

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pavlíček** Jméno: **Filip** Osobní číslo: **396604**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Management a ekonomika ve stavebnictví**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Inteligentní budovy s ohledem na řízení tepelného komfortu

Název bakalářské práce anglicky:

Intelligent buildings with a focus on thermal comfort management

Pokyny pro vypracování:

Tato práce se bude věnovat inteligentním budovám ve spojitosti s řízením tepelného komfortu. Bude představen princip inteligentní budovy, v současnosti nejužívanější způsoby vytápění a chlazení. Vybrané řešené varianty (alespoň 3) budou následně posouzeny z ekonomického hlediska (s ohledem na komfort a možné úspory, které přináší inteligentní budova).
- Teoretická část se bude věnovat popisu principu inteligentních budov. Včetně průzkumů aktuálně využívaných řešení pro topení a chlazení.
- V praktické části budou sestaveny řešené varianty technického řešení a u nich stanoveny investiční a provozní náklady.

Seznam doporučené literatury:

GARLÍK, Bohumír - Inteligentní budovy. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2012. ISBN 9788073004408;8073004402
PETRÁK, Miroslav - Chladicí technika a tepelná čerpadla pro inteligentní budov. 1. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2013. ISBN 8001053415;9788001053416;.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Kalčev, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **16.02.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **16.05.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Petr Kalčev, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

**INTELIGENTNÍ BUDOVY S OHLEDEM
NA ŘÍZENÍ TEPELNÉHO KOMFORTU**

INTELLIGENT BUILDINGS WITH A FOCUS
ON THERMAL COMFORT MANAGEMENT

Anotace

Bakalářská práce se věnuje tématu vytápění v inteligentních budovách. V teoretické části práce je krátce popsána historie a koncept inteligentní budovy. Dále je zde vysvětlen rozdíl mezi klasickou a systémovou elektroinstalací. V závěru teoretické části se věnuji tématu vnitřní kvality prostředí, zejména způsoby a prostředky pro udržení tepelné pohody v budově. V praktické části je provedeno porovnání způsobů vytápění a posouzení ekonomické výhodnosti inteligentního řízení pro vytápění pomocí metody nákladů životního cyklu.

Annotation

This bachelor's thesis deals with the topic of heating in smart buildings. The theoretical part of the thesis briefly describes the history and concept of smart buildings. Furthermore is explained the difference between classical and system wiring. At the end of the theoretical part, I focus on internal quality of the environment, especially methods and ways for thermal comfort in the building. The practical part compares the methods of heating and the economic advantage of smart control for heating using the life cycle cost method.

Klíčová slova

Inteligentní budovy, tepelná pohoda prostředí, vytápění budov

Keywords

Heating of buildings, smart buildings, thermal comfort of the environment

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma Inteligentní budovy s ohledem na řízení tepelného komfortu napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Praze dne

.....

Filip Pavlíček

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval panu Ing. Petru Kalčevovi, PhD. za odborné vedení, vstřícnost a cenné rady při zpracování této bakalářské práce.

Velké díky patří také mé manželce a celé rodině za podporu a pomoc v průběhu celého studia.

Obsah

1	Úvod	10
2	Teoretická část.....	11
2.1	Co znamená pojem Inteligentní budova	11
2.1.1	Pohled do historie	11
2.1.2	Intelligence inteligentní budovy	12
2.1.3	Definice.....	14
2.2	Ekologie	15
2.2.1	Spotřeba energií	15
2.2.2	Trvale udržitelná výstavba.....	16
2.3	Technické řešení a možnosti inteligentní budovy	19
2.3.1	Klasická elektroinstalace	19
2.3.2	Inteligentní – systémová elektroinstalace	20
2.3.3	Možnosti inteligentní elektroinstalace	27
2.4	Tepelná pohoda v budově.....	30
2.4.1	Vnitřní prostředí budov.....	30
2.4.2	Tepelná pohoda a nepohoda	31
2.4.3	Vytápění.....	32
2.4.4	Chlazení.....	33
2.4.5	Stínění	33
2.4.6	Rekuperace.....	33
3	Praktická část.....	34
3.1	Cíle praktické části	34
3.2	Popis objektu	34
3.2.1	Skladby obvodových konstrukcí	36
3.2.2	Tepelná ztráta objektu.....	39
3.3	Vybrané zdroje tepla pro porovnání.....	40
3.3.1	Automatický kotel na pelety.....	40
3.3.2	Plynový kotel.....	41
3.3.3	Tepelné čerpadlo	41
3.4	Stanovení pořizovacích nákladů.....	42
3.4.1	Automatický kotel na pelety.....	42
3.4.2	Plynový kotel.....	43
3.4.3	Tepelné čerpadlo	43
3.5	Výpočet potřeby energie na vytápění a ohřev teplé vody	44
3.6	Stanovení provozních nákladů	44
3.6.1	Automatický kotel na pelety.....	44

3.6.2	Plynový kotel.....	46
3.6.3	Tepelné čerpadlo	47
3.7	Náklady životního cyklu.....	49
3.7.1	Automatický kotel na pelety.....	50
3.7.2	Plynový kotel.....	50
3.7.3	Tepelné čerpadlo	51
3.7.4	Celkový přehled	51
3.8	Vyhodnocení	52
3.8.1	Kvalitně zateplená budova	52
3.8.2	Běžně zateplená budova.....	53
3.8.3	Nezateplená budova	54
3.8.4	Porovnání výhodnosti dle energo-nositele.....	56
3.9	Závěr praktické části	57
4	Závěr.....	58
5	Tabulky	59
6	Obrázky	60
7	Grafy.....	60
9	Citovaná literatura	61
10	Přílohy.....	65

1 Úvod

Mezi aktuálně nejdiskutovanější témata ve stavebnictví nepochybně patří digitalizace a ekologie. V digitalizaci se jedná především o BIM modelování, vytváření digitálního dvojčete stavby. Tento trend je podpořen mimo jiné kroky vlády ČR vyjádřených v Konceptu zavádění metody BIM v ČR. To se již začíná projevovat i v legislativě.

Ekologie ve stavebnictví a snaha o zelenou a trvale udržitelnou výstavbu je další velké téma, které je v současnosti diskutováno. Jsou zkoumány materiály, jejich vliv a dopady na životní prostředí od výroby až po likvidaci. S tím souvisí zájem o následnou recyklaci a znovu využití materiálů, které již byly jednou použity na stavbě. Dalším směrem je snaha hledat způsoby ke snížení spotřeby energií. Zejména jde o efektivnější využití energie, nebo o využití přebytečné a odpadní energie. Výsledkem této snahy jsou stavby nízkoenergetických, pasivních či nulových domů, kde jde především o snížení tepelných ztrát obálkou budovy. To se přímo prolíná s vývojem materiálů pro tepelné izolace. Dalším krokem je snaha o co nejefektivnější využití tepelných zisků ze slunce a dalších vnitřních zdrojů (teplo produkované lidmi a zařízeními domu). Dále omezují tepelné ztráty větráním pomocí nuceného větrání s rekuperační jednotkou pro zpětný zisk tepla z odváděného vzduchu. Nedílnou součástí je také získávání energií z obnovitelných zdrojů a nástup fotovoltaických a solárních panelů.

Navrhování a realizace staveb se stává poměrně komplikovanou a komplexní záležitostí, která klade zvýšené nároky na lidi, kteří se na tomto procesu podílejí, i na nástroje, které využívají. V průběhu návrhu a realizace se zde využívají možnosti BIM modelování. Ve fázi provozu budovy nastupuje systém pro facility management a množství řídicích systémů jednotlivých systémů TZB. Dalším krokem může být tzv. inteligentní budova, vybavena centrální řídicí jednotkou, která integruje a řídí všechny vnitřní systémy najednou. S tím souvisí automatizace a optimalizace provozu budovy na základě historických dat z předchozího užívání budovy. Výsledkem tak je nejen další snížení spotřeby energií na základě optimalizace v provozu, ale také nárůst komfortu, který z toho plyne.

To jsou důvody, proč jsem si vybral toto téma. V této práci se budu zabývat inteligentními budovami v souvislosti s řízením tepelné pohody uvnitř budovy. Popíšu princip a vývoj inteligentních budov. Dále se budu zabývat způsoby vytápění a porovnávat jejich ekonomickou výhodnost.

Mým cílem bude pomocí metody nákladů životního cyklu vyhodnotit, jaké způsoby vytápění jsou nejvýhodnější a jestli se vyplatí investovat do inteligentního systému.

2 Teoretická část

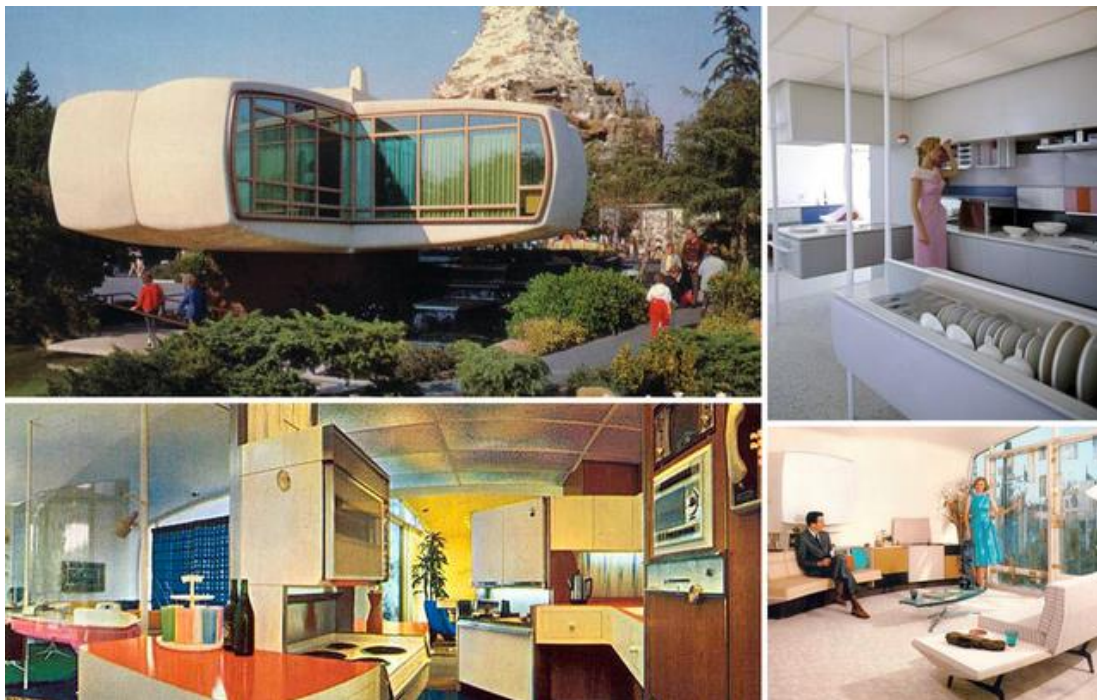
V teoretické části této práce představím koncept inteligentní budovy. Popíši zde krátce historii, koncept a smysl tohoto řešení a hlavní rozdíly v použitém typu elektroinstalace.

2.1 Co znamená pojem Inteligentní budova

Termín inteligentní budova dnes již není neobvyklý a téměř každý si pod ním dokáže něco představit. Přesto není snadné tento pojem přesně definovat. To, jak byl tento termín chápán, prošlo určitým vývojem. Něco jiného to znamenalo v padesátých letech v USA a něco jiného v letech osmdesátých v Japonsku.

2.1.1 Pohled do historie

Pravděpodobně poprvé se o inteligentních budovách začalo mluvit v USA v padesátých letech minulého století. Společnost Monsanto chemical company umístila v Disneylandu v Kalifornii svoji představu domu budoucnosti, který měl zobrazovat jejich vizi bydlení v průběhu let osmdesátých. Zajímavým aspektem tohoto domu je, že přináší inovaci nejen v oblasti stavebního materiálu, ze kterého je dům postaven (plast), ale také se snaží o využití dostupných technologií (centralizované ovládání topení a vzduchotechniky, domácí spotřebiče, domovní telefon,...) a optimalizaci vnitřního rozložení místností. (1)



Obrázek 1 - Disneyland's Monsanto House of the Future (1)

V polovině šedesátých let zkonstruoval inženýr společnosti Westinghouse Electric prototyp zařízení ECHO IV (Electronic Computing Home Operator). Jednalo se pravděpodobně o první přístroj, který řídil některé aspekty jeho domácnosti. (2) Následně se objevil tzv. kuchyňský počítač od společnosti Honeywell. Tento počítač dokázal vést nákupní seznam, řídit vnitřní teplotu, řídit hodiny a budík a zapínat a vypínat některé spotřebiče. (3)

V roce 1984 uznala americká asociace National Association of Home Builders termín „smart home“ jako technický termín. Poté přišla společnost Apple s osobním počítačem, a tím začala integrace počítačů do chytrých domácností. (4) (5)

Následně došlo k dalšímu rozšíření do Japonska, Velké Británie a dále do Evropy. První větší evropský projekt vznikl v Belgii v roce 1995. Ve městě Vilvoorde postavila společnost Living Tomorrow svůj první „House of the Future“. Projekt byl dále rozšiřován do dalších měst. V současné době probíhá výstavba inovačního kampusu Living Tomorrow Innovation Campus, který se má stát největším technologickým centrem v oblasti výzkumu bydlení v Evropě. Otevření kampusu je plánované na rok 2022 (6)

V České republice na tento trend zareagovalo ČVUT a jako první univerzita u nás v roce 2009 otevřelo magisterský obor Inteligentní budovy. Tento obor je mezifakultní a na výuce se podílejí tři fakulty (stavební, strojní a elektrotechnická). (7)

V roce 2012 dále vzniklo pod hlavičkou ČVUT Univerzitní centrum energeticky efektivních budov (UCEEB), které bylo otevřeno v květnu roku 2014 a sdružuje špičkové akademické pracovníky ze čtyř fakult – stavební, strojní, elektrotechnické a biomedicínského inženýrství. Vývojové týmy se zde zabývají architekturou a životním prostředím, energetickými systémy budov, kvalitou vnitřního prostředí, materiály a konstrukcí budov a monitoringem a řízením inteligentních budov. (8)

Z tohoto krátké pohledu do minulosti je vidět, že inteligentní budova jako celek v sobě zahrnuje mnoho aspektů. V počátku se jednalo především o integraci nových technologií a stavebních materiálů. Důležitou složkou bylo též architektonické řešení budovy. Následně přibýly další aspekty, jako kvalita vnitřního prostředí, integrace řízení systémů v budově a v neposlední řadě také ekologie výstavby a udržitelná výstavba.

2.1.2 Intelligence inteligentní budovy

Co je to intelligence? A co činí inteligentní budovu skutečně inteligentní?

Slovo intelligence pochází z latinského inter-legere, což značí rozlišovat, poznávat, chápat. Ale o samotnou definici intelligence se přou psychologové již po desetiletí. Většinou se však shodují, že intelligence je schopnost učit se ze zkušeností a schopnost přizpůsobit se okolnímu prostředí. (9)

S inteligencí budov lze také spojovat umělou inteligenci (UI). Tento pojem lze charakterizovat například definicí přijatou evropským parlamentem.

„Umělá intelligence - Artificial intelligence (AI) - je schopnost strojů napodobovat lidské schopnosti, jako je uvažování, učení se, plánování nebo kreativita.

Umělá intelligence umožňuje technickým systémům reagovat na vnějšky z jejich prostředí, řešit problémy a dosahovat určitých cílů. Zabudovaný počítač přijímá data, která byla již připravena, nebo jsou sbírána pomocí vlastních sensorů a kamer. Ty následně vyhodnotí a reaguje na ně.

Systémy umělé intelligence jsou schopné pracovat samostatně a také měnit a přizpůsobovat své jednání na základě vyhodnocení efektů předchozích akcí.“ (10)

Inteligentní budovy se musí vypořádat s mnoha aspekty:

- potřebou a požadavky majitelů a uživatelů budov
- integrací technických systémů v budovách
- moderními stavebními technologiemi
- moderními informačními a komunikačními technologiemi
- aplikací metod UI do stavebnictví a technického vybavení budov
- uvažováním v kontextu životního cyklu budovy
- integrací energeticky úsporných opatření
- trvalou udržitelností ve výstavbě, energetice a životním prostředí (11)

Úspěch v jednotlivých aspektech ale nezaručuje celkový úspěch. Nelze tedy říci, že inteligentní budova je budova řízená umělou inteligencí nebo dlouhý seznam technického vybavení a systémů. (11)

Koncept inteligentní budovy přistupuje k problému holisticky a představuje tak spíše zastřešující koncept pro různé typy automatizovaných budov (11)

Inteligentní domu můžeme rozdělit podle „míry inteligence“ do pěti stupňů.

- 1) Obsahující inteligentní zařízení a systémy – V domě jsou nainstalovány nezávislé inteligentní systémy, např. pro řízení vytápění, osvětlení apod. Každý systém má vlastní snímače a řízení.
- 2) Obsahující inteligentní zařízení a systémy, které spolu komunikují – Jednotlivé zdokonalené systémy jsou schopny výměny dat mezi sebou navzájem.
- 3) Propojený dům – dům je propojen komunikační sítí, která umožňuje komunikaci jednotlivých systémů a umožňuje nám přístup k jednotlivým systémům lokálně z domu, ale také vzdáleně.
- 4) Učící se dům – Řídící systém zaznamenává aktivity v domě a na základě získaných dat upravuje své nastavení a předvídá potřeby uživatelů
- 5) Pozorný dům – V domě je sledována každá aktivita a aktuální poloha všech uživatelů. Na tomto základě jsou technologie ovládány samočinně podle předvídaných potřeb uživatelů. Rozdíl oproti předchozímu bodu, kde tento proces probíhá na základě historických dat, zde se tak děje v reálném čase. (12)

Každý následující stupeň v sobě již zahrnuje všechny stupně předchozí. V dnešních instalacích se můžeme setkat s mírou inteligence mezi body jedna a čtyři. Pátá úroveň se týká především výzkumných projektů. (12)

Není však nutné se obávat, že umělá inteligence ovládne vědomí a zotročí lidstvo. UI nemá vědomí, a je tak nepravděpodobné, že by mohla záměrně ovládat lidi. Je nutné odlišovat inteligenci a vědomí. Ve sci-fi románech a filmech se často můžeme setkat s okamžikem, kdy robot získá vědomí a pokusí se zabít člověka. Inteligence ale nesouvisí s vědomím, proto tento scénář nemůže nastat. Rozum (inteligence) řeší problémy. Vědomí pociťuje svou existenci, bolest, radost, lásku nebo vztek. Jako lidem s oběma aspekty nám můžou oba pojmy splývat. Počítač ale řeší problémy odlišně, odděleně. Přesto již nyní dokáže umělá inteligence rozpoznat lidské emoce a vyhodnotit, jak zapůsobit abychom si koupili určitý produkt nebo volili určitou politickou stranu. Nebezpečí tak spočívá v tom, že nedokážeme rozlišit, kdy jí jsme ovlivňováni. (13)

2.1.3 Definice

Definice pojmu inteligentní budova tedy neobsahuje pouze automatizaci vnitřního vybavení budovy. Zahrnuje však také aspekty architektonické, ekonomické a ekologické. Inteligentní budova poskytuje svým uživatelům zvýšený standard a komfort. Zároveň se požadavky na všechny tyto aspekty vyvíjejí v čase, a tak není snadné tento pojem definovat.

Někteří odborníci z ČVUT, kteří se inteligentním budovám věnují již řadu let, je definují například takto:

„Ing. arch. Miloš Florián, ústav stavitelství, fakulta architektury ČVUT: Slovo *inteligentní* znamená dynamickou, téměř živou schopnost budovy přizpůsobit se měnícím se denním podmínkám nebo střídáním ročních období, aby se dosáhlo snížení spotřeby primární energie v budově.

