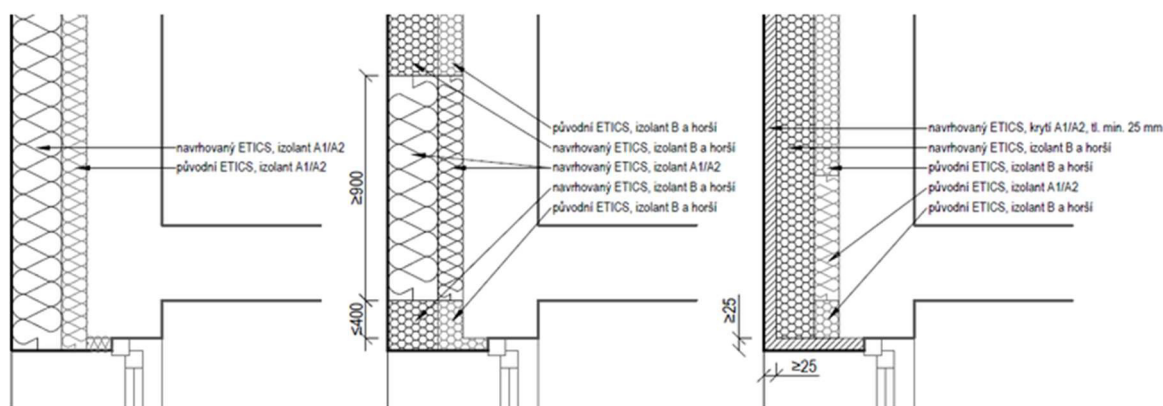
8.3. Budovy s požární výškou nad 22,5 m

U budov nad 22,5 m už je nutné použít v celé ploše zateplovacího systému nehořlavý materiál s třídou reakce na oheň A1 – A2. Výjimka může být udělena pouze v případě již zmiňované požární zkoušky. (19)

8.4. Zateplení na zateplení

V případě dodatečné vrstvy zateplení na stávající formu zateplení existují tři možnosti provádění. Jednotlivé varianty jsou znázorněny na obr. 17. Ve všech případech se musí postupovat dle nové normy o požární bezpečnosti, a je nutné dodržet požadavky kladené na budovy, dle jejich požární výšky, jak je uvedeno výše.

Obr. 17 Zateplení na zateplení



Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/14515-pozarni-hledisko-kontaktich-zateplovacich-systemu-dle-csn-73-0810-2016>

Nejideálnější varianta je, pokud stávající zateplení je celoplošně z nehořlavého materiálu, v tomto případě se aplikuje nové zateplení též z nehořlavého materiálu.

Další možností je, pokud původní vrstvu izolantu tvoří hořlavý materiál. V tomto případě se požadavky na požární bezpečnost musí promítnout i do stávající vrstvy izolantů. To znamená, že v místě požárního pruhu musí být původní izolant odstraněn a nahrazen izolantem nehořlavým.

Poslední možností je, pokud stávající izolant vyhovuje požárním podmínkám, aplikovat druhou vrstvu izolantu s třídou reakce na oheň B a to celé přikrýt nehořlavým izolačním materiálem v minimální tloušťce 2,5 cm. Nehořlavá vrstva musí být ze všech stran ostatních izolantů, i v ostění a nároží otvorů. (19)

9. Výpočet tepelných ztrát

K hodnocení efektivnosti zateplení se využívají různé způsoby, ale nejčastěji se jedná o výpočet tepelných ztrát objektů. Tepelné ztráty číselně vyjadřují množství tepelné energie, která uniká samotnou konstrukcí, ale také větráním. Pro výpočet předběžné tepelné ztráty se používá tzv. obálková metoda. Z hlediska zateplovacích systémů se jedná spíše o část výpočtu tepelných ztrát prostupem konstrukcí a tepelnými mosty. (21)

Základem pro výpočet tepelných ztrát jsou ztráty prostupem samotnou konstrukcí. Pro výpočet se používá vztah:

$$Q_p = U \times A \times (t_i - t_e) \text{ [W]} \quad (1)$$

A ... celková plocha konstrukcí při stejném U [m^2]

$t_i - t_e$... rozdíl ustálených teplot interiéru a exteriéru [$^{\circ}\text{C}$]

U ... Součinitel prostupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

Pro celkové tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcí je nutné ještě připočíst ztráty tepelnými mosty a vazbami. Pro tento výpočet se používá vztah:

$$Q_{tm} = \Sigma U \times koef \times (t_i - t_e) \text{ [W]} \quad (2)$$

Koeficient je závislý na množství vyskytujících se tepelných mostů, a to takto:

- 0,00 ... bez tepelných mostů
- 0,02 ... téměř bez tepelných mostů
- 0,05 ... mírné tepelné mosty
- 0,10 ... běžné tepelné mosty (25), (26), (27)

Další částí tepelných ztrát jsou ztráty větráním. Větrání je nezbytné pro veškeré typy konstrukcí, tudíž při volbě vhodného zateplovacího systému nemají na výběr vliv. Pro výpočet se používá vztah:

$$Q_v = \max(V_{inf}; V_{min}) \times 0,34 \times (t_i - t_e) \text{ [W]} \quad (3)$$

Pro výpočet se vybere větší z hodnot množství vzduchu mezi infiltrací obvodovým pláštěm nebo minimální hygienické množství. Tyto hodnoty se vypočítají ze vztahu:

$$V_{inf} = 2 \times V_m \times n_{50} \times e \times \varepsilon \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (4)$$

V_m ... objem místnosti [m³]

n_{50} ... intenzita výměny vzduchu

e ... stíací činitel

ε ... výškový korekční činitel

$$V_{min} = V_m \times n_{min} \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (5)$$

n_{min} ... minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu

10. Metody hodnocení efektivnosti investic

Pro správnou volbu investice je důležité předem zjistit, zdali je investice ekonomicky výhodná či nikoliv. K tomuto slouží různé metody, které jsou založeny na různých aspektech. Mezi nejzákladnější hledisko, podle kterých se metody rozdělují se řadí zejména zohlednění časové hodnoty peněz neboli zohlednění faktoru času. Dělí se na statické a dynamické.

