



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

CHYTRÝ DŮM V ROCE 2020

SMART HOUSE IN 2020

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radek Tvrdý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Mauder, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Radek Tvrdý**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Tomáš Mauder, Ph.D.**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Chytrý dům v roce 2020

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Kvůli ochraně klimatu a zabránění nevratným ekologickým změnám, je v dnešní době k vidění zvyšující se snaha o nahrazení klasických zdrojů energií obnovitelnými zdroji. Jejich větší zastoupení však přináší značné ekonomické náklady, které se projevují ve stále rostoucích cenách pro finálního zákazníka. Je tedy pochopitelná snaha, o chytré hospodaření s těmito energiemi při stálém zachování požadovaného uživatelského komfortu. Jedna z možných cest se zdá být díky pokroku v IT výstavba či modernizace stávajících staveb na tzv. Chytré domy/Smart house. Tato práce se zaměřuje na problematiku chytrých domů, na její současný stav, i na další možný vývoj v tomto odvětví.

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je popsání tzv. chytrých technologií pro rodinné bytové jednotky a jejich porovnání s konvenčním řešením. Práce se pak bude podrobněji věnovat systémům vytápění a použitím obnovitelných zdrojů energie. Závěrem práce vznikne návrh vlastní realizace chytrého domu.

Seznam doporučené literatury:

VALEŠ, Miroslav. Inteligentní dům. 2. vyd. Brno: ERA, 2008. 21. století. ISBN 978-80-7366-137-3.

HOWE, Andrew. The Smarthome Book: Simple ideas to assist with your smarthome renovation. Independently published, 2018. ISBN: 1728785154.

YOUNG, Cathy. Smart Home: Digital Assistants, Home Automation, and the Internet of Things: 2019 (Our Internet of Things). Independently published, 2019. ISBN: 1081900741

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá technologií chytrých domů. Práce je rozdělena na rešeršní a návrhovou část. V rešeršní části jsou představeny technologie chytrých domů, jejich rozdělení, funkce a možnosti řešení dané problematiky. Důraz je kladen na energetickou koncepci domu, především využití obnovitelných zdrojů energie a systémy pro úpravu vnitřního prostředí. V druhé části vznikne návrh chytré domácnosti na základě předchozí rešerše.

Klíčová slova

Chytrý dům, nízkoenergetický dům, vytápění, domácí automatizace, obnovitelné zdroje, energetická koncepce

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with smart home technology. The work is divided into research and design parts. The research part presents technologies of smart houses, their divisions, functions and possibilities of solving these problematics. The emphasis is placed on the energy concept of the house, especially the use of renewable energy sources and systems for treatment of the indoor environment. In the second part, based on previous research, a smart home design is created.

Key words

Smart home, low-energy house, heating, home automation, renewable sources, energy concept

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TVRDÝ, Radek. *Chytrý dům v roce 2020*. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/137234>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Tomáš Mauder.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Chytrý dům v roce 2020 vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Jméno a příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Tomáši Mauderovi, Ph.D. za vstřícný přístup, cenné připomínky, rady a pomoc, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce.

OBSAH

ÚVOD	11
1 Chytrý dům	12
1.1 Funkce chytré domácnosti	13
1.2 Řídicí systém.....	15
1.3 Ovládání chytré domácnosti.....	16
1.4 Chytré osvětlení a zastínění oken.....	18
1.5 Chytré domácí spotřebiče.....	19
2 Energetická koncepce stavby	21
2.1 Energetická bilance a kategorie budov	22
2.2 Využití obnovitelných zdrojů energie.....	24
2.2.1 Solární příprava teplé vody	24
2.2.2 Fotovoltaická elektrárna.....	26
2.2.3 Větrná mikroelektrárna	30
2.2.4 Alternativní zdroj energie – mikrokogenerační jednotka	30
2.3 Systémy vytápění	31
2.3.1 Vytápění plynem	32
2.3.2 Vytápění tuhými palivy.....	32
2.3.3 Elektrické vytápění	33
2.3.4 Tepelná čerpadla	37
2.4 Ventilace a klimatizace	40
3 Návrh chytrého domu.....	43
3.1 Návrh chytré instalace.....	43
3.2 Návrh zdroje tepla	45
4 Závěr	51

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	53
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	61
SEZNAM OBRÁZKŮ	62
SEZNAM TABULEK	63
SEZNAM PŘÍLOH	64