Budova může být označena skutečně jako inteligentní jen tehdy, když využívá přírodních obnovitelných zdrojů energie, slunce, světla či větru, vzduchových proudů nebo vody či země jako zdroje tepla, aby zabezpečila požadavky na budovu, pokud jde o vytápění, ochlazování a osvětlení. Pro tento účel existují počítačové simulace, testy s modely v aerodynamickém tunelu a s modely ve skutečné velikosti ve volném prostoru. Budova je dále vybavena počítačovou a komunikační technikou, která vše předvídá, koordinuje a reaguje na potřeby uživatelů s cílem zajistit jim prostřednictvím interakce komfort, zábavu a bezpečí. V současné době je třeba uvažovat i o umělé evoluci člověka, která jistě v budoucnu ovlivní fungování inteligence budov.

Ing. Antonín Pokorný, teorie a konstrukce pozemních staveb, ČVUT: *Inteligentní budova (IB) je název pro dobře navrženou, realizovanou a plně fungující budovu, která uspokojuje požadavky těch, kteří ji provozují a užívají. Z některých definic jako by se vytratil důraz na prioritu stavebně-architektonického konceptu budovy. Ten tvoří základ dalších úvah o inteligentním využití co největšího počtu stavebních prvků a částí staveb a spolu s technickým vybavením, službami a managementem vytváří předpoklady pro vznik IB.“ (14)*

V České republice se velmi často využívá definice pracovní skupiny CIB W098 z roku 1995, která byla následně upravena Výzkumným ústavem inteligentních budov v Brně v roce 2010. Tuto definici lze považovat za výstižnou a konceptuálně normativně formulovanou:

„Inteligentní budova je dynamická a citlivá architektura, strukturálně funkcionální metoda konstrukce a technologie stavby, integrovaných technických a energetických systémů, a bezpečnosti, jež poskytuje každému obyvateli komfortní, produktivní, úsporné, energeticky a ekologicky přijatelné podmínky, pomocí soustavné interakce mezi svými čtyřmi základními prvky: BUDOVOU (materiál, struktura, prostor), ZAŘÍZENÍM (automatizace, energetika, kontrola, systémy), PROVOZEM (údržba, správa, vizualizace, provoz) a VZÁJEMNÝMI VZTAHY MEZI NIMI.“ (11)

2.2 Ekologie

Jak již bylo zmíněno v úvodu této práce, otázka znečištění životního prostředí dnes nemůže být brána na lehkou váhu. Trend, který byl nastolen, vede ke snižování spotřeby neobnovitelných zdrojů a energií.

2.2.1 Spotřeba energií

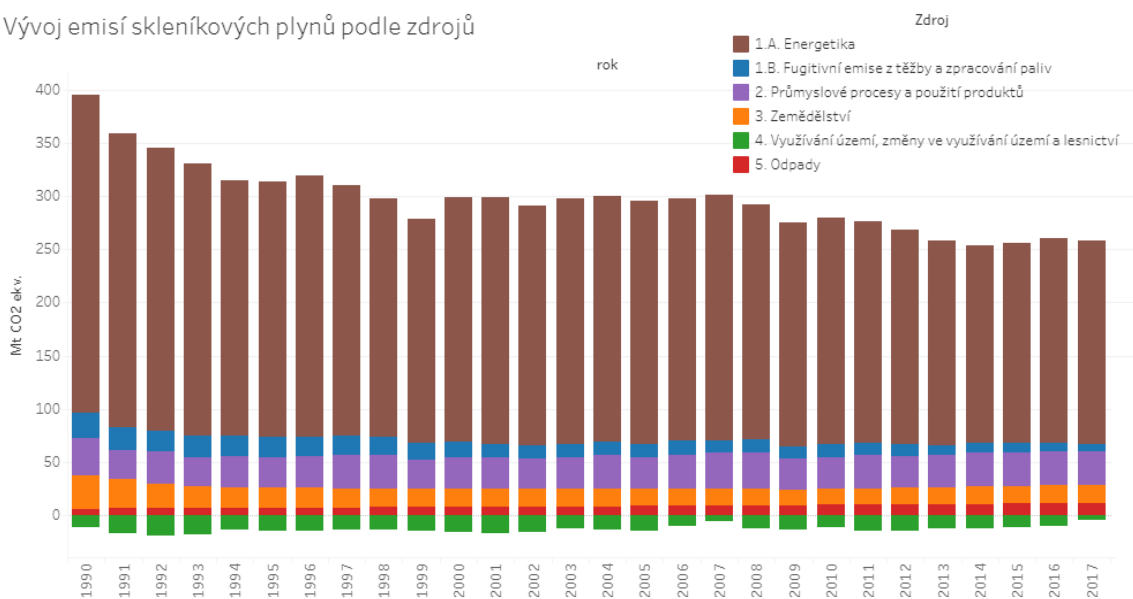
Právě domácnosti jsou významným spotřebitelem vyráběných energií. Jak ukazují data Českého statistického úřadu za rok 2015, právě domácnosti spotřebovávají 25 % vyrobené elektřiny a 36 % zemního plynu. V této oblasti se téměř vyrovnají spotřebě průmyslu. (15)

Palivo/energie	Jednotka	Konečná spotřeba celkem	v tom		
			průmysl	ostatní odvětví	domácnosti
Elektřina	%	100,0	40,5	34,1	25,4
Nakupované teplo	%	100,0	28,5	25,6	45,9
Zemní plyn	%	100,0	42,1	21,5	36,4
Tuhá paliva	%	100,0	42,0	19,4	38,6
Kapalná paliva	%	100,0	4,6	94,8	0,6
Obnovitelné zdroje energie	%	100,0	25,2	8,3	66,5

Obrázek 2 – Spotřeba základních kategorií paliv v ČR (15)

Výroba energií má největší podíl (přes 70 %) na produkci emisí skleníkových plynů. (16)

Vývoj emisí skleníkových plynů podle zdrojů



Obrázek 3 – Vývoj emisí skleníkových plynů podle zdrojů (16)

Při podrobnější analýze dat o spotřebě energie na dalším obrázku zjistíme, že největší podíl na využívání energií má vytápění, a to z 67 %. Druhá nejvýznamnější oblast se 17 % je ohřev teplé vody. V případě elektřiny je nejvýraznější oblastí osvětlení a spotřeba běžných spotřebičů v domácnosti se 40 %. Na druhém místě je opět elektronický ohřev teplé vody. (15)

dle účelu užití v %

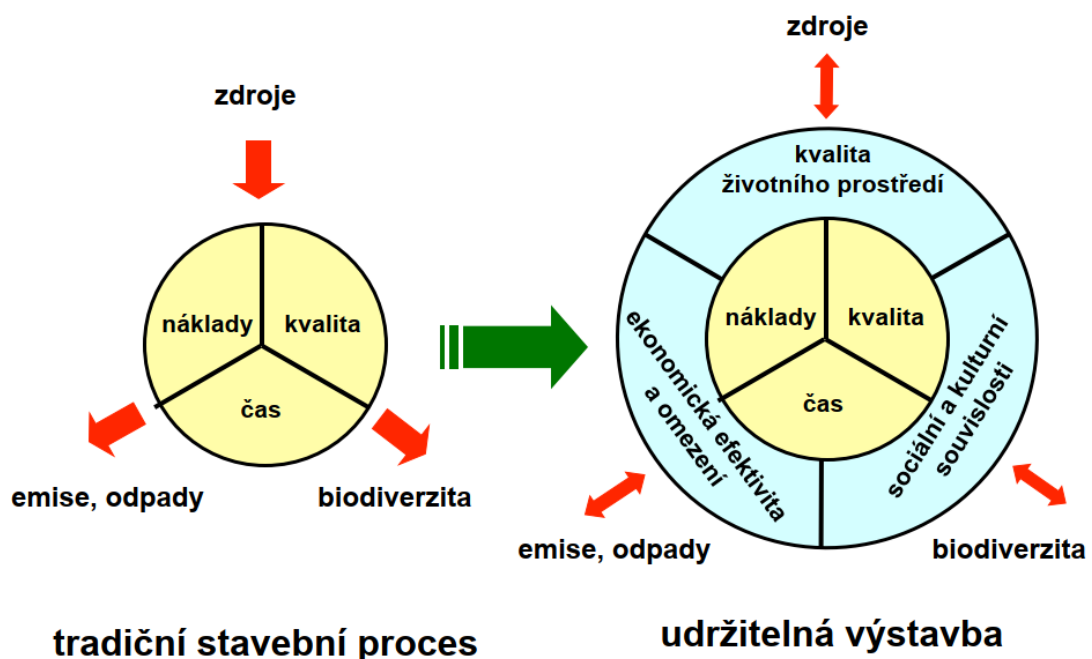
Palivo/energie	Celkem	v tom podle účelu užití na					
		vytápění	ohřev vody	vaření	osvětlení a spotřebiče	chlazení	ostatní užití
Konečná spotřeba v domácnostech	100,0	67,1	17,4	6,7	7,2	0,1	1,5
v tom:							
elektrina	100,0	14,3	20,4	16,5	40,6	0,4	7,8
zemní plyn	100,0	63,5	24,4	12,1	x	0,0	0,0
nakupované teplo	100,0	62,1	37,9	0,0	x	0,0	0,0
tuhá paliva ²⁾	100,0	96,6	3,3	0,1	x	0,0	0,0
kapalná paliva ²⁾	100,0	69,1	0,7	29,7	x	0,0	0,5
obnovitelné zdroje energie ²⁾	100,0	95,5	3,5	0,5	x	0,0	0,5

Obrázek 4 – Spotřeba energií v domácnostech podle účelu užití (15)

2.2.2 Trvale udržitelná výstavba

Trvale udržitelná výstavba navazuje na pojem trvale udržitelný rozvoj definovaný zákonem č. 17/1992 Sb. Zákon o životním prostředí. Tento pojem je definován v paragrafu č. 6 tohoto zákona následovně:

„Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“ (17)



Obrázek 5 -Trvale udržitelný X tradiční stavební proces (18)

V reakci na tento požadavek si stavebnictví stanovuje tři skupiny kritérií pro udržitelný návrh budov.

- Enviromentální kritéria zohledňují následující aspekty:
 - změny klimatu – provozní a svázané emise CO₂ a emise SO_x a NO_x
 - biodiverzity – využití zeleně na pozemku, střeších a fasádách
 - čerpání zdrojů a odpady – spotřeba energií na výstavbu i na provoz, konstrukční materiály a množství produkce a nakládání s odpady
 - klimatická a geofyzikální rizika – zachytávání dešťové vody na pozemku
- Sociální kritéria zohledňují:
 - kvalitu vnitřního prostředí – tepelnou, zrakovou a akustickou pohodu, kvalitu vzduchu v budově
 - dostupnost – dopravní, služeb, bezbariérovost
 - bezpečnost – v budově a okolí, zabezpečení budovy
 - sociální a kulturní hodnotu – spokojenost uživatelů, ochranu kulturního dědictví
 - funkčnost
- Ekonomická kritéria zohledňují:
 - náklady životního cyklu
 - podporu lokální ekonomiky
 - externality – inovační přístup, dopady vyvolaných investic v lokalitě (18)

V důsledku těchto požadavků následně dochází ke snaze o efektivnější využívání materiálů i energií v průběhu výstavby, provozu, ale také při demolici budov. Probíhá vývoj nových materiálů a optimalizace tvaru konstrukcí. Hledají se nové způsoby pro recyklaci a znovuvyužití těchto materiálů.

Po nějaké době se ve stavebnictví ustálilo několik standardů budov podle množství energie, které tyto budovy spotřebují. Nízkoenergetický dům, pasivní dům a dům s téměř nulovou spotřebou energie nebo také nulový dům.

- Nízkoenergetický dům – Běžná stavba splňující standardní požadavky na obálku budovy, jejíž spotřeba energie na vytápění se pohybuje mezi 15 a 50 KWh/m² za rok. (19)
- Pasivní dům – Princip pasivního domu spočívá ve využívání pasivních tepelných zisků ze slunečního záření a tepla vyzařovaného lidmi a spotřebiči. Stavba musí splňovat přísnější požadavky na obálku budovy, aby tyto tepelné zisky byly udrženy uvnitř. Z toho plynou zvýšené nároky na zateplení (nižší hodnoty součinitele prostupu tepla) a především neprůvzdušnost obálky budovy. Důležitou součástí je také řízené větrání se zpětnou rekuperací tepla. To významně snižuje tepelné ztráty větráním. Potřeba tepla pasivního domu na vytápění je maximálně 15 KWh/m² za rok a celková potřeba primární energie spojená s provozem budovy je nižší než 120 KWh/m². (19) (20)
- Energeticky nulový dům (Dům s téměř nulovou spotřebou energie) – V základu obsahuje stejné parametry jako pasivní dům, ale téměř kompletní potřebu tepla pokrývá energetickými zisky například z fotovoltaických panelů nebo z jiných obnovitelných zdrojů. Jeho potřeba tepla na vytápění je maximálně 5 KWh/m². (19)

Tento typ lze ještě dále rozdělit na tři kategorie:

- Soběstačný (ostrovní) dům – Nezávislý dům, který není připojen k žádné veřejné energetické síti. Veškerá spotřeba je pokryta z vlastní energetické produkce, zejména z obnovitelných zdrojů.
 - Bilančně nulová budova – Její spotřeba je pokrývána z vlastní energetické produkce z obnovitelných zdrojů. Je však připojena k veřejné síti a v případě, že vlastní energie nedostačuje využívá energii ze sítě. V případě přebytku je tomu naopak. Celková roční bilance odebrané a dodané energie je však rovna nule.
 - Budova s téměř nulovou spotřebou energie – Zde platí to samé jako u bilančně nulové budovy, avšak celková bilance není nulová, ale blíží se nule. (19)
- Energeticky aktivní dům – Budova produkující energetické přebytky. (19) (20)

Pro ucelený přehled uvádím následující tabulku, kterou zpracovalo Centrum pasivního domu: (20)

domy běžné ve 70.-80. letech	současná novostavba	nízkoenergetický dům	pasivní dům	nulový dům, dům s přebytkem tepla
charakteristika				
zastaralá otopná soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů
potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²a)]				
většinou nad 200	80 - 140	méně než 50	méně než 15	méně než 5

Obrázek 6 – Energetické standardy budov (20)

2.3 Technické řešení a možnosti inteligentní budovy

V následující kapitole se budu podrobněji věnovat technickému řešení inteligentní budovy. Popíši zde rozdíl mezi inteligentní a běžnou elektroinstalací, představím typy inteligentní elektroinstalace a její možnosti.

To, co především odlišuje inteligentní dům od běžného, je typ použité elektroinstalace. Oproti běžně používané klasické elektroinstalaci se u inteligentních budov používá elektroinstalace inteligentní – systémová.

2.3.1 Klasická elektroinstalace

Klasická elektroinstalace je určena pro pevné rozvody. Skládá se z jednotlivých, oddělených celků, např. osvětlení, spotřebiče, ovládání vytápění a podobně. Tento typ elektroinstalace nedokáže přenášet žádné informace, ale dochází zde přímo k sepnutí daného spotřebiče. Při realizaci každého systému je nutné realizovat samostatné vedení a každý řídicí systém vyžaduje vlastní komunikační síť. Každá případná změna nebo úprava obvykle vyžaduje instalaci dalších kabelů a s tím spojené další stavební práce. Buď je nutné vytvořit nové instalační drážky pod omítkou s následným zapravením a malováním, což je velmi nepříjemné především v již dokončené instalaci, nebo je nutné instalovat nevzhlednou plastovou lištu. Další nevýhodou je obtížná nebo žádná možnost propojení jednotlivých systémů mezi sebou. I když je možné montáží doplňkových zařízení zajistit automatizaci jednotlivých systémů, není následně možné systémy propojit a umožnit tak jejich společné ovládání. Tento postup je poměrně náročný na projektování i realizaci. Při náročnějších instalacích tak narůstá množství kabelů a celková elektroinstalace se stává nepřehlednou. (19) (21)

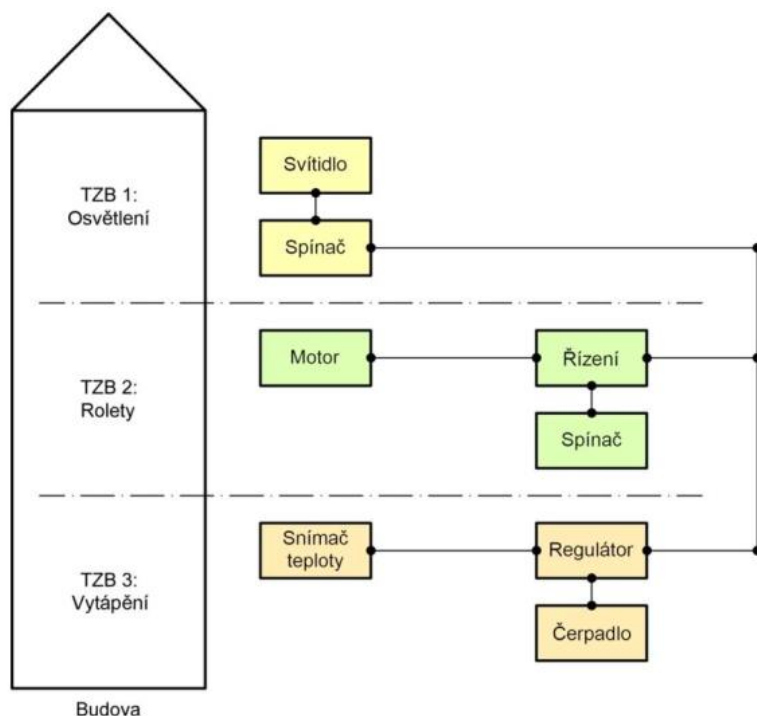
Mezi přednosti tohoto typu instalace patří především nižší náklady na instalaci. Svoje místo tak stále mají u jednodušších instalací.

Výhody:

- nižší náklady na instalaci
- snazší montáž u jednodušších instalací
- téměř bez nutnosti údržby
- dlouhá životnost

Nevýhody:

- obtížné provádění změn již dokončených instalací
- obtížné propojení jednotlivých systémů
- u větších projektů se celková instalace stává nepřehledná



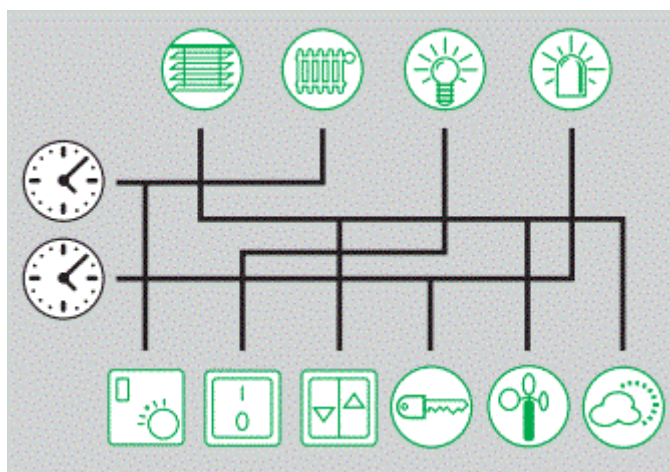
Obrázek 7 – Klasická elektroinstalace (19)

2.3.2 Inteligentní – systémová elektroinstalace

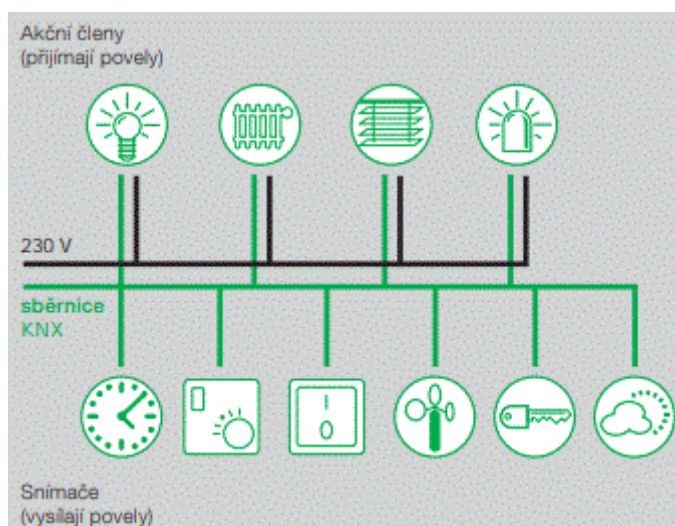
Tento typ elektroinstalace se poprvé objevil v Japonsku v šedesátých letech. Ale vzhledem k tehdejší cenám energií a velikosti počítačů nebyl o tento koncept příliš velký zájem. Bylo však ověřeno, že lze tímto způsobem ovládat budovu. Následně v sedmdesátých letech došlo k energetické krizi, což výrazně zvýšilo zájem o snižování spotřeby energií v domácnostech, a mnozí výrobci začali pracovat na řídicích systémech vytápění a osvětlení. V osmdesátých letech dále probíhal vývoj sběrníkových systémů, kde veškeré komponenty komunikují pomocí jednoho vedení. Přispělo k tomu zmenšení mikropočítačů na takovou úroveň, že je bylo možné integrovat do všech prvků v systému. Tou dobou také započal vývoj systémových standardů KNX/EIB a LONWORKS, které jsou uznávány celosvětově. (22)

Systémová instalace spojuje klasické silnoproudé zařízení s postupy a technologiemi slaboproudých řídicích systémů. Všechny prvky jsou propojeny sběrníkovým kabelem. Lze ji tak využít k řízení a ovládní všech dostupných technologií a technických zařízení instalovaných v budově. Všechny tyto systémy a zařízení propojuje do jednoho celku a vytváří tak jeden komplexní systém řízení v budovách a bytech. (21)

Rozdíl v propojenosti jednotlivých systémů systémové a klasické instalace je možné vidět na následujících dvou obrázcích. Na prvním je zobrazeno schéma klasické elektroinstalace. Na druhém následně schéma systémové elektroinstalace.