U metod statických není zohledněn faktor času, proto jsou více vhodné zejména pro investice, u kterých tento faktor nemá zásadní vliv anebo u krátkodobých investic. Naopak metody dynamické, faktor času zohledňují a slouží pro přesnější vyjádření efektivnosti investic. (35)

Pro zvolený objekt budou použity ke zhodnocení efektivnosti investic dvě metody pro zjištění doby návratnosti:

- Prostá doba návratnosti – tato metoda přináší převážně pouze základní představu o výhodnosti investice. (36)

$$DN = \frac{IN}{CF} \quad [\text{rok}] \quad (6)$$

DN ... Doba návratnosti [rok]

IN ... výše investice [Kč]

CF ... roční příjmy z investice [Kč]

- Reálná doba návratnosti neboli diskontovaná – tato metoda na rozdíl od výše uvedené uvažuje s diskontovaným pohybem peněz neboli pohybem peněz v současných hodnotách. (37)

$$DN_R = \frac{CF}{(1+r)^t} - IN \quad [\text{rok}] \quad (6)$$

r ... úroková míra [%]

t ... počet let do n [rok]

11. Vlastní práce

Pro posouzení byl vybrán panelový bytový dům nezateplený v obci Říčany u Prahy (obr. 18). Jedná se o budovu o čtyřech nadzemních podlažích, vystaveném v sedmdesátých letech minulého století. Bytový dům je postaven z klasických betonových panelů o tloušťce 300 mm. Bytový dům čítá 18 bytových jednotek, dispozičně kombinovaná řešení 1+1, 2+1 a 3+1. Pro možnost posouzení z hlediska významnosti zateplení fasády budovy, tedy úniku tepla povrchem fasády, bude budova níže posuzována pouze obálkovou metodou. To znamená, posouzení úniku tepla bude řešeno pouze u konstrukcí, u kterých dochází ke styku s exteriérem budovy.

Obr. 18 Zvolený bytový dům



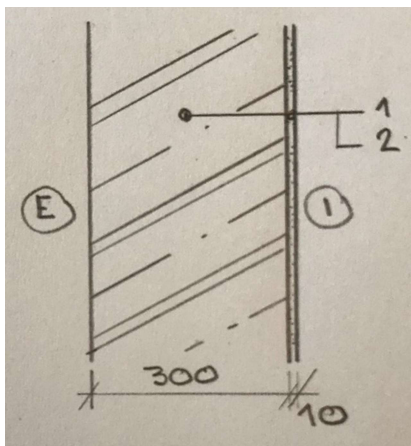
Zdroj: vlastní

Objekt je po částečné rekonstrukci, respektivě po výměně oken a vchodových dveří. Pro ukázkou, jak velké teplo uniká právě těmito konstrukcemi, bude názorně vypočten stav před a po výměně výplní otvorů a ekonomicky zkalkulována úspora tepelných ztrát.

11.1. Návrh vhodné tepelné izolace

Nejprve je nutné zjistit jaký součinitel prostupu tepla má stávající konstrukce (obr. 19).

Obr. 19 Skladba původní konstrukce



Zdroj: Vlastní

Pro výpočet bude použit vztah:

$$U = \frac{1}{R_T} [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (6)$$

U ... součinitel prostupu tepla

R ... tepelný odpor všech konstrukcí

Výpočet tepelného odporu R [$\text{m}^2\text{K/W}$] dle vztahu:

$$R = \frac{d}{\lambda} [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (7)$$

d ... tloušťka konstrukce [m]

λ ... součinitel tepelné vodivosti [W/mK]

Pro výpočet tepelného odporu všech konstrukcí:

$$R_T = R_{es} + R_1 + R_2 + R_n + R_{is} [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (8)$$

R_{es} ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$\text{m}^2\text{K/W}$]

R_{is} ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$\text{m}^2\text{K/W}$]

Hodnoty R_{es} a R_{is} jsou dány normou ČSN 73 0540-3

Skladba konstrukce:

1 ... betonové panely s povrchovou úpravou

2 ... vnitřní omítka vápennocementová (22)

Tab. 1 – Výpočet tepelného odporu stávající konstrukce

Typ konstrukce	Tloušťka d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	Tepelný odpor R [m ² K/W]
1	0,30	1,50	0,200
2	0,01	0,51	0,020

Pozn. hodnoty λ jsou dány technickým listem každého výrobku.

$$R_T = R_{es} + R_1 + R_2 + R_{is}$$

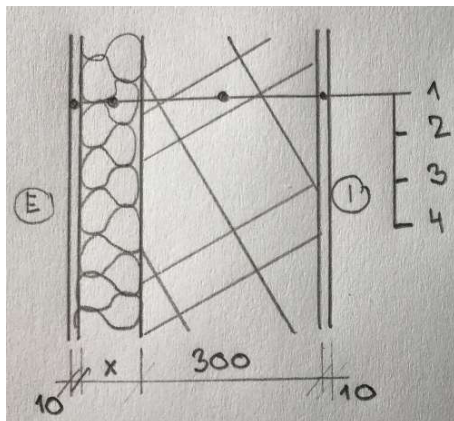
$$R_T = 0,04 + 0,200 + 0,020 + 0,13 = 0,390$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,390} = 2,56[\text{W/m}^2\text{K}]$$

Dle normy ČSN 73 0540 – 2 je požadovaná hodnota vnější stěny $U_N = 0,30$ [W/m²K] a doporučená hodnota $U_N = 0,25$ [W/m²K]. U hodnoty tepelného odporu platí, čím větší číslo, tím konstrukce lépe odolává nechtěnému průniku tepla. U součinitele prostupu tepla U toto platí naopak, čím menší hodnota, tím lépe.

Návrh vhodné tloušťky tepelné izolace (obr. 20) v případě použití minerální tepelné izolace:

Obr. 20 Skladba nové konstrukce s minerální tepelnou izolací MW



Zdroj: vlastní

Skladba konstrukce:

- 1 ... vnější omítka cement
- 2 ... tepelná izolace min. vata ISOVER TF PROFI MW
- 3 ... stávající betonové panely
- 4 ... vnitřní omítka vápennocementová (23)

Tab. 2 – Výpočet tepelného odporu navržené konstrukce MW

Typ konstrukce	Tloušťka d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	Tepelný odpor R [m ² K/W]
1	0,01	0,95	0,011
2	x	0,035	x / 0,035
3	0,30	1,50	0,200
4	0,01	0,51	0,020

Pozn. hodnoty λ jsou dány technickým listem každého výrobku.

$$R_T = R_{es} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{is}$$

$$R_T = 0,390 + x/0,035$$

Doporučená hodnota $U = 0,25$ [W/m²K]

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,390 + x/0,035} \Rightarrow x = \left(\frac{1}{0,25} - 0,390 \right) \cdot 0,035 = 0,126 \text{ m}$$

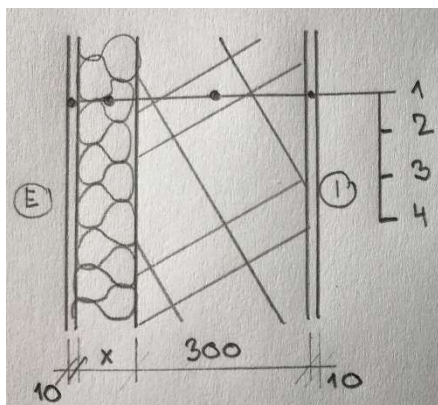
Nejbližší vyráběná tloušťka izolantu Isover TF Profi je **140 mm**. Při použití navržené tloušťky dosahuje součinitel prostupu tepla hodnoty $U = 0,24$ [W/m²K]