ÚVOD

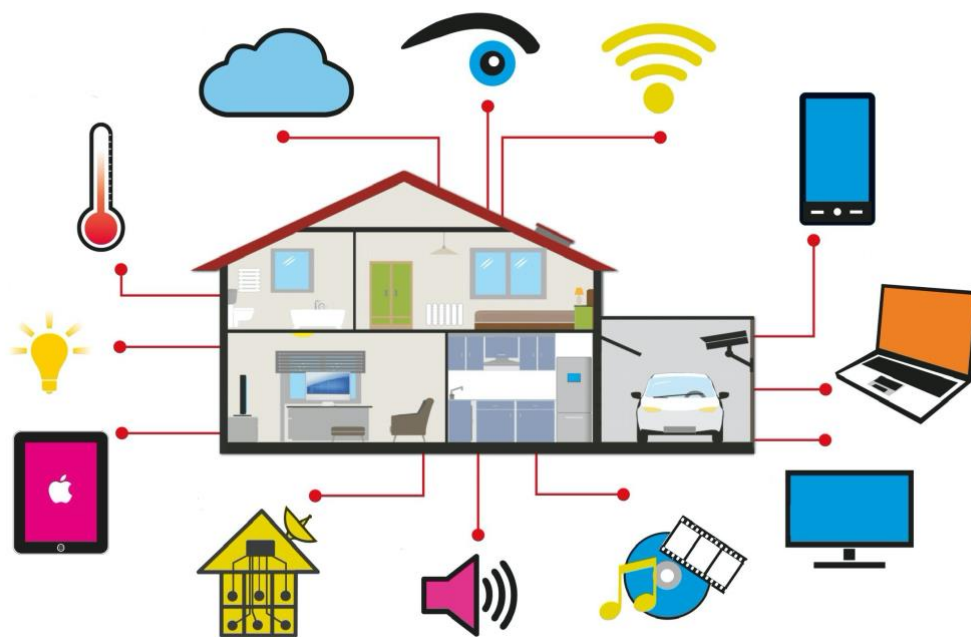
Jedním z hlavních společenských témat nejen v České republice, ale i ve světě je budoucí směřování energetiky, její z části nucený odchod od fosilních paliv a snaha o decentralizaci za využití lokálních obnovitelných zdrojů. V době, kdy především ve výrobním průmyslu zažíváme masivní přechod k automatizaci, klademe důraz na udržitelnost a životní prostředí, se nabízí vývoj a podpora výstavby chytrých, energeticky soběstačných domů jako dílčí řešení této globální otázky. Současné podmínky pro výstavbu chytrých nízkoenergetických domů jsou smíšené. Na jedné straně je možné získat výraznou státní finanční podporu na úsporné bydlení v rámci programu Nová zelená úsporám, na straně druhé jsme v situaci, kdy ceny nemovitostí rostou raketovým tempem a v budoucnu bude nejspíš především pro mladé lidi velice obtížné pořídit si vlastní bydlení, natož investovat do „nadstandardních“ technologií.

Jedná se o velice komplexní téma zahrnující problematiku nejen energetiky, ale také již zmíněné automatizace a ekologie, nebo stavebnictví. Toto téma jsem si vybral za účelem získání nových vědomostí v těchto odvětvích, které mi mohou posloužit jak v profesní kariéře, tak také do budoucna při řešení vlastního bydlení.

Cílem této práce je přiblížit možnosti při stavbě, či renovaci rodinných domů, popsat jeho funkce a jednotlivé komponenty od chytrých spotřebičů až po systémy úpravy vnitřního prostředí a na základě těchto informací zpracovat konkrétní návrh chytrého domu. Při návrhu chytrého domu záleží na mnoha aspektech, jako například komfort uživatele, bezpečnost nebo ekonomika. Zároveň je nutné brát zřetel také na aktuální legislativní situaci v České republice.

1 Chytrý dům

Termín chytrý dům označuje použití technických systémů, automatizovaných procesů a propojených, dálkově ovládaných zařízení v bytech a domech. Hlavními cíli realizací chytrých instalací je zlepšení kvality života a pohodlí v domácnosti, vyšší bezpečnost a efektivní využití energie. Úspora energií je důležitým aspektem technologie chytré domácnosti. Ta umožňuje uživatelům šetřit energii automatickým ovládním a regulací osvětlení, systémů úpravy vnitřního prostředí, audiovizuální techniky, stínění nebo zavlažování (Obr. 1.1). Majitelé chytrých domů mají nepřetržitý přístup ke všem systémům domácnosti z jakéhokoliv koutu světa pomocí internetu. [1, 2].