Obrázek 8 – Schéma klasické elektroinstalace (23)



Obrázek 9 – Schéma systémové elektroinstalace (23)

Velkou výhodou tohoto systému je především jeho propojenost, která nám poskytuje mnoho možností oproti klasické elektroinstalaci. Další velkou předností je možnost dodatečných úprav a přizpůsobování nastavení hotové kabeláže. U rozsáhlejších projektů je tento typ instalace také jednodušší a přehlednější. Sběrnice je napájena jen malým napětím, je tak bezpečnější a omezuje vliv elektromagnetického vyzařování klasické elektroinstalace s 230 V. (21)

Výhody toto typu elektroinstalace tedy jsou:

- přizpůsobivost – V případě, že během provozu dojde ke změně našich požadavků nebo nám nějaké nastavení nevyhovuje, je poměrně snadné toto nastavení změnit. Některé změny může provést přímo uživatel (například změnu funkce jednotlivých spínačů). V případě, že se v průběhu realizace zapomene na nějakou funkcionalitu, je poměrně snadné doplnit ji pomocí bezdrátového řešení. (11)
- skupinové ovládání – Vzájemné propojení také přináší možnost ovládání více prvků najednou. Je tak možné zhasnout všechna světla v celém domě. Nebo je možné ovládat i více systémů najednou. Například při odchodu z domu mohou

stáhnout žaluzie, zapnout alarm a ztlumit topení. A to vše pomocí jednoho tlačítka. Toto by ale nebylo možné bez následujícího bodu. (11)

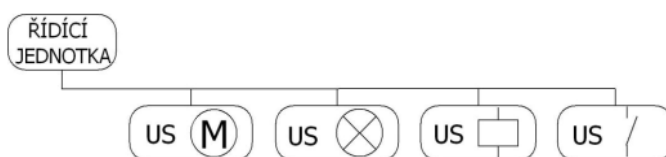
- spolupráce s ostatními systémy – Tento typ elektroinstalace dokáže přenášet informace, umožňuje tak komunikaci jednotlivých systémů mezi sebou. (11)
- automatizace – Pokud jsou tedy všechny prvky připojené k domácí elektroinstalaci vzájemně propojené, dokáží spolu komunikovat a je možné je společně ovládat. Pak je možné mnoho procesů automatizovat. To je výhodné především u procesů, které jsou pro nás obtížně kontrolovatelné. Nedokážeme například přesně rozpoznat koncentraci CO₂ v místnosti a regulovat přísun čerstvého vzduchu větráním tak přesně, jako je to možné v případě automatizovaného procesu. Další prvky budou při automatizovaném chodu mnohem efektivnější oproti manuálnímu ovládní. Ano, automatizace jednotlivých systémů je možná i při použití klasické elektroinstalace, ale při použití elektroinstalace systémové je to mnohem jednodušší a přináší nám to výhody vzájemné komunikace jednotlivých systémů. Je tak možné dosáhnout větší efektivity.
- komfort – Automatizace a skupinové ovládní je velmi komfortní. Do systému je možné také integrovat prvky domácí zábavy. Celý systém je možné ovládat na mobilním telefonu nebo počítači. Je také možné se k systému připojit na dálku a provést tak některé změny po odchodu z domu, například zapnout zabezpečovací systém, zhasnout světla a podobně, pokud není tento proces automatizovaný a máme pocit, že jsme na něco takového zapoměli při odchodu z domu. (21)

Nevýhody tohoto systému oproti klasické elektroinstalaci jsou vyšší pořizovací náklady a nižší životnost některých komponentů.

2.3.2.1 Druhy systémové instalace

Systémovou instalaci lze dělit podle míry centralizace každého systému.

- Centralizovaný systém – Tento systém obsahuje centrální řídicí jednotku. Všechny prvky systému, ať už jde o prvky, které snímají informace, nebo prvky, které následně provádějí zadané úkoly (aktory), jsou propojeny s centrální řídicí jednotkou (24)



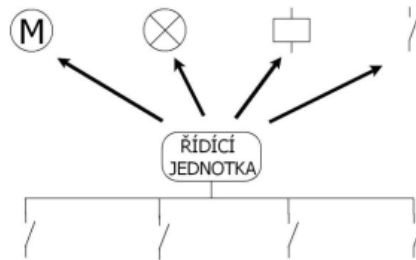
Obrázek 10 – Centralizovaný systém (25)

- Decentralizovaný systém – Tento typ neobsahuje centrální řídicí systém. Jsou zde propojeny všechny prvky systému, které komunikují a vyměňují si informace, ale žádný z prvků není nadřazený. (24)



Obrázek 11 – Decentralizovaný systém (25)

- Hybridní systém – U tohoto systému jsou čidla zapojena na sběrnici, která je napojena na centrální řídicí prvek. Prvky, které následně provádějí nějakou akci (aktory), jsou připojeny na tento řídicí prvek hvězdicově, jako je tomu u decentralizovaného systému. (24)

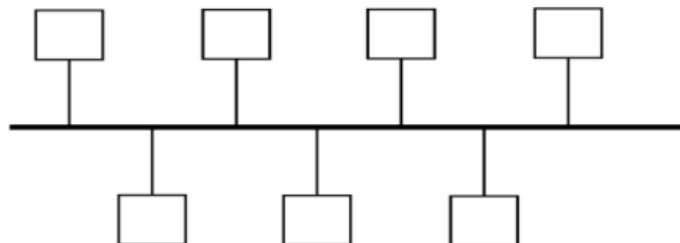


Obrázek 12 – Hybridní systém (25)

2.3.2.2 Topologie systémové instalace

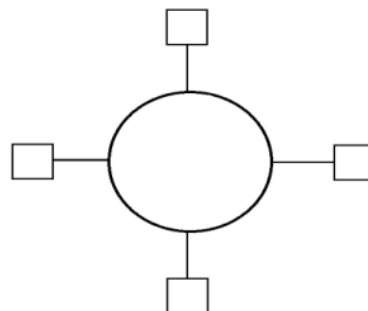
Dále můžeme systémovou instalaci dělit podle topologie. To znamená podle způsobu propojení jednotlivých prvků systému. Obvykle jsou prvky propojeny kabelem, ale je možné i bezdrátové propojení. Jednotlivé prvky v systému se dělí na senzory a aktory. Senzory jsou prvky, které snímají informace a následně je předávají dále. Aktory jsou prvky, které přijímají data od senzorů a řídicí jednotky a vykonávají požadované akce.

- Lineární topologie – Jednotlivé prvky jsou propojeny lineárně za sebou. Následující prvek je vždy připojen na ten předchozí.
 - výhody – levné a jednoduché zapojení
 - nevýhody – při výpadku jednoho prvku je vyřazen celý systém. (26)



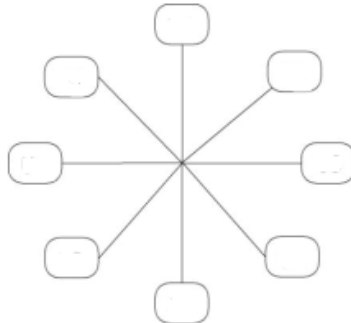
Obrázek 13 – Lineární topologie (27)

- Kruhová topologie – Podobný způsob zapojení jako lineární topologie, ale počátek a konec sběrnice jsou propojeny. Tento typ neobsahuje žádný centrální prvek. (26)



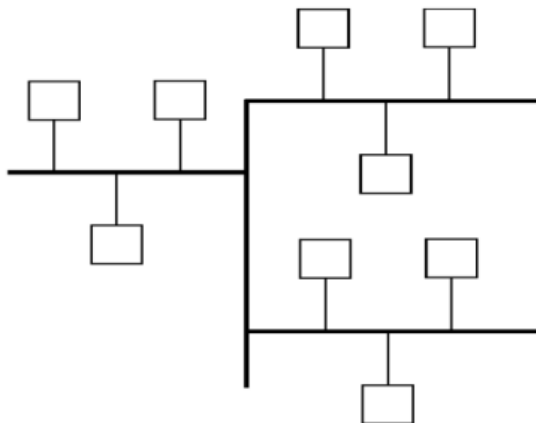
Obrázek 14 - Kruhová topologie (27)

- Hvězdicová topologie – Každý prvek systému je samostatně připojen na centrální řídicí prvek.
 - výhody – vyšší spolehlivost. Vyřazení jednoho prvku neznamena vyřazení celého systému, snadné rozšíření o další prvky.
 - nevýhody – vyšší spotřeba kabelů na propojení. (26)



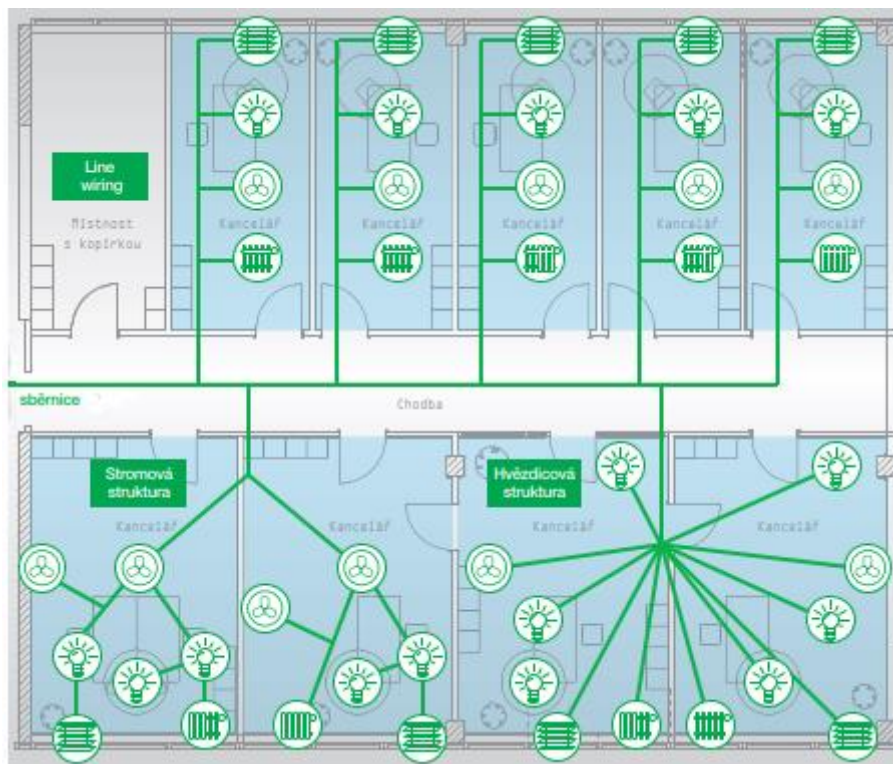
Obrázek 15 – Hvězdicová topologie (25)

- Stromová topologie – Kombinace lineární a hvězdicové topologie. Snižuje spotřebu propojovacích kabelů a zároveň částečně omezuje riziko při výpadku jednoho z prvků. Při takovém výpadku je vyřazena pouze daná větev, ale zbytek systému zůstává v provozu. (26)



Obrázek 16 – Stromová topologie (27)

- Volná topologie – Tento způsob propojení je v praxi nejuvhodnější. Jedná se o volnou kombinaci výše uvedených způsobů. Příklad takové topologie lze vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 17 – Volná topologie (23)

2.3.2.3 Prvky systémové instalace

Systémová elektroinstalace obsahuje oproti klasické jiné prvky. V následující části uvedu jejich výčet a krátký popis.

Tlačítka – U klasické elektroinstalace se používají vypínače, které přímo po stisknutí zapnou, či vypnou daný spotřebič. Napájecí kabel pro daný spotřebič vede z rozvaděče přes vypínač. Ten tak přímo přerušuje napájení. Každý světelný okruh, který má být samostatně ovládnán, musí mít vlastní vypínač. V systémové instalaci jsou používány pouze tlačítka, která přímo nepřerušují napětí, ale pouze posílají povely do centrálního řídicího systému. Je tak možné měnit funkci každého tlačítka nebo přiřazovat více funkcí jednomu tlačítku. (21)

Čidla – Aby se o systémové elektroinstalaci dalo říct, že je také inteligentní, je nutné ji doplnit o různá čidla. Čidla jsou pro systémovou elektroinstalaci zdrojem informací, díky kterým získává rozlišovací schopnosti i v oblastech, kde už jako lidé nestačíme. Například jako lidé obtížně rozlišíme úroveň koncentrace CO₂. Rozeznáme až míru, která už je za hranicí zdravého vnitřního prostředí. Mezi nejčastěji používaná čidla můžeme zařadit:

- Pohybové čidlo – I dnes poměrně běžné čidlo například pro spínání osvětlení na některých místech, nejčastěji na chodbách nebo ve venkovních prostorách.
- Čidlo přítomnosti osoby v místnosti – Jedná se o podobné čidlo jako v předchozím případě, ale uvádím ho zvlášť, protože u tohoto čidla jde o to, aby dokázalo nejenom zaznamenat pohyb, ale aby navíc rozeznávalo, zda v dané

místnosti někdo je, nebo ne. Probíhají snahy o zdokonalení, aby bylo možné rozeznat, kdo přesně v dané místnosti je.

- Teplotní čidlo – I dnes běžně využívané čidlo pro regulaci vytápění. Toto čidlo se běžně umísťuje do jedné nebo několika málo místností. V inteligentním domě se toto čidlo umísťuje do každé místnosti, aby bylo možné regulovat vytápění s větší přesností pro každou místnost nebo vytápěný okruh zvlášť.
- Snímač intenzity osvětlení – Čidlo měří intenzitu osvětlení, na jejíž základě ovládá míru zatemnění pomocí žaluzií a osvětlení.
- Čidlo pro měření intenzity CO₂ – Čidlo měří koncentraci CO₂ ve vzduchu, na jejíž základě řídí nucené větrání v objektu.
- Vlhkostní čidlo – Čidlo měří vlhkost vnitřního vzduchu. Pokud je v domě instalované nucené větrání, je možné jej doplnit o zvlhčovač a upravovat tak vlhkost v místnostech.
- Bezpečnostní čidla – I v systémové instalaci se využívají běžně používaná čidla pro zabezpečovací systémy. Jedná se o magnetické kontakty v oknech a dveřích, které detekují jejich otevření, či zavření. Výše zmíněná pohybová čidla a tříštivá čidla zaznamenávají případné rozbití okna. Pokud je bezpečnostní systém propojen se systémovou instalací, lze tato čidla využít pro další funkce. Například je možné detekovat otevření okna a následně vypnout topení a podobně.
- Požární senzor – Toto čidlo není zvláštní doménou systémové elektroinstalace, ale uvádím jej zde pro úplné doplnění výčtu možných čidel.
- Ostatní čidla – Dále je možné doplnit další čidla. Pro měření venkovní teploty, meteostanici a tak dále. (28)

Všechna tato čidla jsou pro systémovou instalaci zdrojem informací, na jejichž základě je poté možné upravovat a optimalizovat automatizovaný chod domácnosti.

V současné době také probíhají snahy o to, aby řídicí jednotka tato data využívala k autonomním optimalizačním nastavených programů.

Řídicí jednotka – Důležitým prvkem celého systému je řídicí jednotka, která zajišťuje komunikaci mezi jednotlivými prvky systému. Je možné ji programovat pomocí ovládacího softwaru.

2.3.2.4 Nejpoužívanější standardy – sběrníkové systémy

Sběrnice propojuje jednotlivé prvky systému inteligentní elektroinstalace. Tvoří páteř celého systému a umožňuje vzájemnou komunikaci jednotlivých prvků. Přenáší data a řídicí povely mezi jednotlivými prvky systému. Přenos dat po sběrnici se řídí stanoveným protokolem. Tento protokol se liší podle použitého systému a výrobce jednotlivých komponent. Jako významné a rozšířené zástupce si zde můžeme uvést protokol KNX/EIB a LONWORKS. (11)

2.3.2.5 KNX/EIB

Jedná se o decentralizovaný řídicí systém. Předchůdcem tohoto systému byl sběrníkový systém EIB (European installation bus). Tento systém začal vznikat v osmdesátých letech v Německu ve společnosti Siemens. Následně došlo k dohodě mezi německými výrobci, kteří založili spolek Instabus – Gemeinschaft a dále spolupracovali na zdokonalování tohoto systému. V devadesátých letech došlo vlivem zvýšeného zájmu ze zahraničí k založení nadnárodní asociace EIBA se sídlem v Bruselu a velmi rychle se do ní připojovali další výrobci.

V roce 2003 došlo ke sjednocení s dalšími významnými systémy používanými v Evropě. Vznikl systém Konnex (KNX). Jedná se tak o systém, který je podporován velkým množstvím výrobců po celém světě. (29) (30)

Jde o otevřený systém, který odpovídá hned několika normám. Evropské normě EN 50090, mezinárodní normě ISO/IEC 14543 a dokonce i čínskému standardu BG/Z. (25)

Oproti systému EIB, kde jsou prvky napojeny paralelně na vodič se silovým vedením 230 V a zároveň na vedení datové sběrnice, je v systému KNX zajištěn přenos informací i napájení jediným párem vodičů. Přesto se používají vodiče se dvěma kroucenými páry, kde druhý pár slouží jako rezerva. (30)

Systém KNX/EIB podporuje kromě kruhové topologie všechny ostatní typy. V rámci jedné sítě ve standardu KNX může spolupracovat více než 58 000 prvků. (25)

2.3.2.6 LONWORKS

Tento systém je také označován zkráceně LON. Vznikl počátkem devadesátých let v USA. Je standardizován v amerických normách AINSI / EIA – 709.x a EIA – 852. Obecně je tento systém populárnější v Americe než v Evropě. Jedná se o komplexní otevřený protokol. Jeho předností je velká flexibilita. Vzájemná kompatibilita jednotlivých výrobců je zajištěna uskupením LonMark International a jednotlivé výrobky jsou označeny značkou LonMark. Systém LON podporuje všechny typy topologií. Jako přenosový vodič lze použít kroucený dvoužilový kabel, koaxiální kabel nebo optické Ethernet vlákno. Případně lze použít bezdrátový radiofrekvenční nebo infračervený přenos. (29) (25)

Toto není úplný výčet všech používaných protokolů, ale pouze určitý výběr těch největších. Jako příklad dalších můžeme alespoň uvést například systém Xcomfort (Eaton), LCN, Nikobus, iNELS a systémy využívané pro řízení osvětlení Luxmate (Zumtobel) a DALI (ABB, Wago). (11)

2.3.3 Možnosti inteligentní elektroinstalace

V předchozích kapitolách jsem již psal o přínosech inteligentních budov a o jejich technickém řešení. V této kapitole bych se rád věnoval tomu, jaké možnosti přináší systémová elektroinstalace v inteligentním domě. Je třeba podotknout, že i když je možné mnoho funkcí automatizovat, systém stále musí umožňovat využívat jej klasickým způsobem a mít kdykoli možnost ručně zasáhnout do automatizovaného chodu.