Návrh vhodné tloušťky tepelné izolace v případě použití pěnové tepelné izolace, resp. grafitového polystyrenu:

Skladba konstrukce:

- 1 ... vnější omítka cement
- 2 ... pěnová tepelná izolace Extrapor 70 grafit
- 3 ... stávající betonové panely
- 4 ... vnitřní omítka vápennocementová

Obr. 21: skladba nové konstrukce s pěnovou tepelnou izolací



Zdroj Vlastní

Tab. 3 – Výpočet tepelného odporu navržené konstrukce Grafit

Typ konstrukce	Tloušťka d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	Tepelný odpor R [m ² K/W]
1	0,01	0,95	0,011
2	x	0,032	x / 0,032
3	0,30	1,50	0,200
4	0,01	0,51	0,020

Pozn. hodnoty λ jsou dány technickým listem každého výrobku.

$$R_T = R_{es} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{is}$$

$$R_T = 0,390 + x/0,032$$

$$\text{Doporučená hodnota } U = 0,25 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,390 + x/0,032} \Rightarrow x = \left(\frac{1}{0,25} - 0,390 \right) \cdot 0,032 = 0,116 \text{ m [W/m}^2\text{K]}$$

Nejbližší vyráběná tloušťka izolantu Extrapor grafit je **120 mm**. Při použití navržené tloušťky $U = 0,25$ [W/m²K]

11.2. Výpočet tepelné ztráty obálkou budovy

Pro určení množství tepla, které uniká celou obálkou budovy je nutné vypočítat veškeré plochy, které jsou ve styku s exteriérem. Jedná se o obvodové stěny, střechu, okna a dveře a styk se zemí.

Pro stanovení efektivnosti zateplovacího systému, bude vyžadující výpočet tepelných ztrát prostupem tepla obálkou budovy, kde je nejvíce viditelný rozdíl mezi nezatepleným a zatepleným domem.

Tepelná ztráta prostupem tepla se vypočítá podle vztahu $Q_p = U \times A \times (t_i - t_e)$ [W]

A ... plocha konstrukce [m^2]

$t_i - t_e$... rozdíl ustálených teplot interiéru a exteriéru

Teploty se určují dle geografického místa stavby, nadmořské výšky a způsobu využití budovy. (24)

V případě zvoleného objektu se jedná o teplotu interiéru $t_i = 20$ °C a teplotu exteriéru $t_e = -12$ °C.

Výpočet tepelných ztrát nezatepleného objektu:

Tab. 4 – Výpočet tepelných ztrát stávajícího objektu

Typ konstrukce	Plocha A [m^2]	Součinitel prostupu tepla U [W/ m^2 K]	Rozdíl teplot $t_i - t_e$ [°C]	Tepelná ztráta Q_p [W]
Obvodové stěny	428,4	2,56	32	35 094,53
Okna + dveře (stará okna)	214,2	1,1 (až 4,5)	32	7 539,84 30 844,80
Střecha	162,0	0,24	32	1 244,16
Podlaha	148,0	0,30	15	666,00
Celkem	952,6			44 544,53 (67 849,49)
+ ztráta tepelnými mosty	952,6	koef. 0,1	32	3 048,32

V nezateplené konstrukci vzniká řada tepelných mostů, které se do výpočtu musí promítnout. Tepelné mosty se vypočítají podle vzorce: $Q_{tm} = \sum U \times koef \times (t_i - t_e)$.

Hodnoty součinitele prostupu tepla střechy a podlahy jsou převzaty z požadovaných hodnot pro tyto konstrukce dle normy ČSN 73 0540.

Výpočet tepelných ztrát zatepleného objektu:

Tab. 5 - Výpočet tepelných ztrát navržené konstrukce

Typ konstrukce	Plocha A [m ²]	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]	Rozdíl teplot $t_i - t_e$ [°C]	Tepelná ztráta Q_p [W]
Obvodové stěny				
Extrapor grafit	428,4	0,25	32	3 427,20
Minerální vata	428,4	0,24	32	3 290,11
Okna + dveře	214,2	1,1	32	7 539,84
Střecha	162,0	0,24	32	1 244,16
Podlaha	148,0	0,30	15	666,00
Celkem				
Extrapor grafit	952,6			12 877,20
Minerální vata				12 740,11
+ ztráta tepelnými mosty	952,6	koef. 0,05	32	1 524,16

Výpočet potřeby tepla na krytí tepelných ztrát (28), (29)

Pro výpočet se použije denostupňová metoda dle vztahu:

$$D = d \times (t_i - t_{e,o}) = [\text{Kden}] \quad (9)$$

d ... počet dnů v otopném období [den]

$t_{e,o}$... průměrná teplota exteriéru za otopné období [°C]

Počet dnů je stanoven dle nadmořské výšky a průměrných teplot v dané lokalitě. V tomto případě se jedná o hodnotu 225 dní. Také se zde počítá s průměrnou venkovní teplotou za celé otopné období, která je rovna 4,3 °C. Nejedná se o hodnotu výpočtové venkovní teploty. Veškeré tyto hodnoty jsou dány normou ČSN 38 3350. (24)

$$Q_{r,vyt} = \frac{24 \times Q_c \times D}{(t_i - t_e)} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (10)$$

Pro lepší přehlednost jsou vypočtené hodnoty uvedené v tab. 6.

Celková potřeba tepla na pokrytí tepelných ztrát nezatepleného domu:

$$D = 225 \times (20 - 4,3) = 3532,5 \text{ Kden}$$

$$Q_{r,vyt} = \frac{24 \times (44544,53 + 3048,32) \times 3532,5}{20 - (-12) * 1000} * 1000 = 126\,091,31 \text{ kWh/rok}$$

Celková potřeba tepla na pokrytí tepelných ztrát nezatepleného domu v případě starých oken:

$$D = 225 \times (20 - 4,3) = 3532,5 \text{ Kden}$$

$$Q_{r,vyt} = \frac{24 \times (67849,49 + 3048,32) \times 3532,5}{20 - (-12) * 1000} = 187\,834,89 \text{ kWh/rok}$$

Celková potřeba tepla na pokrytí tepelných ztrát zatepleného domu v případě použití pěnové tepelné izolace:

$$D = 225 \times (20 - 4,3) = 3532,5 \text{ Kden}$$

$$Q_{r,vyt} = \frac{24 \times (12877,2 + 1524,16) \times 3532,5}{32 * 1000} = 38\,154,60 \text{ kWh/rok}$$

Celková potřeba tepla na pokrytí tepelných ztrát zatepleného domu v případě použití minerální tepelné izolace:

$$D = 225 \times (20 - 4,3) = 3532,5 \text{ Kden}$$

$$Q_{r,vyt} = \frac{24 \times (12740,11 + 1524,16) \times 3532,5}{32 * 1000} = 37\,791,40 \text{ kWh/rok}$$

Tab. 6 – Vyjádření úspor tepelných ztrát

Typ objektu	Tepelné ztráty obálkou budovy [kW]	Potřeba tepla k pokrytí ztrát [kWh/rok]	Vyjádření úspor tepelných ztrát [%]
Nezateplený objekt, nová okna	47,59	126 091,31	32,87
Nezateplený objekt, stará okna	70,90	187 834,89	-
Zateplený objekt pěnovou tepelnou izolací	14,40	38 154,60	79,69
Zateplený objekt minerální tepelnou izolací	14,26	37 791,40	79,88

11.3. Vyčíslení průměrné ceny elektřiny a plynu

Pro porovnání cen vlivem ztráty tepelné energie při vytápění byly zvoleny pro případný výpočet 2 způsoby vytápění, a to centrální vytápění zemním plynem a vytápění elektrické s akumulací tepla do zásobníku.