Obr. 1.1 Schéma chytrého domu [3]

I přes značný rozmach v posledních letech není chytrá domácnost výtvorem poslední doby. Koncept chytré domácnosti započal již v roce 1898, kdy Nikola Tesla představil vynález dálkových ovladačů. Počátek 20. století byl svědkem průmyslové revoluce, která připravila cestu prvním domácím spotřebičům. V roce 1901 byl představen první vysavač, záhy následovaly pračky, sušičky prádla, ledničky nebo elektrické myčky nádobí. Nejednalo se o

tzv. „chytrá“ zařízení, ale jejich uvedení na trh bylo pro společnost zlomové. První opravdový inteligentní automatizační systém byl uveden na trh v roce 1966 pod názvem Echo IV. Toto zařízení umožnilo spotřebitelům pomocí počítače vytvářet nákupní seznamy, ovládat teplotu domova a zapínat/vypínat spotřebiče. Toto zařízení ovšem nikdy nezaznamenalo komerční úspěch kvůli své vysoké ceně. Klíčovým vynálezem pro další vývoj technologie chytré domácnosti bylo v roce 1971 představení mikroprocesoru. To vedlo k výraznému snížení cen elektronických zařízení, čímž se technologie staly dostupnějšími. V roce 1991 byl představen koncept s názvem „gerontechnologie“, který spojoval gerontologii (souhrn poznatků o stárnutí a stáří) a technologii usnadňující život seniorů. Výrazný nárůst popularity chytrých domácností nastal počátkem 21. století. Postupně se začaly objevovat technologie, které se integrovaly do domácností. Chytré domy se začaly stávat cenově dostupnou možností, a tudíž smysluplnou technologií pro řadu uživatelů. Automatizace chytré domácnosti je na současném trhu všudypřítomná ve formě automatických termostatů, televizí, osvětlení, zabezpečovacích systémů nebo chytrých telefonů. [2]

1.1 Funkce chytré domácnosti

Chytrá domácnost má oproti konvenčnímu řešení několik výhod a funkcí, které lze zjednodušeně rozdělit do těchto kategorií [4]:

- Komfort
- Úspora energie
- Bezpečnost

Komfort

Komfortní funkce je v kontextu chytrých domácností schopnost chytrého systému vnímat různé podněty a reagovat na ně. Reakcí může být automatické ovládní prvku domácnosti nebo poskytnutí informací o aktuálním stavu jednotlivých komponent. Jako příklad lze uvést automatické osvětlení vstupní haly při odemčení vchodových dveří nebo upozornění uživatele na dokončení úkonu spotřebiče, například konec pracího programu pračky. Chytrý dům lze vybavit řadou chytrých zařízení, která jsou navržena tak, aby monitorovala aspekty každodenního života. Příklady těchto zařízení zahrnují chytrou poštovní schránku, která je

schopna detekovat příjem pošty a upozornit uživatele, inteligentní vchodové dveře s elektronickým zámekem schopny rozpoznat otisk prstu, popřípadě vybavené NFC štítkem pro odemčení pomocí virtuálního klíče uloženého v chytrém telefonu nebo hodinkách. Chytré prvky v koupelně jsou pro změnu schopny detekovat nedostatek toaletního papíru, spláchnutí toalety a také regulovat nastavenou teplotu vody ve sprše. Spolu s celou řadou dalších zařízení se domácnost dokáže sama regulovat, což přináší jak komfort, tak také úsporu energie [5].

Úspora energie

Chytrá domácnost je navržena za účelem co největší úspory energie. Významný podíl na úspoře má automatické ovládání vytápění, klimatizace a stínění a jejich vzájemné fungování. Klasickou ukázkou synergie je zatažení závěsů v letních dnech, aby se místnosti nepřehřívaly a zapnutí klimatizace až ve chvíli, kdy teplota vyšplhá na stanovenou mez. V zimě naopak zůstávají žaluzie otevřeny, k ohřevu prostředí se využívá sluneční svit a při otevření oken se automaticky zavírají regulační ventily otopného systému a tím se zamezuje zbytečným tepelným ztrátám [6]. Úspory energie lze také dosáhnout zavedením časového nebo časově omezeného spínání spotřebičů a regulací osvětlení v závislosti na okolních světelných podmínkách [4]. Výrazné úspory je možno docílit vhodnou energetickou koncepcí budovy a využitím obnovitelných zdrojů energie. O této problematice bude pojednáno v dalších kapitolách.