2.3.3.1 Osvětlení

Ovládání osvětlení v inteligentním domě se diametrálně liší od osvětlení v klasickém domě. Nejsou zde ovládána jednotlivá světla nebo okruhy, ale celé světelné scény. V každé místnosti je možné upravit osvětlení přesně podle aktivit, které v dané místnosti chceme vykonávat. V obývacím pokoji tak můžeme mít přichystanou scénu na čtení, na posezení s přáteli nebo na sledování filmu. Můžeme mít také nastaveno, že daný ovladač se v noci chová jinak a primárně spouští jinou scénu než ve dne. Například v noci bude přizpůsoben ovladač u postele tak, aby rozsvítil pouze orientační světla na chodbě a tlumené světlo v koupelně. Dále je možné mít na stejném ovladači scénu pro zhasnutí všech světél v domě, když jdeme spát. Jak je vidět z uvedených příkladů, jednotlivé scény se nemusí omezovat na jednotlivé místnosti. Díky propojení s dalšími systémy lze do dané scény zařadit i další aspekty mimo osvětlení.

Při zhasnutí všech světel se tak může například zapnout zabezpečovací systém v přízemí, kde tou dobou nikdo nepobývá. Při zapnutí scény pro sledování filmu se může spustit plátno a zatáhnout venkovní žaluzie pro zatemnění. Další možnosti přináší pohybová čidla a senzory přítomnosti v místnosti a čidla měřící intenzitu osvětlení. (12)

Jak už jsem uváděl v kapitole věnované spotřebě energií v domě, spotřeba elektrické energie pro osvětlení patří k významným položkám. Přizpůsobením světelných scén lze dosáhnout značných úspor. Je také možné automaticky hlídat a po určité době zhasínat světla v prázdných místnostech a omezit tím neúčelné svícení. (12)

2.3.3.2 Vnitřní klima – topení, chlazení, stínění a větrání

Největší oblastí ve spotřebě energií je vytápění budov (viz přechozí kapitoly). Proto se zde nabízí velké pole možností pro úspory díky automatizaci a optimalizaci systému řízení vytápění. I zde nacházejí uplatnění scény. Je možné si pro každou místnost nebo skupinu místností definovat režimy a ty následně uplatňovat podle časového rozvrhu. Musí zde být také implementovány další možnosti pro manuální zásahy pro úpravy, když dojde ke změně běžného režimu, například když někdo onemocní a zůstane doma celý den. Lze k tomu využít i čidel pro přítomnost osob v místnosti. (12)

Díky učení se je řídicí systém schopen vyhodnotit dané požadavky v kontextu vnějších podmínek. Na základě předchozích zkušeností začne topit tak, aby bylo požadované teploty dosaženo přesně v požadovaný okamžik. (31)

Propojení s ostatními systémy přináší možnosti, jako například zastavení vytápění při otevření okna a podobně.

Tyto režimy je možné uplatňovat i v průběhu léta, kdy nastavené scény neřídí vytápění, ale stínění a klimatizaci. Automatizované stínění dosahuje mnohem vyššího efektu oproti ručně ovládanému. Je možné jej regulovat i během dne, kdy není nikdo doma a efektivně tak bránit přehřívání během teplých letních dní.

Díky senzoru koncentrace CO₂ ve vnitřním prostředí a měření vlhkosti lze řídit nucené větrání tak, aby bylo uvnitř neustále dostatečné množství čerstvého vzduchu a optimální vlhkost. Získáváme tak v domě zdravé vnitřní klima a nemusíme na to vynaložit žádné úsilí.

2.3.3.3 Bezpečnost

Oblast bezpečnosti a zabezpečení domu je poměrně široká a inteligentní dům nám přináší širokou paletu možností.

Při opuštění domu je možné simulovat běžný provoz. Ráno dojde k rozednění žaluzií, večer se bude v domě svítit a může být zapnutá televize nebo rádio. Dům se tak na venek může tvářit, že je i nadále obydlen. (12)

Při propojení se zabezpečovacím systémem lze využívat prvky tohoto systému i k jiným účelům. Lze hlídat otevření oken a na jeho základě omezovat topení. Při využívání elektronického přístupového systému se může dům dále přizpůsobovat podle toho, kdo z členů domácnosti je právě doma.

Kamerový systém zase poskytuje možnost kontroly při vyhlášení poplachu i v případě, že se nacházíme mimo domov. Můžeme si také prohlédnout místo vzniku tohoto poplachu a vyhodnotit situaci. (12)

Video vrátný v kombinaci s elektromagnetickými zámky nám poskytuje možnost zjistit, kdo stojí u dveří a případně jej pustit dál i na dálku. V případě, že očekáváme návštěvu a nejsme v době jejího příchodu doma, můžeme ji na dálku pustit do bytu. Nebo lze tento systém využívat pro odemýkání dveří dětem, které ještě nemají svůj vlastní klíč. Poměrně zajímavým vylepšením video vrátného je doplnění o schránku na nákupy. V dnešní době, kdy si objednáváme mnoho nákupů s dovážkou, tak můžeme převzít očekávanou zásilku i v případě, že zrovna není nikdo doma. (12)

2.3.3.4 Zábava a další luxus

Další velká oblast, kde lze využívat výhody inteligentní budovy jsou domácí zábavové prvky, jako jsou domácí audio, video a další. Je možné poslouchat stejnou hudbu ve více místnostech najednou, nebo si může každý uživatel pustit svoji hudbu tam, kde právě je. Stejně tak je možné sledovat video obsah na obrazovce v různých místnostech. (12)

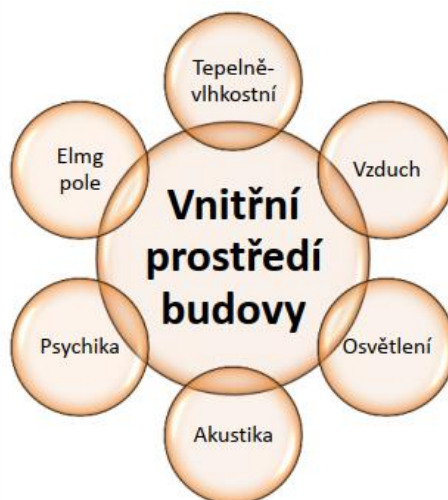
Realizovatelné jsou i mnohé další možnosti, například motorizované závěsy a otevírání oken, automatizace závlahového systému připojeného na předpověď počasí a ještě mnoho dalších způsobů, jak zvýšit uživatelský komfort a luxus. Zde už jde především o možnosti a požadavky investora. Zatímco v předchozích případech šlo o využívání možností inteligentního domu pro snížení spotřeby energií, a tím snížení nákladů na provoz, bylo tak možné o vynaložených nákladech uvažovat jako o investici, která povede ke snížení provozních nákladů. Zároveň bylo dosahováno určitého zvýšení míry uživatelského komfortu díky automatizaci celého procesu. V případě bezpečnosti byly opět vynaložené náklady obhajitelné zvýšením míry zabezpečení objektu. Ale zde se dostáváme do oblasti, kde vynaložené náklady již nepřispívají ke snížení provozních nákladů nebo míry bezpečnosti, ale slouží pouze ke zvýšení uživatelského komfortu. Záleží tak pouze na uživateli a jeho požadavcích a finančních možnostech.

2.4 Tepelná pohoda v budově

Pojem tepelná pohoda spadá pod větší oblast, která se nazývá vnitřní prostředí budov. Vzhledem k životnímu stylu tzv. západní společnosti, kdy trávíme většinu času (až 90 %) uvnitř budov nabývá zkoumání kvality vnitřního prostředí většího významu. Je tak zřejmé, že to, v jakém prostředí tento čas strávíme, bude mít vliv na náš organismus, především na naše zdraví, produktivitu práce a pohodu. (32)

2.4.1 Vnitřní prostředí budov

Faktorů, které ovlivňují vnitřní prostředí, je mnoho. Jsou to zejména tepelně – vlhkostní podmínky, kvalita vzduchu, akustické podmínky, světelné podmínky, elektrostatická, iontová, magnetická a další pole a psychický komfort, který je ovlivněn barvami, povrchy, architekturou a dalšími faktory. (32)



Obrázek 18 – Složky vnitřního prostředí (32)

Faktory, které vytvářejí výsledné vnímání vnitřního prostředí, můžeme rozdělit do dvou kategorií. Na fyzikální faktory prostředí a faktory organismu.

Fyzikální faktory prostředí:

- teplota
- vlhkost
- proudění vzduchu
- kvalita vzduchu
- osvětlení
- hluk

Faktory organismu:

- věk
- pohlaví
- rytmicita – dýchání, tep, tělesná teplota,...
- psychické faktory
- biologické pochody – spánek, trávení, práce, odpočinek,... (32)

Dlouhodobé účinky pobytu v nevyhovujícím prostředí mohou přinášet negativní důsledky. Může jít pouze o zvýšení únavy, špatnou koncentraci nebo snížení naší produktivity. Ale může dojít i k závažnějším potížím od podráždění sliznic až po výskyt alergií a podobně. Tyto důsledky lze rozdělit do dvou kategorií. (32)

- Syndrom nemocných budov (Sick building syndrome – SBS)

Jedná se o soubor příznaků a potíží bez jasné příčiny, které souvisí s pobytem v budovy. Jde o stížnosti na nepohodu, podráždění očí a nosu, bolesti hlavy, únava a poruchy soustředění. Tyto potíže nemají úplně zřejmou příčinu a obvykle odezní velmi rychle po opuštění budovy. (32)

- Syndrom nemocí z budov (Building related illness – BRI)

Zde se jedná o diagnostikovatelné nemoci, které jsou spojeny s pobytem v budově a lze určit jejich příčinu. Například může jít o plísně, průvan, koncentraci plynů a podobně. Tyto problémy neodezní po opuštění budovy a jejich náprava obvykle trvá delší dobu. (32)

Celkově lze pohodu vnitřního prostředí definovat například následovně:

„Takový stav prostředí, při kterém se lidé v uvažovaném prostoru subjektivně cítí co nejlépe a jsou tedy též schopni maximálního pracovního výkonu ať již fyzického či duševního, nebo co nejúčinnějšího odpočinku.“ (32)

2.4.2 Tepelná pohoda a nepohoda

Lidský organismus vlivem vnitřních biologických procesů neustále produkuje teplo, které předává do svého okolí. Stav, který můžeme nazvat tepelná rovnováha, nastane tehdy, jestliže prostředí odebírá tělu přesně tolik tepla, kolik tělo aktuálně produkuje. Lidské tělo zároveň dokáže díky vlastní termoregulaci do jisté míry reagovat a přizpůsobovat se okolnímu prostředí (úprava rychlosti metabolismu, pocení,...). Případně nám může navodit pocit nepohody, který nás k nějaké reakci donutí. Například si vzít svetr, když je nám zima. (33)

Dochází tak ke vzájemnému působení člověka a prostředí. Mezi faktory, které ovlivňují vnímání tepelné pohody, můžeme zařadit následující:

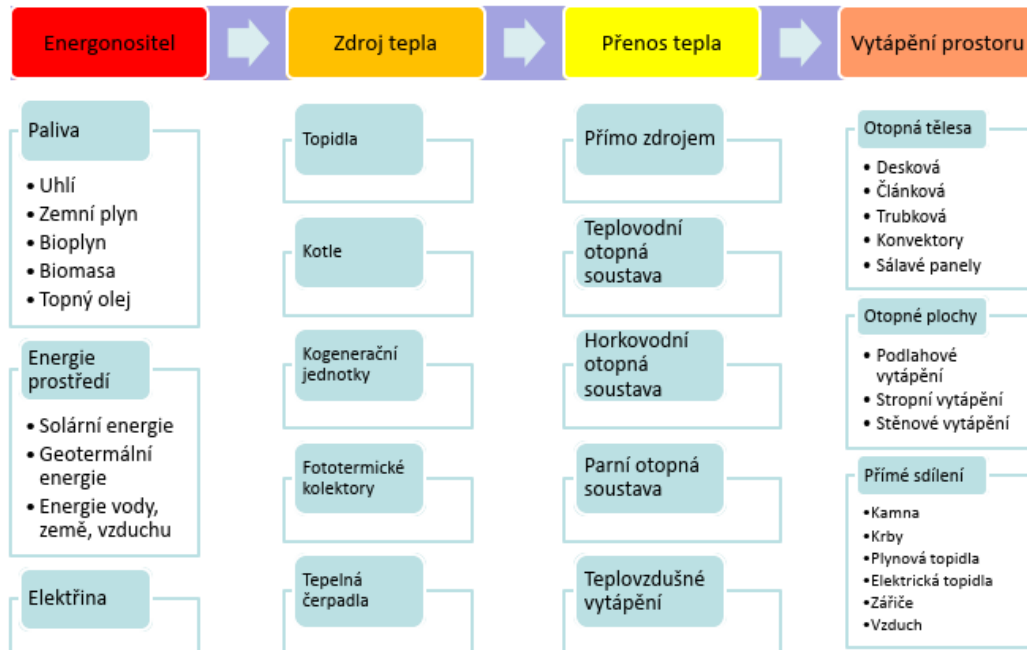
- Člověk:
 - metabolické teplo
 - tepelný odpor oděvu
- Prostředí
 - teplota vzduchu
 - relativní vlhkost vzduchu
 - rychlost proudění vzduchu
 - teplota okolních ploch (32)

Cílem je vytvářet v budovách takové prostředí, které nám bude příjemné. K tomuto účelu v budovách využíváme prostředky jako vytápění, chlazení, stínění a větrání. Těmto prostředkům se budu krátce věnovat v následujících odstavcích.

2.4.3 Vytápění

Vytápění je proces, který využíváme ke zvyšování teploty uvnitř budov. Systém vytápění využívá palivo, jež je ve zdroji tepla přeměněno z chemické energie na tepelnou energii. Tato získaná tepelná energie je následně dopravována přenosovou soustavou na místo, na kterém potřebujeme zvýšit teplotu. (34)

Hlavní prvky systému vytápění jsou palivo, zdroj tepla a přenosová soustava. Celkový systém vytápění lze vidět na následujícím schématu.



Obrázek 19 – Schéma systému vytápění (34)

2.4.3.1 Palivo

Jedná se o tzv. energo-nositel. Palivo je hmota nebo jev, které mohou být použity k výrobě mechanické práce nebo tepla. Dostupné typy paliv lze dělit podle mnoha kritérií. (34)

- Skupenství
 - pevná (dřevo, uhlí, biomasa,...)
 - kapalná (nafta, benzin, petrolej, topné oleje,...)
 - plynná (propan-butan, bioplyn,...)
- Původ
 - přírodní
 - umělá
- Obnovitelnost
 - obnovitelná
 - neobnovitelná (34)

2.4.3.2 Zdroje tepla

Zdroje tepla jsou zařízení, v nichž se energie obsažená v energo-nositeli mění na teplo. Podle používaného paliva a způsobu získávání tepelné energie můžeme zdroje tepla dělit následovně: (34)

- spalovací
- přeměňující elektrickou energii

- získávání solární energie (solární panely)
- získávání energie prostředí (tepelná čerpadla, zemní kolektory, vrty,...) (34)

2.4.4 Chlazení

Chlazení je proces, při kterém ochlazujeme vzduch uvnitř budovy obvykle ho používaný v letních měsících. Dříve se k chlazení využívaly především klimatizační jednotky, které vyfukovaly do místností studený vzduch, a tím ochlazovaly vnitřní prostředí. Dnes se v souvislosti s trvale udržitelným rozvojem můžeme setkat i dalšími metodami. (35)

Předně jde o metody pasivního chlazení. Tyto metody je možné uplatnit u nízkoenergetických a pasivních budov s kvalitním zateplením obálky budovy. Jde zejména o zapracování stínících prvků, které minimalizují tepelné zisky v letním období. Dále jde o vhodnou orientaci budovy, úpravu okolí budovy (výsadba zeleně,...) a vhodné umístění větracích otvorů a šachet pro přirozené větrání. Pokud pasivní prvky nestačí, je možné ještě využít alternativní možnosti pro chlazení. Jedná se o využití kolísání teplot v průběhu dne a možnosti budovu tzv. nachladit nočním větráním. Eventuálně lze využít chlad ze zemského masivu (zemní výměníky). Třetí možností je využití přeměny citelného tepla na latentní. (35)

2.4.5 Stínění

Jedná se o prvek pasivního chlazení budovy. Je možné jej rozdělit na dva typy, svislé a vodorovné.

Vodorovné stínění využívá architektonické prvky, které operují s rozdílnou výškou slunce v zimních a letních měsících. V letních měsících, kdy je slunce výš nad obzorem, tyto prvky částečně zastíňují výplně otvorů a brání nežádoucím tepelným ziskům. Naopak v zimě, když je slunce nad obzorem níž, toto stínění již nebrání a je možné využít tepelné zisky. V praxi je toho dosahováno využitím slunolamů, markýz, většího přesazení střechy a podobně.

Pro svislé stínění se využívají předokenní žaluzie a rolety.

2.4.6 Rekuperace

Nucené větrání s využitím zpětné rekuperace tepla přispívá k udržování vnitřního klimatu. V rekuperační jednotce dojde k předání tepla vzduchu, který odvádíme z vnitřního prostředí, čerstvému vzduchu, který přivádíme z vnějšku. Tím dochází k významnému snížení ochlazování vnitřního prostředí během větrání. (36)

System nuceného větrání je dále možné doplnit o prvky upravující vlhkost přiváděného vzduchu. Tím získáváme možnost regulovat a udržovat požadovanou vlhkost vzduchu uvnitř budovy.

3 Praktická část

3.1 Cíle praktické části

V praktické části této práce se budu zabývat různými zdroji pro vytápění rodinného domu. Budu mezi sebou porovnávat tři různé způsoby vytápění. Konkrétně půjde o automatický kotel na pelety, plynový kotel a tepelné čerpadlo typu vzduch – voda. Pro porovnání budu využívat metodu nákladů životního cyklu. Pokusím se ověřit výši úspor při použití inteligentního řízení. Zda dojde k dostatečně vysokým úsporám, aby bylo možné obhájit zvýšené pořizovací náklady.

Jako základnu pro výpočty a porovnávání použiji katalogový rodinný dům. Výpočty pro tento dům zpracuji v několika variantách v závislosti na zateplení obálky budovy a přítomnosti řídicího systému. Budu uvažovat tři varianty s různou úrovní zateplení obálky budovy. Každou s řídicím systémem vytápění a bez.

První varianta bez tepelné izolace, která bude představovat situaci, kdy se rozhoduji o rekonstrukci nezateplené budovy a vybírám mezi zateplením fasády a instalací inteligentního řízení. Druhá varianta bude využívat skladby obvodového pláště s hodnotami součinitele prostupu tepla na hranici dnes platných norem. Bude tak reprezentovat zástupce běžného rodinného domu. U této varianty budu posuzovat především výhodnost instalace řídicího systému vůči zvýšení úrovně zateplení. Třetí varianta bude velmi dobře zateplená budova s vlastnostmi, které splňují požadavky pro pasivní budovy.