Průměrná cena za zemní plyn je odvozena z průměrných cen jednoho z hlavních dodavatelů zemního plynu pro ČR společnosti ČEZ s.r.o., při předpokladu průměrné spotřeby domácnosti žijící v bytech na energii pro vytápění. Jednotlivé ceny jsou uvedeny na obr. 22. Pokud se uvažuje 18 bytových jednotek ve zvoleném objektu, kde každá má vlastní odběrné místo, je předpoklad odběru plynu pro jednu bytovou jednotku 7 560 – 15 000 kWh/rok. (30), (31)

Obr. 22 Průměrná cena zemního plynu

Cena za distribuci od distributora		
Roční odběr v místě spotřeby (kWh/rok)	Pevná cena za odebraný plyn (Kč/kWh)	
	bez DPH	s DPH
1 nad 7 560 do 15 000 kWh	0,23061	0,27904

Cena za odebraný plyn a ostatní služby dodávky		
Roční odběr v místě spotřeby (kWh/rok)	Cena za odebraný plyn (Kč/kWh)	
	bez DPH	s DPH
2 nad 7 560 do 15 000 kWh	0,79900	0,96679

Celková konečná cena		
Roční odběr v místě spotřeby (kWh/rok)	Součet cen za odebraný plyn (Kč/kWh)	
	bez DPH	s DPH
3 nad 7 560 do 15 000 kWh	1,02961	1,24583

Zdroj: <https://www.cez.cz/firmy/cs/plyn/plyn-na-3-roky/cenik.html>

Na obr. 23 je vidět průměrná cena energie pro systémy s akumulací tepla získaného elektrickou energií sazba D26d od třech hlavních dodavatelů pro ČR. Pro výpočet byla zvolena střední cesta dodavatele PRE a.s. (31)

Obr. 23 – sazba elektrické energie

Sazba D 26d - Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 8 hodin (pro vyšší využití)

Základní ceníky E.ON Energie, PRE - Pražská energetika a ČEZ Prodej

		E.ON	PRE	ČEZ
cena za 1 kWh v Kč s DPH	vysoký tarif	4,44266	3,87374	3,55221
	nízký tarif	2,61903	2,30268	2,82113

Zdroj: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energiu/14-prehled-cen-elektricke-energie#d26>

Při číselném vyjádření z hlediska tepelných ztrát vybraného objektu v tab. 7 je zřejmé, k jak velkým ročním úsporám dochází při zateplení objektů. Také je ale důležité zvolit správný zdroj vytápění, který, jak je vidět na srovnání elektřiny a plynu, může také ušetřit spoustu finančních prostředků. Samozřejmě to záleží na lokalitě výstavby a možnosti napojení na inženýrské sítě. Také je nutné při vytápění zemním plynem uvažovat ztratné účinností kotle, které bylo pro potřeby výpočtu určeno kvalifikovaným odhadem na 4 %.

Tab. 7 – Vyjádření nákladů při obou způsobech vytápění

Typ objektu	Potřeba tepla k pokrytí ztrát [kWh/rok]	Náklady při topení zemním plynem [Kč]	Náklady při topení elektřinou [Kč]
Nezateplený objekt, nová okna	126 091,31	163 371,87	488 444,95
Nezateplený objekt, stará okna	187 834,89	243 370,75	727 623,53
Zateplený objekt pěnovou tepelnou izolací	38 154,60	49 435,52	147 801,00
Zateplený objekt minerální tepelnou izolací	37 791,40	48 964,93	146 394,06

Při návrhu správné tloušťky izolantu je velmi důležité navrhnout tloušťku tak, aby dokonale chránila konstrukci před únikem tepla, ale zároveň aby tloušťka izolace nebyla zbytečně předimenzována a nedocházelo tím k promarněné investici za nakoupený materiál. Jelikož od určité tloušťky už tepelný izolant konstrukci více ochránit nemůže, proto je téměř zbytečné tloušťku úmyslně předimenzovávat.

V následující tabulce jsou znázorněny možné úspory při zateplení obvodových konstrukcí a vyčíslený finanční rozdíl mezi použitím minerální a pěnové tepelné izolace. Pokud jako základ pro výpočet bude použit objekt nezateplený a bez výměny oken, poté úspory pouze výměnou oken budou ve výši 32,87 %, po zateplení objektu by úspory u vybraného objektu mohly dosáhnout téměř 80 %.

Tab. 8 – Vyjádření úspor v porovnání s nezatepleným objektem se starými okny

Typ objektu	Úspora při topení zemním plynem [Kč]	Úspora při topení elektrinou [Kč]	Úspora [%]
Nezateplený objekt, nová okna	79 998,88	239 178,58	32,87
Nezateplený objekt, stará okna	-	-	-
Zateplený objekt pěnovou tepelnou izolací	193 935,24	579 822,53	79,69
Zateplený objekt minerální tepelnou izolací	194 405,83	581 229,47	79,88

Zvolený objekt ale již má nová plastová okna. Možné úspory v tomto případě jsou uvedeny v tab. 9 a dosahují úspory 70 %.

Tab. 9 – Vyjádření úspor v porovnání s nezatepleným objektem a novými okny

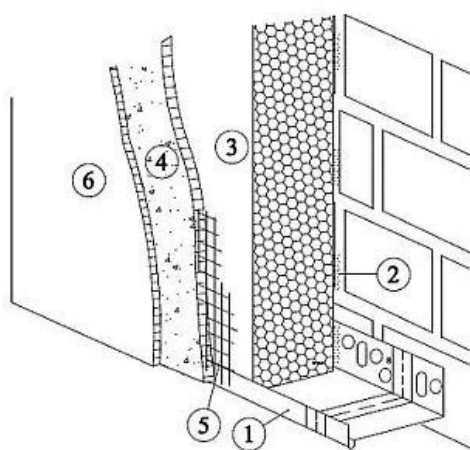
Typ objektu	Úspora při topení zemním plynem [Kč]	Úspora při topení elektřinou [Kč]	Úspora [%]
Nezateplený objekt, nová okna	-	-	-
Zateplený objekt pěnovou tepelnou izolací	113 936,36	340 643,95	69,74
Zateplený objekt minerální tepelnou izolací	114 406,95	342 050,89	70,03

11.4. Způsob a postup zateplení

Pro zvolený objekt byl vybrán způsob kontaktního zateplení, který je na bytové domy nejčastěji používán. Tepelná izolace je lepena přímo na stávající konstrukci, která musí být nejprve důkladně očištěna a zpenetrována. Penetrace slouží hlavně k lepší přilnavosti základního povrchu a sjednocení nasákavosti.