Bezpečnost

Bezpečnost je jednou ze základních priorit při vybavování domácnosti. Technologie chytré domácnosti nabízí řadu funkcí, díky kterým předchází nehodám a snižuje obavy o bezpečnost obyvatele. Bezpečnostní systém sleduje obyvatele domácnosti, učí se jejich denní rutiny a na základě toho analyzuje a upozorňuje na potenciální rizika [5]. Díky tomuto systému je zajištěna ochrana proti přírodním živlům (senzor zatopení, detektor kouře), ochrana při špatném počasí (automatické zatažení venkovních žaluzií při silném větru či bouřce), ochrana proti nečekaným událostem (např. poruchy v elektrické síti) a samozřejmě ochrana majetku díky alarmu a bezpečnostním kamerám se vzdáleným přístupem [4].

1.2 Řídicí systém

Inteligentní řídicí systém umožňuje prostřednictvím jedné soustavy ovládat celou řadu technických zařízení, které jsou připojeny k elektrické síti. Nabízí majiteli dokonalý přehled o probíhajících stavech v domě nebo eventuálních poruchách na všech zařízeních připojených do systému [7].

Řídicí systémy lze rozdělit na:

- centralizované
- decentralizované
- hybridní

Centralizované řídicí systémy

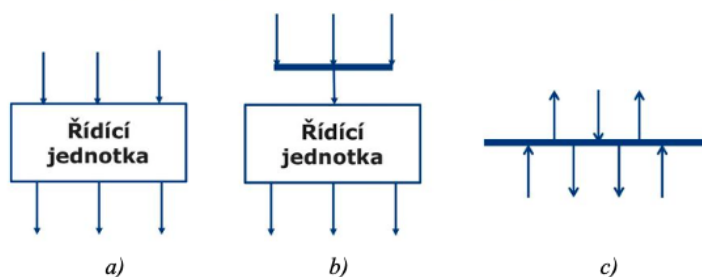
Charakteristikou centralizovaných řídicích systémů je použití centrální řídicí jednotky, přes kterou probíhá veškerá komunikace (Obr. 1.2 a). Přenos informací je založen na komunikaci typu master-slave. Jedná se o přímou komunikaci mezi řídicí jednotkou a kterýmkoliv zařízením. Komunikace probíhá mezi snímačem a akčním členem tak, že snímač předá údaje řídicí jednotce, která je vyhodnotí a pošle odpovídající příkaz akčnímu členu (prvek, který realizuje informační část procesu). Nevýhodou tohoto typu řízení je jeho omezená kapacita. Jedná se o jednoúčelové systémy pro řízení jednoho typu zařízení, např. osvětlení nebo regulace žaluzií. Komunikace centrálně řízených systémů zároveň neumožňuje zpětnou kontrolu od akčních členů zpět k snímači [8].

Decentralizované řídicí systémy

Přenos informací je založen na komunikaci typu peer-to-peer. Každý prvek může komunikovat s libovolným prvkem připojeným na sběrnici (Obr. 1.2 c). Tento typ řídicího systému vyžaduje vybavení každého prvku řídicí jednotkou. Výhodou decentralizovaných systémů je, že umožňují řízení různých funkcí a druhů zařízení s možností zpětné kontroly, vizualizace a protokolování událostí. Tyto systémy jsou vhodné k instalaci v malých i velkých objektech díky jejich stavebnicovému budování [8].

Hybridní (částečně decentralizovaný systém)

Hybridní systémy (Obr. 1.2 b) jsou vhodným kompromisem mezi centralizovaným a decentralizovaným řídicím systémem, obsahují prvky a výhody obou typů zařízení a tím minimalizují náklady na celý řídicí systém. Jedná se o propojení centrální řídicí jednotky s prvky domovní instalace, které spolu vzápětí mohou komunikovat jako decentralizovaný systém [9].



Obr. 1.2 a) centralizovaný řídicí systém, b) hybridní řídicí systém, c) decentralizovaný řídicí systém [10]

Snímače a akční členy

Snímače a akční členy jsou nezbytnou součástí řízení a zabezpečení chytrých domů. Řídicí systém, jakožto regulátor, musí mít pro kvalitní regulaci přesné informace o řízené technologii. Ty poskytují snímače, které snímají veličiny, jako elektrický proud, intenzita osvětlení, teplotu, tlak atd. Na základě těchto informací jsou poté ovládány výstupy – akční členy [7].