Cílem této části je porovnat a vyhodnotit ekonomický přínos inteligentního řízení pro vytápění v různých budovách s odlišnými standardy zateplení obálky budovy.

Dalším cílem je porovnat mezi sebou jednotlivé zdroje pro vytápění v rámci nákladů životního cyklu.

3.2 Popis objektu

Jako podklad a referenční objekt bude použit katalogový rodinný dům. Zvolený objekt má dvě nadzemní podlaží a plochou střechu. Uvnitř domu se nachází spojená kuchyně s obývacím pokojem, čtyři obytné místnosti, které mohou sloužit jako ložnice, dětský pokoj, pokoj pro hosty nebo pracovna a v každém patře je umístěna koupelna a WC. Dále je v domě umístěna technická místnost a jedna menší místnost, která může sloužit jako komora nebo šatna. (37)

Parametry objektu:

- dispozice 5+1
- zastavěná plocha 108 m²
- užitná plocha 148 m²
- obestavěný prostor 772 m³ (37)

Konstrukční systém objektu je zděný stěnový z cihel Porotherm. Stropy jsou monolitické železobetonové. Střecha je plochá s klasickým pořadím vrstev. Skladby střechy se skládá z tepelné izolaci z EPS se spádovými klíny. Hydroizolační vrstva bude kačírkem přitížená mPVC folie. Tepelná izolace obvodových stěn bude z minerální vlny.

Umístění objektu při výpočtech je uvažováno v okolí Rakovníka.

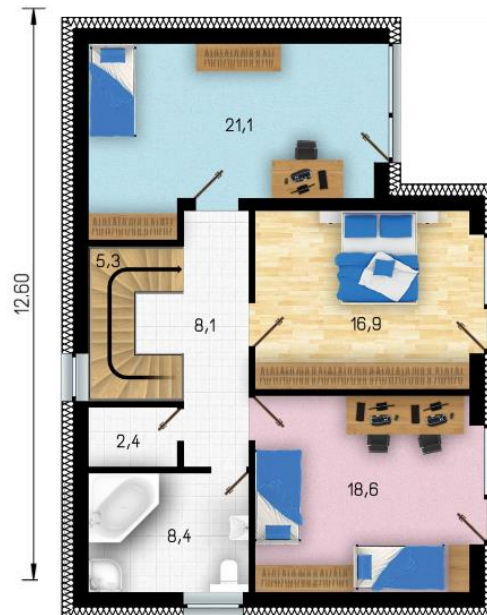


Obrázek 20 – Ilustrační obrázek referenčního objektu (37)

Schéma podlaží:



Obrázek 21 – Schéma 1 NP (37)



Obrázek 22 – Schéma 2 NP (37)

3.2.1 Skladby obvodových konstrukcí

Jak již bylo zmíněno v úvodu této části práce bude výpočet proveden ve třech variantách pro budovy s různou úrovní zateplení obvodového pláště. Pro varianty se zateplením fasády bude použit typ zdiva Porotherm 24 Profi. Pro nezateplenou verzi zdivo Porotherm44 na maltu TM. Použitá tepelná izolace bude z minerální vlny ISOVER TF Profi. Tloušťka izolace se bude lišit v závislosti na míře zateplení. Konkrétní skladby a jejich vlastnosti jsou uvedeny v následující podkapitole.

Uváděné hodnoty součinitele prostupu tepla jsou výstupem z programu Energie 2020 EDU.

3.2.1.1 Kvalitně zateplená budova

Obvodová stěna:

Omítka jemná sádrová	5	mm
Jádrová omítka	15	mm
Porotherm 24 Profi	240	mm
Isover TF Profi	250	mm
Silikonová fasádní barva	2	mm
	512	mm
R	7,44	m ² K / W
U	0,13	W / m ² K

Tabulka 1 – Skladba obvodové stěny kvalitně zateplené budovy

Plochá střecha:

Sádrokartonový podhled	150	mm
ŽB deska	180	mm
Parozábrana	4	mm
Isover EPS 100 včetně spád. klínů – minimálně	300	mm
Separáčnická folie	1	mm
mPVC hydroizolační folie	2	mm
Kačírek	50	mm
	687	mm
R	8,39	m ² K / W
U	0,12	W / m ² K

Tabulka 2 – Skladba střechy kvalitně zateplené budovy

Podlaha přilehlá k terénu:

Keramická dlažba	10	mm
Betonová mazanina	50	mm
Separáční vrstva	0	mm
ISOVER perimeter	200	mm
GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	4	mm
ŽB deska	150	mm
	414	mm
R	6,06	m ² K / W
U	0,16	W / m ² K

Tabulka 3 – Skladba podlahy kvalitně zateplen  budovy

Hodnoty součinitele prostupu tepla těchto skladeb vyhovují poŹadavk m normy ČSN 73 0540-2 pro úroveň $U_{pas,20}$ doporu en  hodnoty pro pasivní budovy. (38)

3.2.1.2 B Źn  zateplen  budova

Obvodov  stěna:

Omítka jemn� s�drov�	5	mm
J�drov� omítka	15	mm
Porotherm 24 Profi	240	mm
Isover TF Profi	140	mm
Silikonov� fasádní barva	2	mm
	402	mm
R	4,54	m ² K / W
U	0,21	W / m ² K

Tabulka 4 - Skladba obvodov  stěny b Źn  zateplen  budovy

Ploch  střecha:

S�drokartonov� podhled	150	mm
ŽB deska	180	mm
Parozábrana	4	mm
Isover EPS 100 včetně spád. kl�n� – minim�ln�	220	mm
Separ�dn� folie	1	mm
mPVC hydroizolační folie	2	mm
Kačírek	50	mm
	607	mm
R	6,23	m ² K / W
U	0,16	W / m ² K

Tabulka 5 - Skladba střechy b Źn  zateplen  budovy

Podlaha přilehlá k terénu:

Keramická dlažba	10	mm
Betonová mazanina	50	mm
Separáční vrstva	0	mm
ISOVER perimeter	100	mm
GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	4	mm
ŽB deska	150	mm
	314	mm
R	3,10	m ² K / W
U	0,30	W / m ² K

Tabulka 6 - Skladba podlahy b žn  zateplen  budovy

Hodnoty součinitele prostupu tepla těchto skladeb vyhovují požadavkům normy ČSN 73 0540-2 pro úroveň $U_{rec,20}$ doporu en  hodnoty. (38)

3.2.1.3 Nezateplen  budova

Obvodov  stěna:

Omítka jemn� s�drov�	5	mm
J�drov� omítka	15	mm
Porotherm 44 na maltu TM	440	mm
Vn�j� omítka	15	mm
Silikonov� fasádní barva	2	mm
	477	mm
R	2,71	m ² K / W
U	0,35	W / m ² K

Tabulka 7 - Skladba obvodov  stěny nezateplen  budovy

Ploch  střecha:

S�drokartonov� podhled	150	mm
ŽB deska	180	mm
Parozábrana	4	mm
Isover EPS 100 včetně spád. kl�n� – minim�ln�	150	mm
Separ�dn� folie	1	mm
mPVC hydroizolační folie	2	mm
Kačírek	50	mm
	537	mm
R	4,34	m ² K / W
U	0,22	W / m ² K

Tabulka 8 - Skladba střechy nezateplen  budovy

Podlaha přilehlá k terénu:

Keramická dlažba	10	mm
Betonová mazanina	50	mm
Separáční vrstva	1	mm
ISOVER perimeter	70	mm
GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	4	mm
ŽB deska	150	mm
	285	mm
R	2,23	m ² K / W
U	0,42	W / m ² K

Tabulka 9 - Skladba podlahy nezateplen  budovy

Hodnoty součinitele prostupu tepla těchto skladeb vyhovují poŹadavk m normy ČSN 73 0540-2 pro úroveň $U_{N,20}$ poŹadovan  hodnoty před rokem 2012. (38)

3.2.2 Tepeln  ztráta objektu

Tepeln  ztráta objektu byla zjiŹt na na základě vypočtu v programu Energie 2020 EDU. Protokoly o vypočtu jednotlivých variant jsou součastí této práce v p iloze  .1.

Pro budovy nevybaven  inteligentním systémem řízení vytápění, ve kterých je vytápění řízeno pomocí jediného termostatu byla uvaŹov na pr m rn  vnitřní teplota 22  C.

Pro budovy s instalovan m inteligentním řízením jsem provedl vypočet po místnostech. UvaŹoval jsem se dvěma reŹimy vytápění. Komfortn  a  sporn . V závislosti na poŹadovan  teplotě a aktu ln  pouŹívan m reŹimu jsem spo ital tepelnou ztrátu objektu a následně i potřebu tepla. Cel  vypočet je součastí práce v p iloze  . 2.

Pro návrh výkonu zdroje tepla bylo u obou variant uvaŹov no s průměrnou vnitřní teplotou 22  C.

	Potřeba tepla [kW]
Kvalitn� zateplen� budova	5,3
B�Źn� zateplen� budova	6,4
Nezateplen� budova	14,3

Tabulka 10 – Potřeba tepla pro návrh výkonu zdroje tepla

Na základě v Źe vypočtených hodnot navrhu pro obě varianty objektu se zateplením zdroje tepla o výkonu do 10 kW. Pro budovu bez zateplen  potom zvol m stejn  model s v ŹŹm výkonem do 15 kW.

3.3 Vybrané zdroje tepla pro porovnání

Na základě výše uvedených hodnot tepelné ztráty objektu, navrhuji konkrétní typy zdrojů tepla a jejich výkon. Zvolené varianty byli telefonicky konzultovány s technickými specialisty prodejců společností Bernold s.r.o., TOP HEAT s.r.o. a RJ-Trading s.r.o. Konzultoval jsem s nimi také uváděné ceny na internetových stránkách a další náklady na nepostradatelné příslušenství.

V rámci této práce budu porovnávat pouze náklady spojené s pořízením a provozem zdrojů tepla. Nebudu brát v potaz náklady na ostatní vybavení kotelny a zbylou část otopné soustavy. Budu uvažovat, že pro všechny použité zdroje tepla je otopná soustava stejná a zásobník na teplou vodu identický. I když si jako autor jsem vědom toho, že pro tepelné čerpadlo by byla výhodnější nízkoteplotní otopná soustava. Ale vzhledem k omezenému rozsahu bakalářské práce bude tento rozdíl zanedbán a při hodnocení si dovolím tyto okolnosti zanedbat.

3.3.1 Automatický kotel na pelety

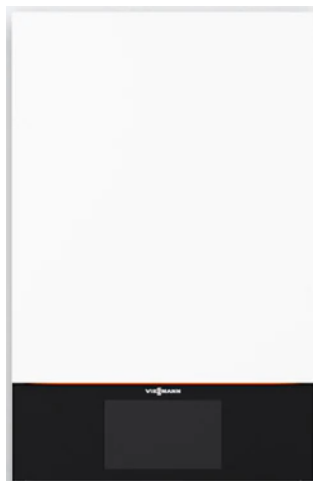
Jako zástupce automatického kotle na pelety jsem vybral kotel od českého výrobce OPOP. Konkrétně typ Biopel Premium Kompakt se zásobníkem na 150 kg pelet. Pro zateplené varianty kotle Biopel Premium 10/V9 o výkonu 3,0 – 10,3 kW. A pro nezateplený objekt typ Biopel Premium 15/V9 o výkonu 3,9 – 14,9 kW. (39)



Obrázek 23 – Automatický kotel na pelety OPOP Biopel (39)

3.3.2 Plynový kotel

Plynový kotle jsem vybral od firmy Viessmann konkrétně typ Vitodens 200-W 11kW o výkonu 11–18 kW. Jedná se o nástěnný, kondenzační, plynový kotel bez zásobníku na ohřev teplé vody. Zásobník na teplou vodu je uvažován pro všechny varianty stejný a bude připojen externě. Tento kotel svým výkonem pokryje všechny uvažované varianty. (40) (41)



Obrázek 24 – Plynový kotel Vitodens 200-W (40)

3.3.3 Tepelné čerpadlo

Jako třetí zdroj tepla jsem vybral tepelné čerpadlo na principu vzduch-voda od společnosti NIBE. Konkrétně typ NIBE F2120-8 pro varianty se zateplením a výkonnější variantu F2120-12 pro objekt bez zateplení. Toto tepelné čerpadlo pracuje s výstupní teplotou vody 55-65 °C a je schopné efektivně pracovat až do teploty -25 °C. (42)



Obrázek 25 – Tepelné čerpadlo NIBE F2120-8 (42)

3.4 Stanovení pořizovacích nákladů

U pořizovacích nákladů je nutné rozlišit mezi variantami budov s instalovanou centrální řídicí jednotkou a bez. Budova bez řídicího systému bude ovládat vytápění pomocí jediného termostatu instalovaného v hlavní místnosti. Pořizovací náklady u inteligentní budovy budou navýšeny o náklady na řídicí jednotku a větší počet termostatů. Tyto náklady jsem vyčíslil na 55 200,- Kč s DPH. Při porovnávání jednotlivých variant budou následně vyčíslené náklady na pořízení daného zdroje vytápění navýšeny o tuto částku.

Náklady na pořízení	Cena bez DPH [Kč]	Sazba DPH	DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]
Řídicí jednotka	10 000,00	15%	1 500,00	11 500,00
Montáž	20 000,00	15%	3 000,00	23 000,00
Termostaty (1 500,- Kč/ks)	18 000,00	15%	2 700,00	20 700,00
Cena celkem	48 000,00			55 200,00

Tabulka 11 – Pořizovací náklady inteligentního řízení

3.4.1 Automatický kotel na pelety

Náklady na pořízení kotle na pelety se skládají z nákladů na pořízení a montáž kotle, další potřebné příslušenství a komín včetně výchozích revizí. Technická místnost pro umístění kotle je umístěna u obvodové stěny. Komín bude veden z vnější strany fasády a bude nerezový. Náklady na komín byli kalkulovány v rozpočtovém programu Kros4.

Biopel Premium 10/V9	Cena bez DPH [Kč]	Sazba DPH	DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]	Zdroj
D+M Kotle	67 000,00	21%	14 070,00	81 070,00	(43)
Příslušenství	32 400,00	21%	6 804,00	39 204,00	(39)
Nerezový komín	55 500,00	15%	8 325,00	63 825,00	Kros4
Revize	1 500,00	21%	315,00	1 815,00	(44)
Cena celkem	156 400			185 914	

Tabulka 12 – Pořizovací náklady kotel na pelety Biopel Premium 10

Biopel Premium 15/V9	Cena bez DPH [Kč]	Sazba DPH	DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]	Zdroj
D+M Kotle	69 300,00	21%	14 553,00	83 853,00	(45)
Příslušenství	32 400,00	21%	6 804,00	39 204,00	(39)
Nerezový komín	55 500,00	15%	8 325,00	63 825,00	Kros4
Revize	1 500,00	21%	315,00	1 815,00	(44)
Cena celkem	158 700,00			188 697,00	

Tabulka 13 – Pořizovací náklady kotel na pelety Biopel Premium 15

3.4.2 Plynový kotel

Pořizovací náklady plynového kotle se skládají z nákladů na pořízení samotného kotle a montáže. Do nákladů je dále nutné započítat náklady na komín a plynovodní přípojku, respektive v tomto případě se jedná již o vnitřní plynovod, jelikož kalkulovaná cena uvažuje pouze se zavedením plynu od hlavního uzávěru plynu na hranici pozemku do kotelny. Cena plynovodní přípojky byla kalkulována v rozpočtářském programu KROS4 a rozpočet je součástí práce v příloze č. 3. Do nákladů je zahrnuta také výchozí revize kotle a komína.

Viessmann Vitodens 200-W 11 kW	Cena bez DPH [Kč]	Sazba DPH	DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]	Zdroj
D+M Kotle	53 000,00	21%	11 130,00	64 130,00	(41)
Komín	55 500,00	15%	8 325,00	63 825,00	Kros4
Přípojka plynu	70 000,00	15%	10 500,00	80 500,00	Kros4
Revize	1 500,00	21%	315,00	1 815,00	(44)
Cena celkem	180 000,00			210 270,00	

Tabulka 14 – Pořizovací náklady plynového kotle Vitodens 200-W 11 kW

3.4.3 Tepelné čerpadlo

U tepelného čerpadla je nutné k nákladům na pořízení připočítat ještě náklady na montáž a výchozí revizi elektro zařízení.

Náklady na pořízení	Cena bez DPH [Kč]	Sazba DPH	DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]	Zdroj
TČ NIBE F2120-8	193 500,00	21%	40 635,00	234 135,00	(46)
Příslušenství	10 000,00	21%	2 100,00	12 100,00	(47)
Revize	1 500,00	21%	315,00	1 815,00	
Cena celkem	205 000,00			248 050,00	

Tabulka 15 – Pořizovací náklady tepelného čerpadla NIBE F2120-8

Náklady na pořízení	Cena bez DPH [Kč]	Sazba DPH	DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]	Zdroj
TČ NIBE F2120-12	205 000,00	21%	43 050,00	248 050,00	(48)
Příslušenství	10 000,00	21%	2 100,00	12 100,00	(47)
Revize	1 500,00	21%	315,00	1 815,00	
Cena celkem	216 500,00			261 965,00	

Tabulka 16 - Pořizovací náklady tepelného čerpadla NIBE F2120-12

3.5 Výpočet potřeby energie na vytápění a ohřev teplé vody

Pro výpočet potřeby energie jsem použil denostupňovou metodu. Tato metoda již dnes není příliš používaná a pro stanovování potřeby energie na vytápění není úplně přesná, protože využívá několik veličin, které jsou velice proměnné. Ale vzhledem k charakteru této práce její hlavní náplní nejsou výpočty z oblasti stavební fyziky jsem si dovolil tuto metodu použít pro její jednoduchost. (49)

Podrobný výpočet je přiložen k této práci v příloze č. 2. Zde uvádím výsledné hodnoty potřeby energie na vytápění a ohřev teplé vody pro jednotlivé varianty, se kterými budu dále pracovat při stanovování provozních nákladů.

Potřeba energie [MWh/rok]	Bez int. řízení	S int. řízením
Kvalitně zateplená budova	17,8	16,4
Běžně zateplená budova	20,0	17,9
Nezateplená budova	39,2	33,6

Tabulka 17 – Potřeba energie na vytápění a OTV

3.6 Stanovení provozních nákladů

Provozní náklady se skládají z nákladů na palivo a dalších nákladů vynaložených v průběhu provozování zařízení. Jedná se především o povinné kontroly zdrojů tepla a komínů.

Stanovení nákladů provedu pro každou variantu úrovně zateplení fasády, a to ve dvou verzích. Jedna bude uvažovat s inteligentním řízením vytápění a druhá s řízením pomocí jednoho termostatu umístěného v budově.

3.6.1 Automatický kotel na pelety

Pro výpočet roční potřeby paliva jsem použil následující postup.