Nejdříve se provádí založení zakládacích profilů. Nejčastěji se používají profily hliníkové, popřípadě plastové s okapničkou na konci, aby docházelo k odkápaní vody

Obr. 24: zakládání tepelné izolace



Zdroj: https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/zateplovani-fasady-1/9159-zateplovani-budov-dodrzeni-csn-pozarni-bezpecnost-staveb-a.html#.YFuM_a9KiM8

z povrchu fasády a nedocházelo k zatékání nechtěné vlhkosti do soklové části fasády. Profily se připevňují pomocí zatloukacích hmoždinek. Tvar a detail umístění zakládací lišty je zobrazen na obr 24. (32)

Lepení izolačních desek na podklad se provádí zdola nahoru tak, aby docházelo k překrývání spár. Lepidlo se nanáší buď celoplošně anebo pouze podél okrajů desky a bodově uprostřed, lze vidět na obr 25. V průběhu lepení jednotlivých desek je nutné průběžně kontrolovat rovinnost finálního povrchu. Po nalepení tepelné izolace je před dalším postupem nutná technologická přestávka alespoň 24 hodin. (32)

Obr. 25 Lepení izolantu



Zdroj: <https://www.knaufinsulation.cz/postupy/kontakt%C3%AD-fas%C3%A1da/postup-zateplen%C3%AD-fas%C3%A1dy>

Když je lepidlo zatuhlé, přechází se ke kotvení celé plochy. Počet a druh hmoždinek se určí dle výtažných zkoušek, které by měli na stavbě přímo provést výrobci hmoždinek. Je nutné, aby tyto zkoušky proběhly přímo na stavbě, na stěně budovy, aby byly relevantní k dané stavbě. Z výsledků zkoušek je navržen přesný typ hmoždinky a vyhotoven kotevní plán, který určí přesný počet kotev na metr čtvereční. V dnešní době je nejvíce užíván zápusťný systém kotvení, což znamená, že kotvy se zapustí do izolantu a povrch se zakryje zátkou. Výhodou tohoto provedení je, že na finálním povrchu nevznikají skvrny vlivem rozdílného podkladu, jako k tomu dochází při povrchové montáži. Pro lepší představu jsou kotevní zátky zobrazeny na obr. 26. Kotvení u pěnových izolantů probíhá zpravidla v místech rohů, T-spojů desek a minimálně jedné do středu desky, toto je nejvíce efektivní. Nicméně u minerálních izolantů je i možnost kotvení do plochy. Názorně jsou oba způsoby zobrazeny na obr. 26 a obr. 27. (32)

Obr. 26 Kotevní zátky



Zdroj: <https://www.knaufinsulation.cz/postupy/kontakt%C3%AD-fas%C3%A1da/postup-zateplen%C3%AD-fas%C3%A1dy>

Obr. 27 Způsoby kotvení



Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/17945-5-nejcastejsich-chyb-pri-zateplovani-fasady-jak-jim-predchazet-a-jak-je-resit>

Následně se nanese vrstva stěrky, do které se vtlačí armovací síťovina pomocí hladítka. U tkaniny je důležité dodržovat přesahy, které by neměly být menší než 100 mm. Při správném postupu montáže se eliminuje možnost vzniku trhlin na finálním povrchu. Názorně lze vidět na obr. 28.

Jako poslední vrstva je finální omítkovina. Nejprve se nanese podkladní penetrace ideálně v barvě finální omítkoviny. Penetrace se může nanášet až po řádném vyschnutí stěrky. Běžně se jedná o časový úsek mezi 5 – 7 dny, dle typu použité perlinky a

technologického předpisu použitého lepidla. Po nanesení penetrace je nutná další technologická přestávka minimálně 24 hodin, dle klimatických podmínek.

Obr. 28 Aplikace stěrky



Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/17945-5-nejcastejsich-chyb-pri-zateplovani-fasady-jak-jim-predchazet-a-jak-je-resit>

11.5. Výpočet finančních nákladů na zhotovení zateplení

Před samotnou realizací zateplení fasády je nutné pořídit projekt na zateplení od autorizované osoby, která navrhne postup a principy řešení. Součástí projektu by měl být výkaz výměr, který by měl podrobně obsahovat veškeré položky a činnosti, které budou nutné realizovat. Projekt musí projít stavebním řízením a vyústit stavebním povolením.

Pro kalkulaci finančních nákladů se používají jako podklady cenové soustavy. Tyto cenové soustavy obsahují databáze ceníků jednotlivých stavebních činností a materiálů. Mezi základní cenové soustavy se řadí soustava ÚRS a RTS data.

Data ÚRS je databáze, která je zpracovávána a pravidelně aktualizována inženýrskou společností ÚRS PRAHA a.s.. Společnost též vydává pravidla týkající se používání položek, metodiky kalkulování a rozpočtování. (33)

Data RTS je databáze, poskytovaná firmou RTS, a.s. a obsahuje detailní informace o standardizovaných cenách stavebních materiálů a prací. (34)

Právě pomocí těchto položek byl naceněn položkový rozpočet na kontaktní zateplení pro vybraný objekt. Pro předběžnou kalkulaci byly započítány veškeré potřebné položky, které jsou v tab. 10. Položky jsou přepsány z programu Callida (databáze ÚRS).

Položky v databázích jsou vytvářeny různě, proto je důležité se podrobně seznámit s popisem, co která položka obsahuje a co nikoliv. Vybrané položky do této práce obsahují náklady na materiál i montáž. Materiál na tepelný izolant neobsahuje pouze tepelnou izolaci, ale také veškeré další stavební přípomocce, jako jsou hmoždinky, lepidlo či perlinka. Poslední vrstvu tvoří tenkovrstvá omítka.