1.3 Ovládání chytré domácnosti

Chytrou domácnost lze ovládat chytrými ovladači na zdi nahrazujícími klasické vypínače, dálkovými ovladači, pomocí mobilních telefonů, nebo hlasem a gesty. V závislosti na mnoha funkcích a kombinacích hardwaru a softwaru chytrých domácností se pro komunikaci využívají následující technologie [12]:

GSM komunikace

GSM neboli **Globální systém pro mobilní komunikaci** označuje nejrozšířenější mobilní datovou síť na světě. Jelikož GSM nabízí v oblasti datových služeb jen velmi pomalé spojení, slouží dnes především pro hlasové služby [11]. Chytrá domácnost založená na GSM komunikaci vyžaduje mobilní telefon, GSM modul, procesor a řídicí obvod pro ovládání spotřebičů. Příkazy jsou zasílány jako SMS do GSM modulu, který zprávu zpracuje a odešle do procesoru k provedení příkazu. Pomocí řídicího modulu (relé) procesor vypíná a zapíná konkrétní spotřebiče. Tento způsob komunikace je zastaralý a v současné době se již nepoužívá [12].

Bluetooth

Bluetooth je technologie umožňující bezdrátovou komunikaci. Slouží k propojení dvou a více elektronických zařízení na krátkou vzdálenost [11]. Komunikace pomocí Bluetooth je založena na modulu, chytré mobilní aplikaci nebo chytrých ovladačů a procesoru. Tento typ komunikace je snadný na instalaci i ovládání. Uživatel pomocí ovládacích prvků odesílá příkazy, které jsou bezdrátově přenášeny do modulu Bluetooth. Modul příkaz zpracuje a přenáší do centrální řídicí jednotky [12].

Technologie rozpoznávání hlasu

Nejpoužívanějším systémem pro hlasové ovládání chytré domácnosti je ZigBee [12]. Jedná se o bezdrátovou komunikační technologii založenou na principu podobném Bluetooth, oproti němu ale dovoluje komunikaci mezi zařízeními i na větší vzdálenost a bez přímé rádiové viditelnosti. Dokáže propojit zařízení až ve vzdálenosti 75 metrů [11]. Systémy založené na ZigBee lze rozdělit na 3 hlavní moduly – mikrofon, koordinátor ZigBee (centrální jednotka) a terminál (ovládací zařízení). Systém vyžaduje chytrý telefon, tablet nebo počítač, který je připojen k centrální jednotce. Terminály vykonávají specifické úkoly, jako např. sledování a řízení teploty, vlhkosti nebo spínání spotřebičů [12]. Chytrá domácnost založená na technologii ZigBee dle studie dosahuje 79,8 % přesnosti rozpoznávání hlasu [13].

Wi-Fi

Pojem Wi-Fi označuje technologii pro bezdrátovou komunikaci v počítačových sítích. Wi-Fi zajišťuje vzájemné bezdrátové propojení přenosných zařízení, jejich připojení do lokální

sítě LAN a také bezdrátové připojení k internetu [11]. Komunikace přes Wi-Fi je nejpoužívanější technologií současnosti díky široké škále funkcí, jako chytré ovládání osvětlení a spotřebičů, poplašný systém nebo detekce kouře/plynu, a především díky neomezené vzdálenosti mezi sebou komunikujících zařízení. Systém komunikace přes Wi-Fi využívá ovládací prvek (mobilní telefon nebo chytrý ovladač), ovládací zařízení (řídící jednotka) a webový server. Při ovládání pomocí mobilního telefonu je systém ovládán pomocí mobilní aplikace. Uživatel zadá příkaz, který se odešle do domácího routeru, odkud poté putuje do ovládaného zařízení. Systém musí být chráněn firewallem pro zajištění bezpečnosti. Při ovládání chytrými ovladači je princip totožný, ovladač zde zastává roli mobilní aplikace [12].

Ovládání gesty

Ovládání domácích spotřebičů lze provádět pohybem částí našeho těla, nejčastěji rukou. Tento systém obecně vyžaduje kameru pro záznam lidských gest. Řídící jednotka zpracovává obrazy gest a na jejich základě systém provede předem definovaný úkol [12]. Tato technologie je v současnosti na vzestupu, ale stále se jedná spíše o technologii budoucnosti.