Roční potřeba paliva

$$B_R = \frac{Q_R \cdot 3600}{\eta \cdot H} \quad [\text{m}^3/\text{rok}]$$

kde: Q_R roční potřeba tepla celkem (VYT+TV) [Wh/časový úsek] tj. [Wh/rok]
 η roční účinnost zařízení η
 H výhřevnost paliva H_{ZP}

Obrázek 26 – výpočet potřeby paliva (50)

Vstupní hodnoty:

Roční potřeba tepla viz tabulka č.17 v kapitole 3.5

Účinnost zdroje tepla uvádí výrobce cca 89 % (39)

Výhřevnost pelet 16,2 MJ/kg (51)

Cena pelet 5 130,- Kč/t bez DPH (52) (53) (54)

Roční náklady na pelety:

	Qr [MWh/rok]	n	H [MJ/kg]	Qr [t]	J.C. [Kč/t]	Cena bez DPH	DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]
Kvalitně zateplená budova	17,8	89%	16,2	4,44	5 130	22 762	3 414	26 176
Kvalitně zateplená budova s inteligentním řízením	16,4	89%	16,2	4,10	5 130	21 012	3 152	24 164
Běžně zateplená budova	20,0	89%	16,2	4,98	5 130	25 555	3 833	29 389
Běžně zateplená budova s inteligentním řízením	17,9	89%	16,2	4,46	5 130	22 899	3 435	26 334
Nezateplená budova	39,2	89%	16,2	9,78	5 130	50 168	7 525	57 693
Nezateplená budova s inteligentním řízením	33,6	89%	16,2	8,38	5 130	42 991	6 449	49 440

Tabulka 18 – Roční náklady na pelety

Dále je nutné uvažovat náklady na čištění a pravidelnou kontrolu spalinové cesty. Čištění by mělo být provedeno 2x za rok a kontrola 1x za rok. Náklady na čištění komína uvažuji ve výši 500,- Kč bez DPH za čištění. Náklady na každoroční kontrolu potom 1 000,- Kč bez DPH. Celkově tak tyto náklady činí 2 000,- Kč/rok bez DPH. (55) (56)

	Cena bez DPH	sazba DPH	DPH	Cena s DPH
Čištění komína	1 000 Kč	21%	210 Kč	1 210 Kč
Kontrola komína	1 000 Kč	21%	210 Kč	1 210 Kč
Celkem roční náklady				2 420 Kč

Tabulka 19 – Roční náklady spojené s provozem kotle na pelety

Dále je nutné každé tři roky provést kontrolu kotle. Uvažované náklady na tuto kontrolu budou ve výši 1 500,- Kč bez DPH 1x za tři roky. To je 1 815,- Kč s DPH každé tři roky. (44)

3.6.2 Plynový kotel

Roční spotřebu plynu jsem spočítal pomocí stejného postupu jako u pelet.

Roční potřeba paliva

$$B_R = \frac{Q_R \cdot 3600}{\eta \cdot H} \quad [\text{m}^3/\text{rok}]$$

kde: Q_R roční potřeba tepla celkem (VYT+TV) [Wh/časový úsek] tj. [Wh/rok]
 η roční účinnost zařízení η
 H výhřevnost paliva H_{ZP}

Obrázek 27 – výpočet potřeby paliva (50)

Vstupní data:

Roční potřeba tepla viz tabulka č.17 v kapitole 3.5

Účinnost zdroje tepla uvádí výrobce cca 98 % (41)

Výhřevnost zemního plynu 33,48 MJ/m³ (51)

Pro výpočet nákladů na plyn jsem použil kalkulačku pro porovnání ceny za dodávky plynu, která je umístěna na portálu tzb-info. Pro porovnání jsem nepoužil nejlevnější nabízenou nabídku. Použil jsem nabídku od společnosti PRE se stejnými podmínkami pro všechny varianty, která byla platná v době porovnávání (05/2021). (57)

	Q _r [MWh/rok]	n	H [MJ/m ³]	Q _r [m ³]	Cena bez DPH	DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]
Kvalitně zateplená budova	17,77	98%	33,48	1 950	18 700	3 927	22 627
Kvalitně zateplená budova s inteligentním řízením	16,40	98%	33,48	1 800	18 100	3 801	21 901
Běžně zateplená budova	19,95	98%	33,48	2 190	21 000	4 410	25 410
Běžně zateplená budova s inteligentním řízením	17,88	98%	33,48	1 960	19 500	4 095	23 595
Nezateplená budova	39,17	98%	33,48	4 300	36 900	7 749	44 649
Nezateplená budova s inteligentním řízením	33,56	98%	33,48	3 680	33 600	7 056	40 656

Tabulka 20 – Roční náklady na plyn

U plynového kotle je dále nutné provést čištění spalinové cesty 1x za rok. Stejně tak musí každý rok proběhnout kontrola. Náklady na čištění komína uvažuji ve výši 500,- Kč bez DPH za čištění. Náklady na každoroční kontrolu uvažuji 1 000,- Kč bez DPH. Celkově tak tyto náklady činí 1 500,- Kč/rok bez DPH. (55) (56)

Plyn	Cena bez DPH	sazba DPH	DPH	Cena s DPH
Čištění komína	500 Kč	21%	105 Kč	605 Kč
Kontrola komína	1 000 Kč	21%	210 Kč	1 210 Kč
Celkem roční náklady				1 815 Kč

Tabulka 21 – Roční náklady spojené s provozem plynového kotle

Pravidelná kontrola plynového kotle je předepsána pouze pro fyzické a právnické osoby tedy podnikatele, ale i tak je každý uživatel povinen zajistit bezpečný provoz plynového kotle. Z tohoto důvodu budu uvažovat pravidelnou kontrolu plynového kotle každé 3 roky. Náklady na tuto kontrolu budou 1 500,- Kč bez DPH. Tedy 1 815,- Kč s DPH. (58)

3.6.3 Tepelné čerpadlo

U tepelného čerpadla je poměrně obtížné stanovit přesné provozní náklady. Účinnost čerpadla se liší v závislosti na vnější teplotě a požadované teplotě vody na výstupu z čerpadla. Výrobci uvádějí průměrnou účinnost pomocí ukazatele sCOP. Tento ukazatel značí, kolik tepelné energie čerpadlo průměrně vyrobí z 1 kW elektrické energie. I když se jedná o průměrnou hodnotu, která vyrovnává výkonnostní rozdíly v průběhu roku obvykle je reálná účinnost o něco málo nižší. Pro výpočet jsem použil hodnotu sCOP, kterou výrobce udává pro chladné klima a teplotu výstupní vody 55 °C. V případě tohoto tepelného čerpadla se jedná o hodnotu sCOP 3,33 u obou uvažovaných čerpadel. (46) (48)

Díky instalaci tepelného čerpadla je možné získat od distributora elektrické energie výhodnější tarif. Distributor pro moji oblast je ČEZ Distribuce, a.s. a pro případ vytápění objektu tepelným čerpadlem nabízí tarif D57d. Tento tarif nabízí 20 hodin denně se sníženou sazbou. Běžný tarif pro domácnosti bez elektrického ohřevu teplé vody nebo elektromobilu je 3,50 Kč/kW. Díky tepelnému čerpadlu získáme tarif, který má nižší sazbu 1,80 Kč/kW bez DPH a vyšší 1,90 Kč/kW bez DPH. Získáme tak téměř o polovinu výhodnější tarif i pro ostatní spotřebu, kterou v rámci této práce nebudu vyčíslovat. V komplexním porovnání všech energií spotřebovávaných v domácnosti přinese tento fakt další úsporu při provozu. (59) (60)

Do výše uvedených cen není zahrnuta platba za rezervovaný příkon, který se platí každý měsíc podle hlavního jističe. V případě vytápění tepelným čerpadlem je nutné uvažovat s hodnotou jističe 3x32 A. Pro tuto hodnotu se jedná o platbu ve výši 514,- Kč bez DPH za měsíc. Cena s DPH je pak 653,40,- Kč/ měsíc. Ročně je tak nutné uvažovat s částkou 7 463,- Kč s DPH. (60)

	Qr [MWh/rok]	sCOP	Spotřeba [MWh/rok]	J.C. [Kč]	Cena bez DPH	DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]
Kvalitně zateplená budova	17,8	3,33	5,34	1 823	9 731	2 043	11 774
Kvalitně zateplená budova s inteligentním řízením	16,4	3,33	4,93	1 823	8 983	1 347	10 330
Běžně zateplená budova	20,0	3,33	5,99	1 823	10 925	1 639	12 564
Běžně zateplená budova s inteligentním řízením	17,9	3,33	5,37	1 823	9 790	1 468	11 258
Nezateplená budova	39,2	3,33	11,76	1 823	21 447	3 217	24 664
Nezateplená budova s inteligentním řízením	33,6	3,33	10,08	1 823	18 379	2 757	21 136

Tabulka 22 – Roční náklady na vytápění tepelným čerpadlem bez nákladů na rezervovaný příkon

	Cena s DPH	Rezervovaný příkon [Kč/rok]	Celkem za rok s DPH
Kvalitně zateplená budova	11 774 Kč	7 463 Kč	19 238 Kč
Kvalitně zateplená budova s inteligentním řízením	10 330 Kč	7 463 Kč	17 794 Kč
Běžně zateplená budova	12 564 Kč	7 463 Kč	20 027 Kč
Běžně zateplená budova s inteligentním řízením	11 258 Kč	7 463 Kč	18 721 Kč
Nezateplená budova	24 664 Kč	7 463 Kč	32 127 Kč
Nezateplená budova s inteligentním řízením	21 136 Kč	7 463 Kč	28 599 Kč

Tabulka 23 – celková náklady na vytápění tepelným čerpadlem

Vzhledem k velikosti uvažovaného tepelného čerpadla není nutné provádět pravidelnou kontrolu těsnosti tepelného čerpadla. Budu však uvažovat s pravidelnou servisní prohlídkou která bude provedena každý rok. Náklady na tuto prohlídku budou 1 210,- Kč včetně DPH. (61)

3.7 Náklady životního cyklu

Metoda nákladů životního cyklu zohledňuje v rámci posuzování jednotlivých variant kromě pořizovacích nákladů také další náklady spojené s provozem a ukončením provozu. Zákon č. 137/2016 sb. o zadávání veřejných zakázek v paragrafu č. 117 definuje tento pojem následovně:

„§117 Náklady životního cyklu musí zahrnovat nabídkovou cenu a mohou zahrnovat

a) náklady zadavatele nebo jiných uživatelů v průběhu životního cyklu předmětu veřejné zakázky, kterými mohou být zejména

- 1. ostatní pořizovací náklady,*
- 2. náklady související s užíváním předmětu veřejné zakázky,*
- 3. náklady na údržbu, nebo*
- 4. náklady spojené s koncem životnosti, nebo*

b) náklady způsobené dopady na životní prostředí, které jsou spojeny s předmětem plnění veřejné zakázky kdykoli v průběhu jeho životního cyklu, a to v případě, že lze vyčíslit jejich peněžní hodnotu; mohou jimi být zejména náklady na emise skleníkových plynů nebo jiných znečišťujících látek nebo jiné náklady na zmírnění změny klimatu“.
(62)

V rámci této práce jsem vyhodnocoval jednotlivé varianty v horizontu 30 let. Pro každou variantu jsem započítal náklady na:

- pořízení a montáž včetně potřebného příslušenství
- výchozí revize zařízení
- roční náklady na provoz
- náklady na pravidelnou údržbu, servis a povinné kontroly
- náklady na výměnu zdrojů tepla po skončení jejich životnosti

Životnost zdrojů tepla jsem v rámci posuzování uvažoval 15 let.

Při posuzování jsem také uvažoval s meziročním nárůstem cen o 3 %. Vzhledem k průměrné míře inflace za posledních 16 let, která činí 2,16 % se tak zhruba jedná o méně než jednocentní nárůst cen nad inflaci. (63)

V další části této práce budu pracovat s následujícím značením pro jednotlivé varianty:

- V 01 – kvalitně zateplená budova bez inteligentního řízení
- V 01 int – kvalitně zateplená budova s inteligentním řízením
- V 02 – běžně zateplená budova bez inteligentního řízení
- V 02 int – běžně zateplená budova s inteligentním řízením
- V 03 – nezateplená budova bez inteligentního řízení
- V 03 int – nezateplená budova s inteligentním řízením

3.7.1 Automatický kotel na pelety

Souhrn uvažovaných nákladů pro automatický kotel na pelety.

Kotel na pelety [Kč]	Biopel Premium 10/V9				Biopel Premium 15/V9	
	V 01 int	V 01	V 02 int	V 02	V 03 int	V 03
Pořizovací náklady	185 914	185 914	185 914	185 914	188 697	188 697
Pořizovací náklady na inteligentní řízení	55 200		55 200		55 200	
Náklady na provoz	24 164	26 176	26 334	29 389	49 440	57 693
Roční náklady na údržbu	2 420	2 420	2 420	2 420	2 420	2 420
Revize 1x za 3 roky	1 815	1 815	1 815	1 815	1 815	1 815
Náklady na výměnu zdroje tepla	76 835	76 835	76 835	76 835	79 618	79 618

Tabulka 24 – Přehled nákladů pro kotel na pelety

Celkové náklady životního cyklu.

Kotel na pelety [Kč]	Biopel Premium 10/V9				Biopel Premium 15/V9	
	V 01 int	V 01	V 02 int	V 02	V 03 int	V 03
Náklady životního cyklu	1 694 030	1 737 430	1 800 387	1 894 863	2 939 738	3 288 954

Tabulka 25 – Celkové náklady životního cyklu pro kotel na pelety

3.7.2 Plynový kotel

Souhrn uvažovaných nákladů pro automatický kotel na plyn.

Kotel na Plyn [Kč]	Viessmann Vitodens 200-W 11 Kw					
	V 01 int	V 01	V 02 int	V 02	V 03 int	V 03
Pořizovací náklady	210 270	210 270	210 270	210 270	210 270	210 270
Pořizovací náklady na inteligentní řízení	55 200		55 200		55 200	
Náklady na provoz	21 901	22 627	23 595	25 410	40 656	44 649
Roční náklady na údržbu	1 815	1 815	1 815	1 815	1 815	1 815
Revize 1x za 3 roky	1 815	1 815	1 815	1 815	1 815	1 815
Náklady na výměnu zdroje tepla	61 105	61 105	61 105	61 105	61 105	61 105

Tabulka 26 – Přehled nákladů pro plynový kotel

Celkové náklady životního cyklu.

Kotel na Plyn [Kč]	Viessmann Vitodens 200-W 11 Kw					
	V 01 int	V 01	V 02 int	V 02	V 03 int	V 03
Náklady životního cyklu	1 553 344	1 533 720	1 636 355	1 670 095	2 472 389	2 612 857

Tabulka 27 – Celkové náklady životního cyklu pro kotel na plyn

3.7.3 Tepelné čerpadlo

Souhrn uvažovaných nákladů pro automatický kotel na pelety.

TČ [Kč]	TČ NIBE F2120-8				TČ NIBE F2120-12	
	V 01 int	V 01	V 02 int	V 02	V 03 int	V 03
Pořizovací náklady	248 050	248 050	248 050	248 050	261 965	261 965
Pořizovací náklady na inteligentní řízení	55 200		55 200		55 200	
Náklady na provoz	17 794	19 238	18 721	20 027	28 599	32 127
Roční náklady na údržbu	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210	1 210
Revize 1x za 3 roky						
Náklady na výměnu zdroje tepla	223 850	223 850	223 850	223 850	237 765	237 765

Tabulka 28 – Přehled nákladů pro tepelné čerpadlo

Celkové náklady životního cyklu.

TČ [Kč]	TČ NIBE F2120-8				TČ NIBE F2120-12	
	V 01 int	V 01	V 02 int	V 02	V 03 int	V 03
Náklady životního cyklu	1 583 225	1 598 787	1 628 693	1 637 481	2 266 016	2 148 324

Tabulka 29 – Celkové náklady životního cyklu pro tepelné čerpadlo

3.7.4 Celkový přehled

[Kč]	V 01 int	V 01	V 02 int	V 02	V 03 int	V 03
Kotel na pelety	1 694 030	1 737 430	1 800 387	1 894 863	2 939 738	3 288 954
Plynový kotel	1 553 344	1 533 720	1 636 355	1 670 095	2 472 389	2 612 857
Tepelné čerpadlo	1 583 225	1 598 787	1 628 693	1 637 481	2 266 016	2 148 324

Tabulka 30 – Celkový přehled nákladů životního cyklu

3.8 Vyhodnocení

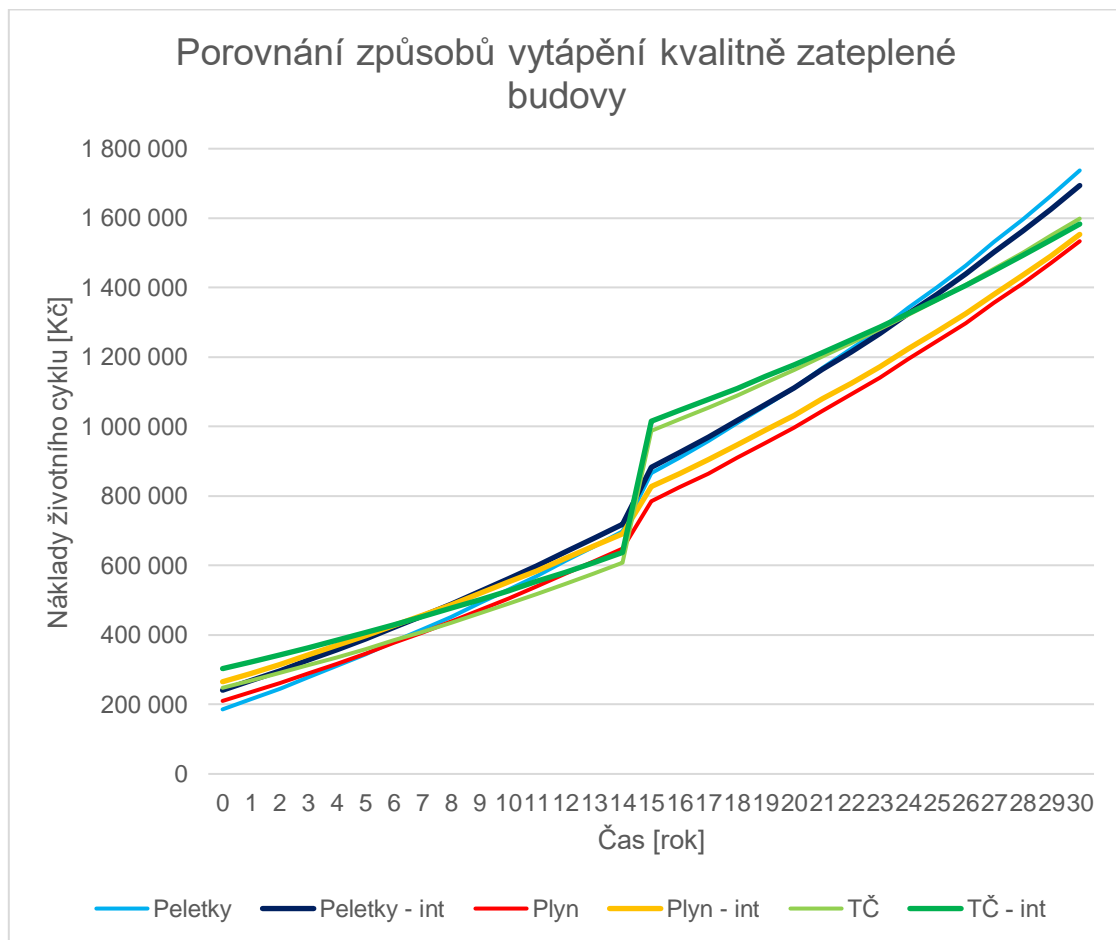
Při vyhodnocování budu mezi sebou porovnávat především jednotlivé způsoby vytápění a výhodnost inteligentního řízení. Dále budu sledovat účinnost inteligentního řízení oproti úrovni zateplení obálky budovy.

3.8.1 Kvalitně zateplená budova

U kvalitně zateplené budovy můžeme pozorovat poměrně malý rozdíl mezi inteligentním domem a domem, ve kterém není vytápění řízeno řídicím systémem. I když je inteligentně řízený systém celkově výhodnější. Až na vytápění pomocí plynové kotle, který má nízké provozní náklady. Díky tomu je dosahováno také malých provozních úspor a nedojde k pokrytí zvýšených nákladů na instalaci řídicího systému.

Obecně se zdá, že rozhodující vliv na celkové náklady mají náklady provozní. Varianta s nejnižšími pořizovacími náklady se díky vysokým provozním nákladům stala v dlouhodobém pohledu nejméně výhodnou. Naopak dvě nejdražší varianty na počátku jsou v celkovém porovnání druhá a třetí nejvýhodnější varianta.