Tab. 10 – Položky z databáze ÚRS – kontaktní zateplení

Kód položky	Název položky	Měrná jednotka	Jednotková cena [Kč]
622211021	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn lepením a mechanickým kotvením polystyrénových desek tl. do 120 mm	m ²	624,00
622212021	Montáž kontaktního zateplení vnějšího ostění, nadpraží nebo parapetu hl. špalet do 200 mm lepením desek z polystyrenu tl. do 120 mm	m	190,00
622221021	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn lepením a mechanickým kotvením desek z minerální vlny s podélnou orientací vláken tl. do 120 mm	m ²	647,00
622222021	Montáž kontaktního zateplení vnějšího ostění, nadpraží nebo parapetu hl. špalet do 200 mm lepením desek z minerální vlny tl. do 120 mm	m	204,00
622251101	Příplatek k cenám kontaktního zateplení stěn a použití tepelněizolačních zátek z polystyrenu	m ²	14,70
622251105	Příplatek k cenám kontaktního zateplení stěn a použití tepelněizolačních zátek z minerální vlny	m ²	24,40
622521011	Tenkovrstvá silikátová zrnitá omítka tl. 1,5 mm včetně penetrace vnějších stěn	m ²	283,00

11.6. Výpočet návratnosti investice

Porovnání investice do zateplovacího systému s hodnotou uniklé tepelné energie, která se po zateplení fasády ušetří, je číselně vyjádřena dvěma způsoby, a to prostou a reálnou dobou návratnosti.

11.6.1. Prostá doba návratnosti

Tato metoda vyjadřuje, za jaké časové období se výše úspor bude rovnat počáteční investici. Nezhledňuje faktor času. V tab. 13 jsou vyčísleny hodnoty celkových nákladů a možných ročních úspor jednotlivých variant a vypočteny hodnoty prosté návratnosti investic dle vzorce: (36)

$$DN = \frac{IN}{CF} \quad (6)$$

Tab. 13 – Prostá doba návratnosti investice

	Náklady na zateplení [Kč]	Roční úspora [Kč]	Doba návratnosti [rok]
Varianta 1 – použití pěnového izolantu Extrapor Grafit a vytápění zemním plynem	538 066,12	113 936,36	4,72
Varianta 2 – použití pěnového izolantu Extrapor Grafit a vytápění elektřinou	538 066,12	340 643,95	1,58
Varianta 3 – použití minerální izolace MW TF PROFI a vytápění zemním plynem	552 216,46	114 406,95	4,83
Varianta 4 – použití minerální izolace MW TF PROFI a vytápění elektřinou	552 216,46	342 050,89	1,61

Z tabulky výše se dá předpokládat, že v případě vytápění zemním plynem, při nákladech na levnější variantu zateplení 538 066,12 a roční úsporou za tepelné ztráty 113 936,36 Kč je návratnost investice 4,72 let. Při topení elektřinou již za 1,58 let.

11.6.2. Reálná doba návratnosti (diskontovaná)

Tato metoda zohledňuje časovou hodnotu peněz. Pro výpočet je použita diskontní míra aktuálních hodnot dle ČNB a to 5 % a předpokládaná doba životnosti zateplovacího systému 25 let. Výpočet pro jednotlivé roky pro všechny varianty jsou uvedeny v tab. 14 - 17. (37)

Tab. 14 – Reálná doba návratnosti investice varianta 1

Rok	Počáteční investice [Kč]	Úspory [Kč]	Diskontní faktor na 5 %	Diskontované úspory [Kč]	Kumulované úspory [Kč]
0	538 066,12	-	1,0000	-538 066,12	-538 066,12
1		113 936,36	0,9524	108 512,99	-429 553,13
2		113 936,36	0,907	103 340,28	-326 212,85
3		113 936,36	0,8638	98 418,23	-227 794,62
4		113 936,36	0,8227	93 735,44	-134 059,18
5		113 936,36	0,7835	89 269,14	-44 790,04
6		113 936,36	0,7462	85 019,31	40 227,27
7		113 936,36	0,7107	80 974,57	121 203,84
25		113 936,36	0,2953	33 645,41	1 067 718,76

Tab. 15 – Reálná doba návratnosti investice varianta 2

Rok	Počáteční investice [Kč]	Úspory [Kč]	Diskontní faktor na 5 %	Diskontované úspory [Kč]	Kumulované úspory [Kč]
0	538 066,12	-	1,0000	-538 066,12	-538 066,12
1		340 643,95	0,9524	324 429,30	-213 636,82
2		340 643,95	0,907	308 964,06	95 327,24
3		340 643,95	0,8638	294 248,24	389 575,48
4		340 643,95	0,8227	280 247,78	669 823,26
5		340 643,95	0,7835	266 894,53	936 717,80
6		340 643,95	0,7462	254 188,52	1 190 906,31
7		340 643,95	0,7107	242 095,66	1 433 001,97
25		340 643,95	0,2953	100 592,16	4 262 867,52

Tab. 16 – Reálná doba návratnosti investice varianta 3

Rok	Počáteční investice [Kč]	Úspory [Kč]	Diskontní faktor na 5 %	Diskontované úspory [Kč]	Kumulované úspory [Kč]
0	552 216,46	-	1,0000	-552 216,46	-552 216,46
1		114 406,95	0,9524	108 961,10	-443 255,28
2		114 406,95	0,907	103 767,10	-339 488,18
3		114 406,95	0,8638	98 824,72	-240 663,45
4		114 406,95	0,8227	94 122,60	-146 540,86
5		114 406,95	0,7835	89 637,85	-56 903,01
6		114 406,95	0,7462	85 370,47	28 476,46
7		114 406,95	0,7107	81 309,02	109 776,47
25		114 406,95	0,2953	33 784,37	1 060 200,77

Tab. 17 – Reálná doba návratnosti investice varianta 4

Rok	Počáteční investice [Kč]	Úspory [Kč]	Diskontní faktor na 5 %	Diskontované úspory [Kč]	Kumulované úspory [Kč]
0	552 216,46	-	1,0000	-552 216,46	-552 216,46
1		324 050,89	0,9524	308 626,07	-243 590,39
2		324 050,89	0,907	293 914,16	50 323,76
3		324 050,89	0,8638	279 915,16	330 238,92
4		324 050,89	0,8227	266 596,67	596 835,59
5		324 050,89	0,7835	253 893,87	850 729,46
6		324 050,89	0,7462	241 806,77	1 092 536,24
7		324 050,89	0,7107	230 302,97	1 322 839,20
25		324 050,89	0,2953	95 692,23	4 014 859,57

Z výše uvedených výpočtů je zřejmé, že doba návratnosti investice se u varianty vytápění zemním plynem pohybuje mezi 5 – 6 lety, kdežto u vytápění elektřinou již mezi prvním a druhým rokem. Také z výpočtů lze říci, že touto metodou při zohlednění faktoru času se návratnost investice prodloužila.

11.7. Výpočet úspory emisí

V současné době je snaha o eliminaci úniku emisí a šetření životního prostředí. Tím, že se provede zateplení objektů se zároveň sníží množství produkované tepelné energie, tím dochází ke snižování emisí a úniku CO₂ do ovzduší.