1.4 Chytré osvětlení a zastínění oken

Intenzita a barva světla má výrazný vliv na fungování lidského těla. Teplejší barvy jsou spojeny s příjemnou atmosférou a podporují tvorbu spánkového hormonu melatoninu, chladnější světlo naopak produkci melatoninu potlačuje a zvyšuje výkon. Je tedy dobré teplotu světla kombinovat na základě denní doby. Ráno je vhodné teplejší světlo, které se během dopoledne postupně změní na světlo studené a následně znovu na teplé ve večerních hodinách [14].

Koncept chytrých domácností přináší revoluční změnu v osvětlování interiérů. Inteligentní systémy automaticky kombinují denní a umělé osvětlení podle aktuální intenzity a barvy venkovního světla. Řízení světelných systémů umožňuje svítit jen na místech, kde je to potřeba a světlem s vhodnými vlastnostmi. Jednotlivé prvky chytrého osvětlení mezi sebou komunikují a tvoří specifické světelné scény uzpůsobené pro konkrétní činnost a denní dobu, například nižší intenzita a vyšší teplota světla při sledování televize, naopak vyšší intenzita studeného světla při práci nebo učení. Kromě toho chytré osvětlení přináší také výrazné úspory elektrické energie. Technologie chytrého domu zanechává možnost manuálního ovládání světel

pomocí vypínačů, přidává ovšem také řízení osvětlení pomocí pohybových senzorů a přednastavených světelných scén [15].

S chytrým osvětlením úzce spolupracuje stínící technika ovládaná chytrou technologií. Lze nastavit režimy zatažení/vytažení žaluzií nebo rolet, ať už v závislosti na okolních podmínkách, časovém harmonogramu, ročního období, nebo na základě přizpůsobení pravidelného denního režimu obyvatel [15].

1.5 Chytré domácí spotřebiče

Technologie, které jsou stále více implementovány do domácích spotřebičů, přináší uživateli výrazné úspory a především komfort. Ovládací prvky a informační displeje jsou samozřejmostí domácích spotřebičů již řadu let. V posledních letech dochází k výraznému posunu díky Wi-Fi konektivitě, díky které spotřebiče dokážou komunikovat mezi sebou, mohou být vzdáleně ovládané pomocí aplikace v chytrém telefonu a díky tomu být plnohodnotně zařazeny do systému chytré domácnosti. Zde jsou příklady nejpoužívanějších chytrých spotřebičů [16]:

- **Inteligentní žárovka**

Jedním z nejjednodušších chytrých spotřebičů je žárovka. LED technologie umožňuje měnit prostřednictvím aplikace nebo na základě režimu chytrého osvětlení teplotu barev, barvu samotnou a samozřejmě intenzitu světla [16].

- **Chytrá lednice**

Chytrá technologie se u lednic projevuje dvěma způsoby – úsporou energie a konektivitou s okolím. Lednice má přehled o potravinách, které se v ní nachází. Eviduje data spotřeby a upozorní uživatele na jejich blížící se konec, dokáže vytvořit seznam chybějících potravin, nebo připravit recept z dostupných surovin. Některé druhy ledniček jsou vybaveny vnitřní kamerou a uživatel si sám během nákupu může zkontrolovat její obsah [16].

- **Chytrá pračka**

Chytré pračky umí zvolit optimální dobu praní podle aktuálního tarifu elektřiny nebo v případě napájení domácnosti za pomoci fotovoltaické elektrárny dle aktuální

výroby elektrické energie. Na základě množství, druhu a zašpinění prádla zvolí množství pracího prášku a díky inteligentním sensorům upravuje průběh a dobu trvání pracího cyklu [16].

- **Chytrá trouba**

Funkcionalita chytré trouby je založena na řadě sensorů, díky kterým je trouba schopna nastavit optimální dobu a teplotu pečení. Ve chvíli, kdy je jídlo hotové, upozorní uživatele skrze notifikaci v mobilním telefonu [16].

- **Chytrá digestoř**

Nejužitečnější funkcí chytré digestoře je bezesporu automatické spuštění a regulace odtahu na základě intenzity páry a pachů vznikajících při vaření [16].