Díky řídicímu systému je v kvalitně zateplené budově dosaženo velmi malých úspor. Dokonce pokud máme možnost instalovat zdroj tepla s nízkými pořizovacími i provozními náklady, tak se řídicí systém nevyplatí instalovat.

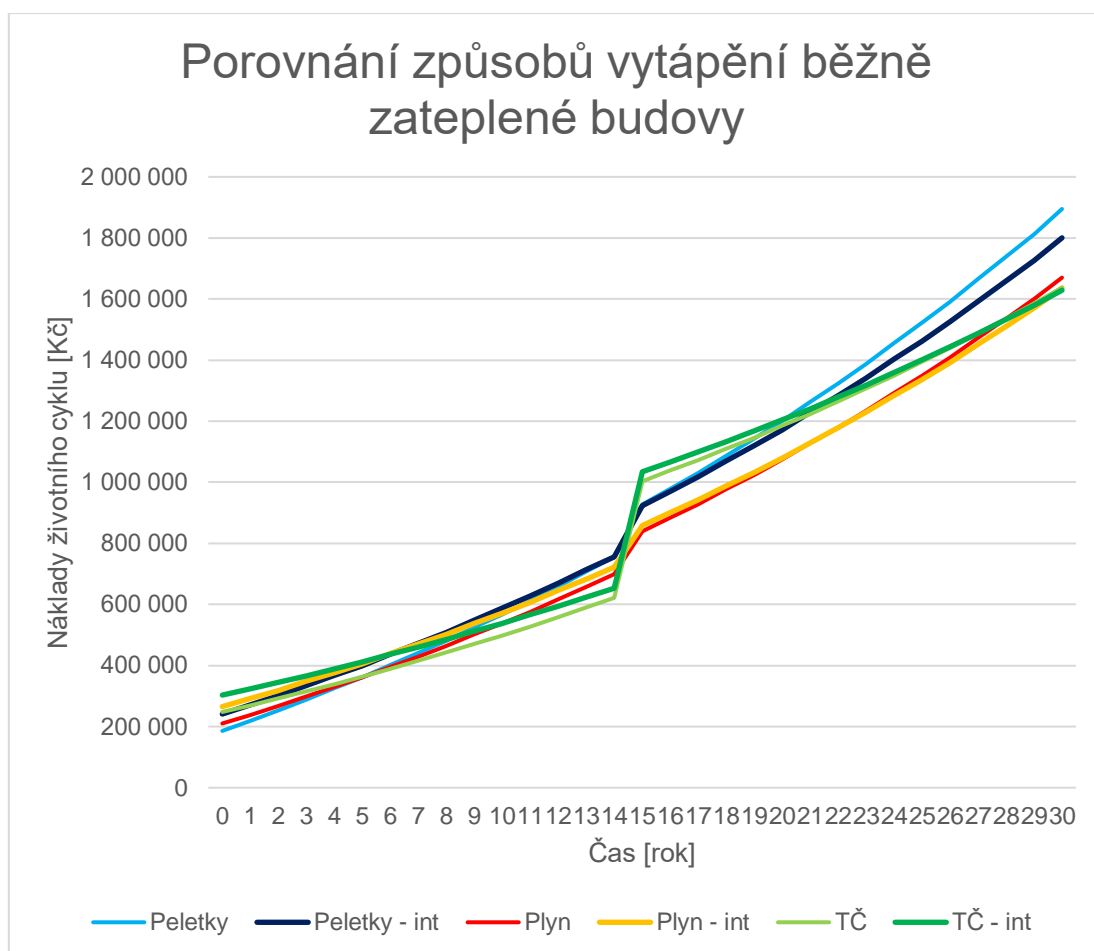


Graf č. 1 – Porovnání způsobů vytápění v kvalitně zateplené budově

Celkově nejvýhodnějším zdrojem tepla je pro tento konkrétní případ kotel na plyn. Následuje s poměrně malým odstupem tepelné čerpadlo. Nejméně výhodné, i přes nejnižší počáteční náklady je použití zdroje tepla na dřevěné pelety.

3.8.2 Běžně zateplená budova

V případě běžně zateplené budovy se již prosazuje systém řízení a ve všech případech je v dlouhodobém horizontu výhodné jeho instalování. Opět jsou zde rozhodující provozní náklady. To dokazuje, že způsob vytápění s nejvyššími pořizovacími náklady je celkově nejvýhodnější.



Graf č. 2 - Porovnání způsobů vytápění v běžně zateplené budově

V tomto případě je velmi malý rozdíl mezi vytápěním pomocí tepelného čerpadla a plynového kotle s inteligentním řízením a tepelného čerpadla bez řídicího systému.

V příloze č. 3 je součástí této práce také položkový rozpočet pro zateplení budovy vytvořený v programu KROS4. Součástí jsou dvě verze pro zateplení fasády tl. 140 mm a 250 mm. Tyto rozpočty vychází z uvažovaných skladeb běžně a kvalitně zateplených budov a liší se pouze v množství tepelné izolace. Rozdíl v nákladech na zateplení mezi těmito typy budov je zhruba 150 000,- Kč (uvažovány náklady včetně DPH).

Pokud přičtu tyto náklady k celkovým nákladům varianty kvalitně zateplené budovy bez řídicího systému a porovnám tyto výsledky s variantou běžně zateplené budovy s řídicím systémem budu moct porovnat, zde je výhodnější provést lepší zateplení obálky budovy nebo instalovat řídicí systém.

Zateplení tl. 140 mm	513 465,93 Kč včetně DPH
Zateplení tl. 250 mm	665 772,11 Kč včetně DPH
Rozdíl	152 306,18 Kč

Tabulka 31 – Náklady na zateplení obálky budovy

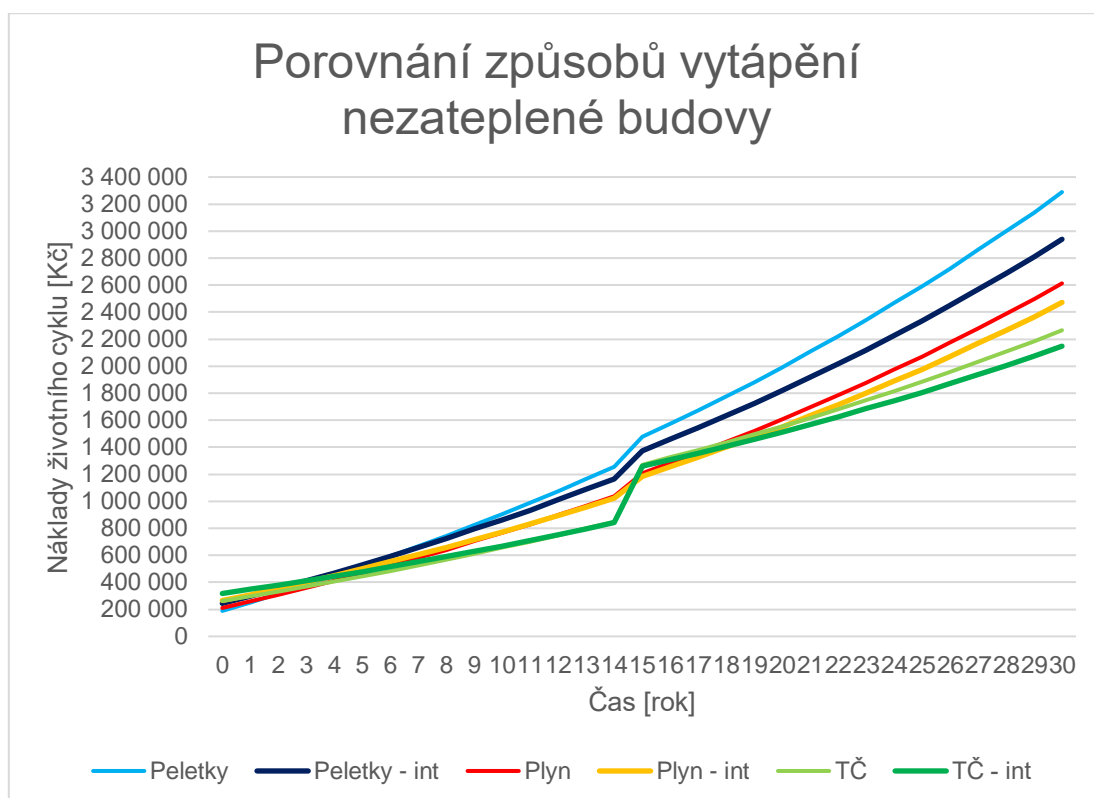
[Kč]	V 01	V 02 int	Rozdíl
Kotel na pelety	1 889 736	1 800 387	89 349
Plynový kotel	1 686 026	1 636 355	49 672
Tepelné čerpadlo	1 751 093	1 628 693	122 400

Tabulka 32 – Porovnání zateplení oproti řídicímu systému

Jak je vidět, u všech typů vytápění, je výhodnější instalovat systém inteligentního řízení než zvětšovat standard zateplení obálky budovy.

3.8.3 Nezateplená budova

U nezateplené budovy platí obecně to stejné, jako pro přechozí varianty. Díky celkově větším nákladům na vytápění, se zde větší mírou projeví úspora díky řídicímu systému. Stejně tak lze vidět větší rozdíly způsobené výší provozních nákladů.



Graf č. 3 – Porovnání způsobů vytápění v nezateplené budově

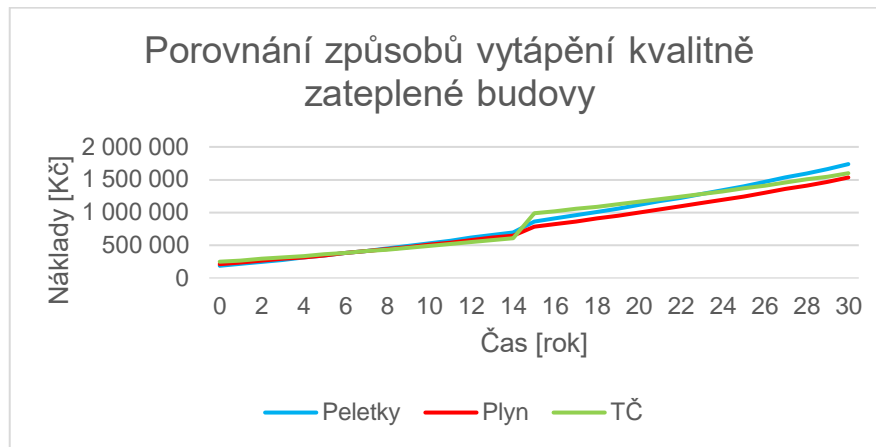
Pokud provedeme obdobné srovnání jako v předchozím případě a porovnáme náklady pro vytápění nezateplené budovy s inteligentním systémem řízení a náklady běžně zateplené budovy bez řídicího systému navýšené o náklady na zateplení, že v tomto případě je u dvou ze tří variant výhodnější provést zateplení obálky budovy. U třetí (nejvýhodnější) varianty je rozdíl v podstatě zanedbatelný a náklady jsou téměř identické. Rozhodnutí by tak patrně bylo na preferencích investora. V případě očekávaného většího nárůstu cen energií by bylo výhodnější provést zateplení i v tomto případě.

[Kč]	V 02	V 03 int	Rozdíl
Kotel na pelety	2 408 329	2 939 738	-531 408
Plynový kotel	2 183 561	2 472 389	-288 829
Tepelné čerpadlo	2 150 947	2 148 324	2 622

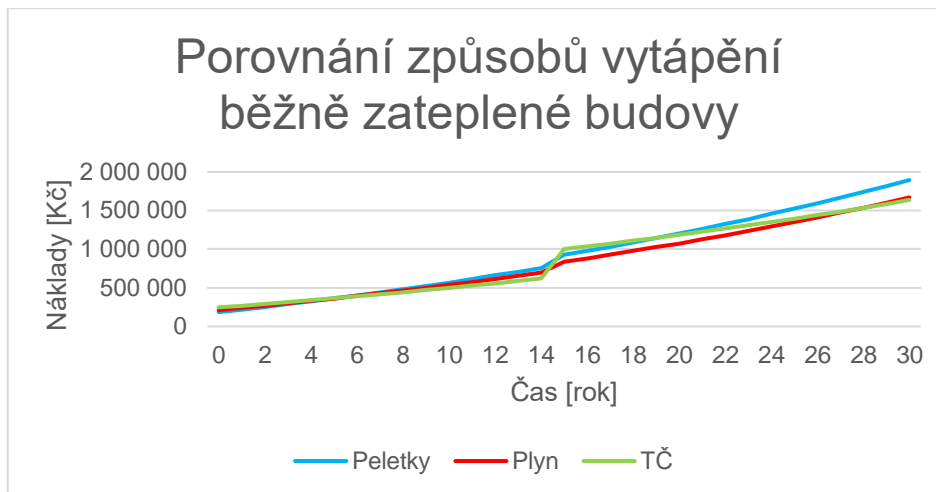
Tabulka 33 - porovnání nákladů na zateplení a inteligentní řízení

3.8.4 Porovnání výhodnosti dle energo-nositele

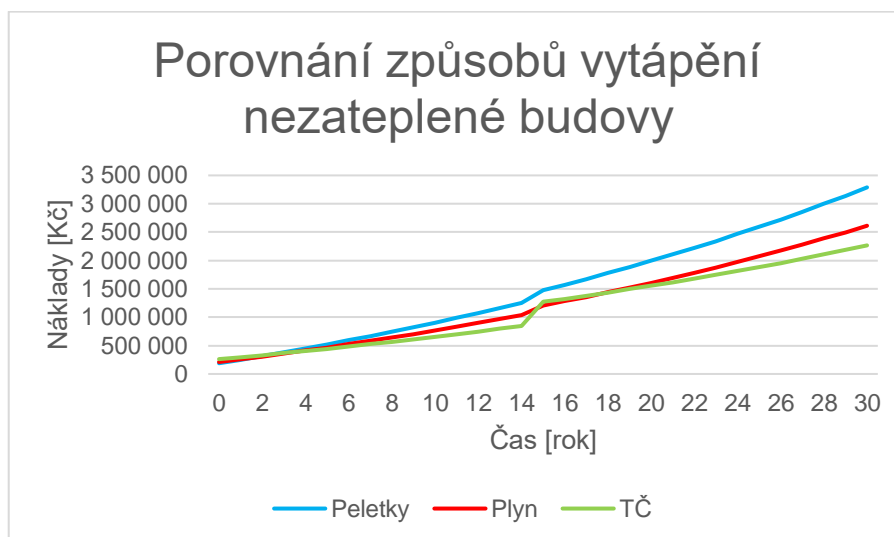
Pro porovnání způsobů vytápění podle energo-nositele použijí data pouze pro budovy bez řídicího systému.



Graf č. 4 – Náklady na vytápění kvalitně zateplené budovy



Graf č. 5 – Náklady na vytápění běžně zateplené budovy



Graf č. 6 – Náklady na vytápění v nezateplené budově

Jak je vidět nejuvhodnější variantou je vytápění tepelným čerpadlem. I přes nejvyšší pořizovací náklady je díky nízkým provozním nákladům nejuvhodnější. Kromě varianty kvalitně zateplené budovy, u které jsou celkové náklady na vytápění nízké a pořizovací cena zdroje tepla tak hraje větší roli. V tomto případě je nejuvhodnější způsob vytápění pomocí plynového kotle. V případě běžně zateplené budovy je rozdíl mezi tepelným čerpadlem a plynovým kotlem velmi malý. Nejméně výhodným způsobem vytápění je ve všech uvažovaných variantách automatický kotel na dřevěné pelety.

3.9 Závěr praktické části

Na základě výše uvedených výpočtů je možné tvrdit, že instalace řídicího systému přinese snížení nákladů. Ale v případě kvalitně zateplených budov na úrovni nízkoenergetických a pasivních budov mohou být náklady na instalaci tohoto systému vyšší než úspory jím dosažené.

U dnes běžně zateplených budov může být instalace řídicího systému výhodnější než zvyšování standardu zateplení obálky budovy.

U budov, které dnes ještě nejsou zateplené bude vyšší úspory dosaženo díky zateplení obálky budovy než instalací řídicího systému.

Ale stejně jako tomu bylo v počátcích systémové elektroinstalace, která byla kvůli obecně nízkým nákladům na energie nevhodná a zvýšeného zájmu se jí dostalo až v důsledku zvýšení cen energií, může v případě dalšího nárůstu cen energií narůst i význam systémové instalace a řízení vytápění v budovách s celkově nízkou spotřebou energií. A i když dnes nemusí být pořízení systémové instalace ekonomicky nejuvhodnější variantou, může být zvýšený komfort, který plyne z možnosti řídit teplotu v každé místnosti a další možnosti, které tento systém přináší, pro investora přípustný.

V případě porovnání jednotlivých zdrojů tepla z hlediska energo-nositele, se jako velmi srovnatelné varianty ukazují tepelné čerpadlo a plynový kotel, pokud se jedná o zateplenou budovu. Tepelné čerpadlo má nižší provozní náklady, ale vyšší pořizovací náklady. U plynového kotle mohou být pořizovací náklady proměnné díky délce přípojky plynu. Celkové pořizovací náklady mohou být nakonec vyšší a vzhledem k vyšším provozním nákladům tak nebude tento způsob tak výhodný. I v takovém případě však nejsou provozní náklady o mnoho vyšší.

Automatický kotel na pelety se ukázal jako nejméně výhodná varianta i přes nejvyšší pořizovací náklady.

4 Závěr

V teoretické části této práce jsem se věnoval konceptu inteligentních budov a jejich historii. Krátce jsem se věnoval tomu, jaký podíl mají domácnosti na spotřebě energií a jaký dopad má výroba energií na emise skleníkových plynů. Popsal jsem technická řešení inteligentních budov a rozdíl klasické a systémové elektroinstalace. V závěru teoretické části jsem se zabýval kvalitou vnitřního prostředí. Zejména tepelnou pohodou a způsobům, které využíváme pro její zajištění.

V praktické části jsem se zabýval posuzováním ekonomické výhodnosti různých způsobů vytápění rodinného domu. Posuzoval jsem vytápění automatickým kotlem na dřevěné pelety, plynovým kotlem a tepelným čerpadlem typu vzduch – voda. Dále jsem vyhodnocoval výhodnost inteligentního systému řízení pro vytápění. Pro hodnocení výhodnosti jednotlivých variant jsem používal metodu nákladů životního cyklu. Jako základnu jsem používal rodinný dům ve třech variantách s různou úrovní zateplení obálky budovy. U každé varianty jsem zjišťoval nejvýhodnější způsob vytápění a přínos řídicího systému.

Cílem práce bylo vyhodnotit nejvýhodnější způsob vytápění pro rodinný dům a zjistit ekonomickou výhodnost inteligentního řízení. Jako nejvýhodnější způsob vytápění se ukázalo vytápění tepelným čerpadlem. Jen o něco méně výhodné je pak vytápění plynovým kotlem.

Instalace inteligentního systému přinesla provozní úspory. Ale jako skutečně výhodná investice se ukázala pouze u běžně zateplených budov s obálkou odpovídající normě ČSN 73 0540-2 pro úroveň U_{rec,20} doporučené hodnoty. U budov s lepším standardem zateplení obálky budovy nemusí dojít k dostatečné úspoře a nedojde tak k pokrytí zvýšených nákladů na instalaci řídicího systému. U nezateplených budov pak dosáhneme větších úspor tím, že provedeme zateplení obálky budovy namísto řízením vytápění.

Pro zpřesnění výsledků a rozšíření této práce by bylo možné použít přesnější výpočet pro stanovení potřeby energie na vytápění. Pro celkové posouzení výhodnosti systémové elektroinstalace by bylo vhodné model rozšířit o další aspekty, které je možné ovládat řídicím systémem a posuzovat daný objekt jako celek.