V tab. 18 jsou vyjádřeny možné úspory produkovaných emisí v závislosti na způsobu vytápění. K tomuto porovnání slouží emisní faktor, který udává množství oxidu uhličitého, které připadá na jednotku energie ve spalovaném palivu. Nejčastěji bývá vyjádřen v tunách CO₂/MWh. Tyto hodnoty určuje vyhláška č. 309/2016 Sb. a jsou uvedeny v tab. 19. (38)

Tab. 18 – Výpočet úspory emisí

Varianta	Úspora tepelné energie [MWh/rok]	Úspora CO ₂ při vytápění zemním plynem [t/rok]	Úspora CO ₂ při vytápění elektřinou [t/rok]
Zateplený bytový dům pěnovou izolací	87,94	17,59	88,82
Zateplený bytový dům minerální izolací	88,30	17,66	89,18

Tab. 19 – Emisní faktory

Palivo	Emisní faktor (t CO ₂ /MWh)
Zemní plyn	0,20
Elektřina	1,01

Z výše uvedených tabulek se dá vyjádřit úspora emisí pro zvolený objekt. Při vytápění zemním plynem se jedná o úsporu produkovaného CO₂ téměř 18 t, při vytápění elektřinou téměř 90 t oxidu uhličitého.

11.8. Dílčí závěr vlastního návrhu zateplení

U zvoleného objektu bytového domu bylo navrženo zateplení obvodového pláště. Nejprve byla navržena adekvátní tloušťka tepelného izolantu a pro porovnání byly zvoleny

dva typy tepelné izolace. Dále byly spočítány tepelné ztráty daného objektu a vyčísleny úspory při použití tepelné izolace.

Výhodou v zateplení není pouze úspora za vytápění, ale také možnost nového vzhledu budovy z exteriéru, a také z technického hlediska. Zateplením dochází k prodloužení životnosti o několik desítek let. Voda při dešti již nezatéká do nosné konstrukce a nekondenzuje v ní, nezamrzá a nezpůsobuje trhliny. Další výhodou je, pokud se již rozhodneme pro rekonstrukci, možnost využití v této fázi realizace dalších oprav či přístavby další části.

Například zvolený objekt po kompletní rekonstrukci zateplení, přidání posledního patra může vypadat jako na obr. 29.

Obr. 29 Zateplený objekt



Zdroj: Vlastní

V dnešní době se stává trendem vytápění pomocí zemního plynu. Z provedených výpočtů je zřejmé proč. Vytápění elektřinou je několikanásobně dražší nežli vytápění zemním plynem. Nicméně ne všude je zaveden plyn, a proto je stále ještě běžné v mnoha domácnostech topení dražší elektřinou.

Dle provedených výpočtů se dá jednoznačně říci, že zateplení se z hlediska tepelných ztrát původní konstrukcí jistě vyplatí. Návratnost investic, v případě zvoleného objektu, činí necelých 6 let, po tomto období už majitel pouze šetří a šetří.

Další nespornou výhodou je ekologická stránka. Při snížení úniku tepla samotnou konstrukcí dochází ke snížení produkce emisí. Pro zvolený objekt, pokud se jedná o vytápění zemním plynem tyto úspory mohou čítat ročně až 18 t produkovaného CO₂. Při vytápění elektřinou se jedná o roční úsporu až 90 t oxidu uhličitého. Při minimalizaci vzniku tepelných ztrát je redukováno množství paliv potřebných k vytápění. Tudíž je produkováno jen takové množství tepelné energie, které je skutečně využíváno.

12. Závěr

V této diplomové práci byl zdokumentován vývoj výstavby panelových a později bytových domů. V návaznosti byly přehledně popsány druhy nejčastěji používaných způsobů zateplovacích systémů včetně nejběžněji používaných tepelně izolačních materiálů. Postupem doby se začaly klást stále větší nároky na zateplení. Nejen z hlediska úspor finančních prostředků, ale také z důvodu zkvalitňování životního prostředí. Dále byl přiblížen postup, jak zateplit bytový dům z hlediska požární bezpečnosti. Za velmi přínosné v tomto ohledu považuji sjednocení a zjednodušení vnímání způsobů, jak zateplit objekt.

V této práci byl vybrán nezateplený objekt bytového domu, pro který byl následně navržen vhodný tepelný izolant. Byly vyčísleny hodnoty tepelných ztrát před a po zateplení a vyčísleny celkové možné úspory po aplikaci zateplovacího systému. Také byla zhodnocena úspornost při vytápění elektřinou a zemním plynem a možná úspora produkovaných emisí. Dle výsledků výpočtů se jeví aplikace zateplení velmi výhodnou, sice z počátku se jedná o velkou investici, nicméně s předpokládanou návratností do šesti let. Tudíž po uplynutí této doby už majitelé pouze šetří.

Bohužel z důvodu vyšších finančních prostředků nutných do začátku se stále spousta vlastníků bytových a panelových domů zdržuje dodatečného zateplení. Nicméně z mého pohledu ceny stavebních materiálů, ale také elektřiny a zemního plynu stále stoupají a není důvod vyčkávat. Samotný objekt má také svou životnost, a je jistě vhodné o něj dobře pečovat. Zateplením se zvýší životnost celé konstrukce a svým způsobem se objektu dodá nová tvář, která je jistě z pohledu obyvatele bytu o mnoho přívětivější. Při novém vzhledu se v objektu pocitově lépe bydlí, ale také uvnitř objektu je cítit výrazně vyšší tepelná pohoda.

13. Seznam použitých zdrojů

1. **Šubrt Roman.** *Tepelné izolace domů a bytů.* Praha: Grada, 1998. Profi & hobby. ISBN 80-7169-566-1
2. **Šubrt Roman.** Tzb-info. *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích.* ISSN 1801-4399 [Online] 04.12.2012. Citace [25.03.2021.]
<http://www.tzb-info.cz/2526-tepelne-mosty-ve-stavebnich-konstrukcich>
3. **Šubrt Roman.** *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích.* Praha: BEN 2008. ISBN 978-80-7300-2
4. **Tzb-info.** *Tepelný odpor R.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
5. **Stavebnictví3000.** *Součinitel prostupu tepla a jak se počítá.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/soucinitel-prostupu-tepla-a-jak-se-pocita>
6. **Tzb-info.** *Součinitel prostupu tepla.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
7. **Tzb-info.** *Součinitel tepelné vodivosti.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/311-soucinitel-tepelne-vodivosti>
8. **EkoWATT.** *Úsporná opatření v rodinných domech.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<http://old.ekowatt.cz/de/informace/usporna-opatreni-v-rodinnych-domech>
9. **Panelové domy.** *Historický vývoj výstavby panelových domů.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<http://panelovedomy.ekowatt.cz/stavebni-opatreni/57-historicky-vyvoj-vystavby-panelovych-domu.html>
10. **Panelové domy.** *Současný stav rekonstrukce panelových domů.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<http://panelovedomy.ekowatt.cz/stavebni-opatreni/60-soucasny-stav-rekonstrukci-panelovych-domu.html>
11. **Izolace-info.** *Tepelné ztráty.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://www.izolace-info.cz/aktuality/21684-tepelne-ztraty-a.html#.YGYPNK8za71>