Ale přesto, že jsem jako základ výpočtu potřeby energie použil zjednodušenou a nepříliš přesnou metodu potvrdilo se, že pomocí řídicího systému je možné dosáhnout úspor. Podpurným motivem pro použití inteligentní elektroinstalace může být, kromě ekonomické výhodnosti, zvýšený komfort a další možnosti tohoto typu elektroinstalace.

5 Tabulky

Tabulka 1 – Skladba obvodové stěny kvalitně zateplené budovy	36
Tabulka 2 – Skladba střechy kvalitně zateplené budovy	36
Tabulka 3 – Skladba podlahy kvalitně zateplené budovy	37
Tabulka 4 - Skladba obvodové stěny běžně zateplené budovy	37
Tabulka 5 - Skladba střechy běžně zateplené budovy	37
Tabulka 6 - Skladba podlahy běžně zateplené budovy	38
Tabulka 7 - Skladba obvodové stěny nezateplené budovy	38
Tabulka 8 - Skladba střechy nezateplené budovy	38
Tabulka 9 - Skladba podlahy nezateplené budovy	39
Tabulka 10 – Potřeba tepla pro návrh výkonu zdroje tepla	39
Tabulka 11 – Pořizovací náklady inteligentního řízení	42
Tabulka 12 – Pořizovací náklady kotel na pelety Biopel Premium 10	42
Tabulka 13 – Pořizovací náklady kotel na pelety Biopel Premium 15	42
Tabulka 14 – Pořizovací náklady plynového kotle Vitodens 200-W 11 kW	43
Tabulka 15 – Pořizovací náklady tepelného čerpadla NIBE F2120-8	43
Tabulka 16 - Pořizovací náklady tepelného čerpadla NIBE F2120-12	43
Tabulka 17 – Potřeba energie na vytápění a OTV	44
Tabulka 18 – Roční náklady na pelety	45
Tabulka 19 – Roční náklady spojené s provozem kotle na pelety	45
Tabulka 20 – Roční náklady na plyn	46
Tabulka 21 – Roční náklady spojené s provozem plynového kotle	47
Tabulka 22 – Roční náklady na vytápění tepelným čerpadlem bez nákladů na rezervovaný příkon	48
Tabulka 23 – celková náklady na vytápění tepelným čerpadlem	48
Tabulka 24 – Přehled nákladů pro kotel na pelety	50
Tabulka 25 – Celkové náklady životního cyklu pro kotel na pelety	50
Tabulka 26 – Přehled nákladů pro plynový kotel	50
Tabulka 27 – Celkové náklady životního cyklu pro kotel na plyn	50
Tabulka 28 – Přehled nákladů pro tepelné čerpadlo	51
Tabulka 29 – Celkové náklady životního cyklu pro tepelné čerpadlo	51
Tabulka 30 – Celkový přehled nákladů životního cyklu	51
Tabulka 31 – Náklady na zateplení obálky budovy	54
Tabulka 32 – Porovnání zateplení oproti řídicímu systému	54
Tabulka 33 - porovnání nákladů na zateplení a inteligentní řízení	55

6 Obrázky

Obrázek 1 - Disneyland's Monsanto House of the Future (1)	11
Obrázek 2 – Spotřeba základních kategorií paliv v ČR (15)	15
Obrázek 3 – Vývoj emisí skleníkových plynů podle zdrojů (16)	15
Obrázek 4 – Spotřeba energií v domácnostech podle účelu užití (14)	16
Obrázek 5 -Trvale udržitelný X tradiční stavební proces (17)	16
Obrázek 6 – Energetické standardy budov (19)	18
Obrázek 7 – Klasická elektroinstalace (18)	20
Obrázek 8 – Schéma klasické elektroinstalace (22)	21
Obrázek 9 – Schéma systémové elektroinstalace (22)	21
Obrázek 10 – Centralizovaný systém (24)	22
Obrázek 11 – Decentralizovaný systém (24)	22
Obrázek 12 – Hybridní systém (24)	23
Obrázek 13 – Lineární topologie (26)	23
Obrázek 14 - Kruhová topologie (26)	23
Obrázek 15 – Hvězdicová topologie (24)	24
Obrázek 16 – Stromová topologie (26)	24
Obrázek 17 – Volná topologie (22)	25
Obrázek 18 – Složky vnitřního prostředí (31)	30
Obrázek 19 – Schéma systému vytápění (33)	32
Obrázek 20 – Ilustrační obrázek referenčního objektu (36)	35
Obrázek 21 – Schéma 1 NP (36)	35
Obrázek 22 – Schéma 2 NP (36)	35
Obrázek 23 – Automatický kotel na pelety OPOP Biopel (38)	40
Obrázek 24 – Plynový kotel Vitodens 200-W (39)	41
Obrázek 25 – Tepelné čerpadlo NIBE F2120-8 (41)	41
Obrázek 26 – výpočet potřeby paliva (49)	44
Obrázek 27 – výpočet potřeby paliva (49)	46

7 Grafy

Graf č. 1 – Porovnání způsobů vytápění v kvalitně zateplené budově	52
Graf č. 2 - Porovnání způsobů vytápění v běžně zateplené budově	53
Graf č. 3 – Porovnání způsobů vytápění v nezateplené budově	54
Graf č. 4 – Náklady na vytápění kvalitně zateplené budovy	56
Graf č. 5 – Náklady na vytápění běžně zateplené budovy	56
Graf č. 6 – Náklady na vytápění v nezateplené budově	56

9 Citovaná literatura

1. The Future Was Fantastic in '57: A Look at Disneyland's Monsanto House of the Future. *Imagineering Disney Blog*. [Online] 2010. [Citace: 15. 03 2021.] <http://www.imagineeringdisney.com/blog/2010/5/23/the-future-was-fantastic-in-57.html>.
2. Spicer, Dag. THE ECHO IV HOME COMPUTER: 50 YEARS LATER. *Computer history museum*. [Online] 2016. [Citace: 15. 03 2021.] <https://computerhistory.org/blog/the-echo-iv-home-computer-50-years-later/>.
3. Hendricks, Drew. The History of Smart Homes. *IoT Evolution*. [Online] 2014. [Citace: 15. 03 2021.] <https://www.iotevolutionworld.com/m2m/articles/376816-history-smart-homes.htm>.
4. Zeidler, Tomáš. *Posouzení přínosů technologií inteligentní domácnosti*. Praha : Diplomová práce ČVUT, 2015. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Šafránek, CSc.
5. Průcha, Jan. Chytré bydlení: Inteligentní dům. [Online] 2012. [Citace: 15. 03 2021.] <http://www.insighthome.eu/Chytre-bydleni/>.
6. About Living Tomorrow. *Living Tomorrow*. [Online] [Citace: 15. 03 2021.] <https://livingtomorrow2030.be/about-us>.
7. TZB-info.cz. [Online] 2009. [Citace: 22. 03 2021.] <https://www.tzb-info.cz/5410-novy-studijni-program-inteligentni-budovy-na-cvut-v-praze>.
8. O nás. *UCEEB*. [Online] 2014. [Citace: 22. 03 2021.] <https://www.uceeb.cz/o-nas>.
9. Vajnerová, Ivana. Intelligence. Co to vlastně je? *vesmir.cz*. [Online] 2015. [Citace: 22. 03 2021.] <https://vesmir.cz/cz/on-line-clanky/2015/06/intelligence-co-vlastne-je.html>.
10. Co je umělá inteligence a jak ji využíváme? *Zpravodajství Evropský parlament*. [Online] 2020. [Citace: 22. 03 2021.] <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20200827STO85804/umela-inteligence-definice-a-vyuziti>.
11. Garlík, Bohumír. *Inteligentní budovy*. Praha : BEN - technická literatura, 2012. ISBN 978-80-7300-440-8.
12. Valeš, Miroslav. *Inteligentní dům*. Brno : ERA group spol. s r.o., 2006. ISBM: 80-7366-062-8.
13. Harari, Yuval Noah. *21 lekcí pro 21. století*. Voznice : Leda, s.r.o., 2019. ISBN: 978-80-7335-612-5.
14. Janata, Michal. Inteligentní budova – stavební chameleon? *ASB-portal.cz*. [Online] 2007. [Citace: 15. 03 2021.] <https://www.asb-portal.cz/aktualne/nazory-a-rozhovory/inteligentni-budova-stavebni-chameleon>.
15. Odbor statistiky průmyslu, stavebnictví a energetiky. *SPOTŘEBA PALIV A ENERGIÍ V DOMÁCNOSTECH*. Praha : © Český statistický úřad, 2017. Kód publikace: 150189-16.

16. Informační systém statistiky a reportingu v životním prostředí. [Online] CENIA, 2020. [Citace: 11. 04 2021.] <https://issar.cenia.cz/cr/klimaticky-system/emise-sklenikovych-plynu/>.
17. Zákon č. 17/1992 Sb. Zákon o životním prostředí. *zakonyprolidi.cz*. [Online] 2017. [Citace: 01. 05 2021.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17/zneni-20170701>.
18. Hájek, Petr. Výukový podklad pro přenášku PS01 - Pozemní stavby 1. *Udržitelná výstavba budov*. Praha : Fsv ČVUT, 2014.
19. Garlík, Bohumír. ELEKTROTECHNIKA A INTELIGENTNÍ BUDOVOY. [Online] 2014. [Citace: 15. 03 2021.] <http://tzb2.fsv.cvut.cz/vyucujici/16/oppa/skripta-etb-garlik.pdf>.
20. CO JE PASIVNÍ DŮM? *Centrum pasivního domu*. [Online] 2020. [Citace: 11. 04 2021.] <https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>.
21. Miroslav Haluza, Jan Macháček. Klasická versus inteligentní elektroinstalace. *TZB-info*. [Online] 2011. [Citace: 13. 04 2021.] <https://elektro.tzb-info.cz/domovni-elektroinstalace/7842-klasicka-versus-inteligentni-elektroinstalace>.
22. Kunc, Josef. ABB: Krátký pohled do historie systémových instalací. *Elektrika.cz*. [Online] 2008. [Citace: 17. 04 2021.] <https://elektrika.cz/data/clanky/abb-systemove-elektricke-instalace-knx-eib-2013-2-cast/view>.
23. Prospekt ABB i-bus® KNX - Systém inteligentní elektroinstalace a řízení provozu budov. [Online] [Citace: 17. 04 2021.] <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK105152A9695&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>.
24. Bothe, Robert. Inteligentní elektroinstalace budov - systém Nikobus, Uživatelský manuál v.1.0 . *Příručka pro uživatele, montáž a projektování systému Nikobus* . [Online] 2004. [Citace: 17. 04 2021.] <https://docplayer.cz/4114490-Inteligentni-elektroinstalace-budov-system-nikobus-uzivatelsky-manual-v-1-0.html>.
25. HORENSKÝ, MARTIN. *SYSTÉMOVÁ ELEKTROINSTALACE A JEJÍ VÝKONOVÁ BILANCE*. Brno : Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ, 2012. Vedoucí práce JAN MACHÁČEK.
26. MERZ, Hermann, HANSEMANN, Thomas a HUBNER, Christof. *Automatizované systémy budov : Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. [překl.] Václav Hruboš. Praha : Grada Publishing a.s., 2009. ISBN 8024723670.
27. Konečný, David. *Návrh a porovnání klasické a inteligentní elektroinstalace*. Praha : Bakalářská práce. ČVUT. FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ., 2015. Vedoucí práce VÍT KLEIN.
28. Types of smart building sensor and how they work. *pressac.com*. [Online] 2020. [Citace: 24. 04 2021.] <https://www.pressac.com/insights/types-of-smart-building-sensor-and-how-they-work/#contactsensors>.

29. Toman, Karel. Decentralizované sběrníkové systémy. *TZB-info*. [Online] 2007. [Citace: 17. 04 2021.] <https://elektro.tzb-info.cz/4213-decentralizovane-sbernicove-systemy>.
30. Kunc, Josef. ABB EPJ: O systému EIB (1.). *Elektrika.cz*. [Online] 2005. [Citace: 17. 04 2021.] <https://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-09-28.0616279544/view?searchterm=eib>.
31. Inteligentní řízení vnitřního klima. *Loxone.com*. [Online] Loxone. [Citace: 18. 04 2021.] <https://www.loxone.com/cscz/produkty/topeni-klimatizace/>.
32. Kabele, Karel a kol. 125TVNP Teorie vnitřního prostředí budov. *Katedra technických zařízení budov, Fakulta stavební*. [Online] 2014. [Citace: 25. 04 2021.] <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125VPVA>.
33. Rubin, Aleš a Rubinová, Olga. Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. *TZB-ino.cz*. [Online] 2005. [Citace: 25. 04 2021.] <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>.
34. Kabrhel, Michal. Podklad k výuce 125VPVA - Vnitřní prostředí a vytápění budov. [Online] 2020. [Citace: 25. 04 2021.] <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125VPVA>.
35. LAIN, Miloš. Nízkoenergetické chlazení budov. *TZB-info.cz*. [Online] 2003. [Citace: 25. 04 2021.] <https://www.tzb-info.cz/1702-nizkoenergeticke-chlazen-i-budov>.
36. CO JE TO REKUPERACE? *atrea.cz*. [Online] [Citace: 01. 05 2021.] <https://www.atrea.cz/cz/co-je-to-rekuperace>.
37. GS PASIV 23. *GSERVIS projekty a domy*. [Online] 2021. [Citace: 26. 04 2021.] https://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/gspasiv23/?sort=&is_bungalow=&is_passiv=False&in_stock=False&price_min=1900000&price_max=5700000&living_room_count_min=4&living_room_count_max=5&utility_area_min=70&utility_area_max=180&built_up_area_min=60&b.
38. ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. Třídící znak 73 0540.
39. Kotel na pelety BIOPEL. *opop.cz*. [Online] [Citace: 30. 04 2021.] <https://www.opop.cz/kotel-biopel>.
40. Vitodens 200-W. *viessmann.cz*. [Online] [Citace: 30. 04 2021.] <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle/vitodens-200w.html>.
41. Viessmann Vitodens 200-W 11 kW. *koupelny-bernold.cz*. [Online] [Citace: 30. 04 2021.] <https://www.koupelny-bernold.cz/viessmann-vitodens-200-w-11-kw-z018105-kotel-kondenzacni-bez-ohrevu-zdarma-doprava/>.
42. TEPELNÉ ČERPADLO NIBE F2120. *nibe.cz*. [Online] [Citace: 30. 04 2021.] <https://www.nibe.cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/tepelne-cerpadlo-nibe-f2120#vice-informaci>.

43. Opop Biopel Premium Kompakt Set 10, 150/V9 . *centrumvytapani.cz*. [Online] [Citace: 01. 05 2021.] <https://www.centrumvytapani.cz/opop-biopel-premium-kompakt-set-10--150-v9-automaticky-kotel-na-pelety-kotlikova-dotace/>.
44. Revize kotlů na tuhá paliva. *revizekotluhned.cz*. [Online] [Citace: 01. 05 2021.] <https://revizekotluhned.cz/dulezite-informace-k-revizi-kotlu/>.
45. Opop Biopel Premium Kompakt Set 15, 150/V9. *centrumvytapani.cz*. [Online] [Citace: 30. 04 2021.] <https://www.centrumvytapani.cz/opop-biopel-premium-kompakt-set-15--150-v9-automaticky-kotel-na-pelety-kotlikova-dotace/>.
46. Tepelné čerpadlo NIBE F2120-8. *nibe-shop.cz*. [Online] [Citace: 01. 05 2021.] <https://www.nibe-shop.cz/Tepelne-cerpadlo-NIBE-F2120-8-1x230V-d187.htm?tab=description#anch1>.
47. Příslušenství tepelných čerpadel. *nibe-shop.cz*. [Online] [Citace: 01. 05 2021.] https://www.nibe-shop.cz/Prislusenstvi-tepelnych-cerpadel-c5_0_1.htm.
48. Tepelné čerpadlo NIBE F2120-12. *nibe-shop.cz*. [Online] [Citace: 01. 05 2021.] <https://www.nibe-shop.cz/Tepelne-cerpadlo-NIBE-F2120-12-d131.htm?tab=description#anch1>.
49. Galád, Vladimír. Patří denostupňová metoda do archivu? *tzb-info.cz*. [Online] 2016. [Citace: 08. 05 2021.] <https://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/14332-patri-denostupnova-metoda-do-archivu>.
50. Výukový podklad pro výuku 125TBU - Technická zařízení budov E. *Katedra technických zařízení budov, ČVUT v Praze*. [Online] [Citace: 01. 05 2021.] <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125TBU&u=4>.
51. Novák, Jan. Výhřevnosti paliv. *tzb-info.cz*. [Online] [Citace: 01. 05 2021.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>.
52. Přehled cen pelet. *tzb-info.cz*. [Online] 05 2020. [Citace: 01. 05 2021.] <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/43-prehled-cen-pelet>.
53. Dřevěné pelety MultiBio. *multibio.cz*. [Online] [Citace: 01. 05 2021.] <https://multibio.cz/drevene-pelety>.
54. Dřevěné pelety IVORY PELLETS Premium. *cdp.cz*. [Online] CDP IVORY. [Citace: 01. 05 2021.] <https://www.cdp.cz/drevene-pelety-ivory-pellets-premium-p156/#gallery>.
55. Lyčka, Zdeněk. Výměny kotlů a čištění, kontroly a revize komínů. *tzb-info.cz*. [Online] 2019. [Citace: 04. 05 2021.] <https://vytapani.tzb-info.cz/vymeny-kotlu/18869-vymeny-kotlu-a-cisteni-kontroly-a-revize-kominu>.
56. Revize komínů: Kdy je potřebná a kolik vás bude stát? *srovnejto.cz*. [Online] [Citace: 04. 05 2021.] <https://www.srovnejto.cz/blog/revize-kominu-kdy-je-potrebna-a-kolik-vas-bude-stat/>.
57. Dodávka zemního plynu - porovnání nabídek. *kalkulator cen energií*. [Online] *tzb-info.cz*, 05 2021. [Citace: 01. 05 2021.] <https://kalkulator.tzb-info.cz/cz/dodavka-zemniho-plynu-porovnani-nabidek#sekce-zemni-plyn>.

58. Zemková, Barbora. Revize plynového kotle: Vše, co potřebujete vědět. *plyn.cz*. [Online] 2019. [Citace: 04. 05 2021.] <https://www.plyn.cz/revize-plynoveho-kotle>.
59. PŘEHLED DISTRIBUČNÍCH SAZEB ELEKTŘINY. *cez.cz*. [Online] Skupin ČEZ. [Citace: 01. 05 2021.] <https://www.cez.cz/cs/podpora/vsechny-clanky/prehled-distribucnich-sazeb-elektriny-93426>.
60. Aktuální ceník ČEZ Distribuce, a.s. *cez.cz*. [Online] 2020. [Citace: 01. 05 2021.] <https://www.cez.cz/cs/podpora/ceniky.html?commodity=ele>.
61. Straka, Tomáš, Hodbod', Josef a Redakce. Tepelná čerpadla a kontroly těsnosti od 1. ledna 2017. *tzb-info.cz*. [Online] 2016. [Citace: 09. 05 2021.] <https://vytapeni.tzb-info.cz/14986-tepelna-cerpadla-a-kontroly-tesnosti-od-1-ledna-2017>.
62. Zákon č. 134/2016 Sb. Zákon o zadávání veřejných zakázek. *Zákony pro lidi*. [Online] 2016. [Citace: 09. 05 2021.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-134#cast4>.
63. Inflace - druhy, definice, tabulky. *Český statistický úřad*. [Online] 2021. [Citace: 09. 05 2021.] https://www.czso.cz/csu/czso/mira_inflace.

10 Přílohy

- 1) Výpočet tepelné ztráty objektu
- 2) Výpočet potřeby tepla
- 3) Položkový rozpočet
 - Plynovodní přípojka
 - Komín
 - Zateplení budovy tl. 140 mm
 - Zateplení budovy tl. 250 mm
- 4) Výpočet nákladů životního cyklu