12. **ISOVER.** *Kontaktní zateplovací systémy.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://www.isover.cz/produkty/systemy-isover/kontaktni-zateplovaci-systemy>
13. **Tzb-info.** *Tipy a rady pro větrané fasády.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/13508-tipy-a-rady-pro-vetrane-fasady>
14. **Tzb-info.** *Zateplení na zateplení.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/13508-tipy-a-rady-pro-vetrane-fasady>
15. **ISOVER.** *Produktový katalog 2021.* Citace [25.03.2021.]
16. **Tzb-info.** *Polystyrenové izolace.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/297-polystyrenove-izolace>
17. **Tzb-info.** *Izolace PUR, PIR a fenolická pěna.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/299-izolace-pur-pir-a-fenolicka-pena>
18. **Tzb-info.** *Minerální izolace.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>
19. **ČSN 73 0810.** *Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení.* Praha: ÚNMZ, 2016
20. **Tzb-info.** *Požární hledisko kontaktních zateplovacích systémů.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/14515-pozarni-hledisko-kontaktnich-zateplovacich-systemu-dle-csn-73-0810-2016>
21. **ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA:** *Tepelné soustavy v budovách - výpočet tepelného výkonu.* Praha: ČNI, 2005.
22. **Tzb-info.** *Odpor při přestupu tepla* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/314-odpor-pri-prestupu-tepla>
23. **Tzb-info.** *Normové hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{n,20}$ jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – část 2* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
24. **Tzb-info.** *Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>

25. **Svět oken.** *Součinitele prostupu tepla u plastových a hliníkových oken* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://www.svet-oken.cz/okna/soucinitel-prostupu-tepla-u-plastovych-a-hlinikovych-oken>
26. **Tzb-info.** *Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540-3* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/32-soucinitel-prostupu-tepla-a-soucinitel-sparove-pruvzdusnosti-oken-a-dveri-dle-csn-73-0540>
27. **RI OKNA.** *Produktový katalog 2021.* Citace [25.03.2021.]
28. Český hydrometeorologický úřad. *Otopná sezona* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/otopna-sezona>
29. **Norma ČSN EN 12 831** *Otopné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro tepelné ztráty.* 2016
30. **Tzb-info.** *Ceny elektrické energie 2021* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/14-prehled-cen-elektricke-energie#d02>
31. **Skupina ČEZ.** *Ceník.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://www.cez.cz/firmy/cs/plyn/plyn-na-3-roky/cenik.html>
32. **Knauf Insulation.** *Postup zateplené fasády.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://www.knaufinsulation.cz/postupy/kontakt%C3%AD-fas%C3%A1da/postup-zateplen%C3%AD-fas%C3%A1dy>
33. **ÚRS.** *Cenová soustava ÚRS.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
<https://www.cs-urs.cz/cenova-soustava-urs/>
34. **RTS.** *Sborníky cen stavebních prací.* [Online]. Citace [25.03.2021.]
https://www.rts.cz/sborniky_nawebu.aspx
35. **SYNEK, M. a kol.** *Manažerská ekonomika.* Praha: Grada, 1996. s. 292. ISBN 80-7169-211-5
36. **KRÁL, B. a kol.** *Nákladové a manažerské účetnictví.* Praha: Prospektrum, 1997. s. 350. ISBN 80-7175-060-3.
37. **SCHOLLEOVÁ, H.** *Ekonomické a finanční řízení pro neekonomy.* Praha: Grada, 2008. s. 122 -123. ISBN 978-80-247-2424-9.

38. **Tzb-info.** *Emise CO₂ a jejich dopad na hodnocení zdrojů v budovách.* [Online]. Citace [25.03.2021.]

<https://vytapani.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-vytapani/17112-emise-co2-a-jejich-dopad-na-hodnoceni-zdroju-v-budovach>

14. Seznam obrázků

Obr. 1 – Tepelný most	5
Obr. 2 – Prostup tepla stavební konstrukcí	7
Obr. 3 – Trendy měrné energie bytové výstavby v časovém horizontu	8
Obr. 4 – Podíl tepelných ztrát v jednotlivých částech bytových domů	9
Obr. 5 – Kontaktní zateplení	11
Obr. 6 – Provětrávaná fasáda	13
Obr. 7 – Zateplení na zateplení	14
Obr. 8 – Pěnový polystyren	15
Obr. 9 – Grafitový polystyren\	16
Obr. 10 – PIR	17
Obr. 11 – Kamenná vlna	18
Obr. 12 – Skelná vlna	19
Obr. 13 – Dělení budov dle požární odolnosti	20
Obr. 14 – Budovy do v 12 m	21
Obr. 15 – Budovy 12 m – 22,5 m	22
Obr. 16 – Štítové stěny bez otevřených ploch	23
Obr. 17 – Zateplení na zateplení	24
Obr. 18 – Zvolený bytový dům	28
Obr. 19 – Skladba původní konstrukce	29
Obr. 20 – Skladba nové konstrukce s minerální tepelnou izolací MW	30
Obr. 21 – Skladba nové konstrukce s pěnovou tepelnou izolací	32
Obr. 22 – Průměrná cena zemního plynu	36
Obr. 23 – Průměrná cena elektřiny	37
Obr. 24 – Zakládání tepelné izolace	39
Obr. 25 – Lepení izolantu	40
Obr. 26 – Kotevní zátky	41
Obr. 27 – Způsob kotvení	41
Obr. 28 – Aplikace stěrky	42
Obr. 29 – Zateplený objekt	49

15. Seznam tabulek

Tab. 1 – Výpočet tepelného odporu stávající konstrukce	30
Tab. 2 – Výpočet tepelného odporu navržené konstrukce MW	31
Tab. 3 – Výpočet tepelného odporu navržené konstrukce Grafit	32
Tab. 4 – Výpočet tepelných ztrát stávajícího objektu.....	33
Tab. 5 – Výpočet tepelných ztrát navržené konstrukce	34
Tab. 6 – Vyjádření úspor tepelných ztrát.....	35
Tab. 7 – Vyjádření nákladů při obou způsobech vytápění	37
Tab. 8 – Vyjádření úspor v porovnání s nezatepleným objektem se starými okny	38
Tab. 9 – Vyjádření úspor v porovnání s nezatepleným objektem a novými okny	38
Tab. 10 – Položky z databáze ÚRS – kontaktní zateplení	43
Tab. 11 – Položky z databáze ÚRS – lešení	44
Tab. 12 – Náklady na zateplení dodávka + montáž.....	44
Tab. 13 – Prostá doba návratnosti investice	45
Tab. 14 – Reálná doba návratnosti investice varianta 1	46
Tab. 15 – Reálná doba návratnosti investice varianta 2	46
Tab. 16 – Reálná doba návratnosti investice varianta 3	46
Tab. 17 – Reálná doba návratnosti investice varianta 4	47
Tab. 18 – Výpočet úspory emisí	48
Tab. 19 – Emisní faktory	48