2 Energetická koncepce stavby

Z pohledu klasické centrálně pojaté energetiky byly obytné budovy a domy vždy na konci distribučního řetězce jako nezávislí spotřebitelé elektřiny. Nástupem a rozšiřováním decentralizované energetiky a využíváním různých typů lokálních mikrozdrojů elektřiny a tepla se postupně chování domů mění z role čistého spotřebitele na roli výrobně spotřební. Z domů se stávají chytré domy s centrálním řídicím systémem, který prostřednictvím svých aktivních prvků automatizuje provoz energetických systémů i celého fungování domu. Vlastní energetické zdroje přináší do koncepce chytrých domů trend úsporného bydlení a možnost alespoň částečné energetické soběstačnosti (Obr. 2.1) [17].

Nízkoenergetické stavby jsou základní podmínkou pro aplikaci automatizovaných systémů řízení v inteligentních budovách. Obvodové a další konstrukce, které vymezují užitný prostor (např. ložnice, obývací pokoj apod.) mezi sebou nebo s vnějším prostorem, tzn. s různými teplotními rozdíly vzduchu, musí u nízkoenergetických staveb výrazným způsobem vyhovovat řadě požadavků, jako omezení prostupu tepla, zajištění dostatečné teploty na vnitřním povrchu konstrukcí i za velmi nízkých venkovních teplot nebo omezení energetického vlivu tepelných mostů v místech napojení konstrukce stavby [18].



Obr. 2.1 Nízkoenergetický dům s fotovoltaickými panely tvořící vlastní zdroj el. energie [17]

2.1 Energetická bilance a kategorie budov

Bilanční schéma (Obr. 2.2) ukazuje základní souvislosti rozhodujících energetických dějů v budově. Bilance zahrnuje jak tepelnou ztrátu (prostupem tepla a výměnou vzduchu), tak tepelné zisky (sluneční záření pronikající prosklenými plochami, metabolické teplo osob, teplo od domácích spotřebičů, kancelářské techniky a osvětlení) [19]. Výsledkem výpočtu tepelné bilance je množství tepla, které musí otopná soustava dodat do prostoru zóny, aby bylo dosaženo požadované teploty. Tato hodnota se pak používá jako kritérium pro klasifikaci energetické náročnosti budovy. Potřeba tepla na vytápění pro jednotlivé měsíce se spočítá dle tohoto vztahu [20]:

$$\dot{Q}_h = \dot{Q}_L - \eta \cdot (\dot{Q}_S + \dot{Q}_i), \quad (2.1)$$

kde je [20]:

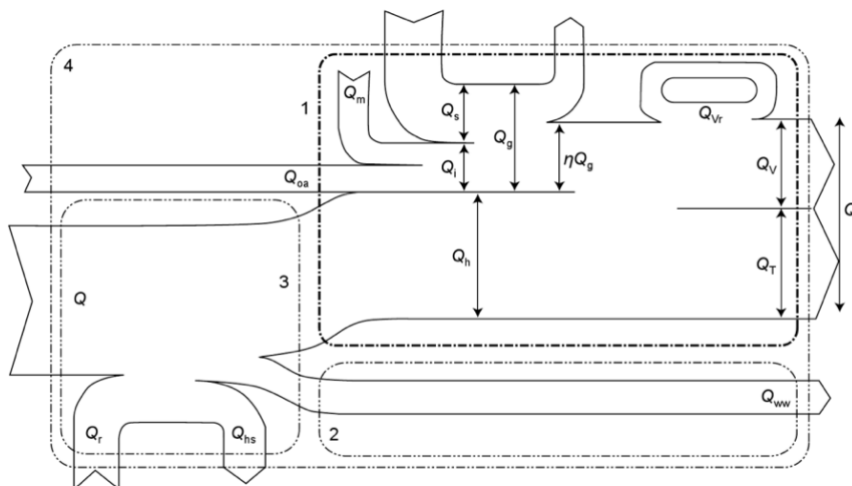
\dot{Q}_h ... potřeba tepla na vytápění [kWh],

\dot{Q}_L ... celková tepelná ztráta budovy (součet ztrát prostupem tepla Q_T a výměnou vzduchu Q_V) [kWh],

η ... stupeň využití tepelných zisků vypočítaný z časové konstanty zóny [-],

\dot{Q}_S ... solární tepelné zisky [kWh],

\dot{Q}_i ... vnitřní tepelné zisky [kWh].



Obr. 2.2 Základní energetické bilanční schéma budovy dle ČSN EN ISO 13790 [19]

Hodnocení stavebně-energetických vlastností budovy se provádí na více úrovních, jmenovitě podle:

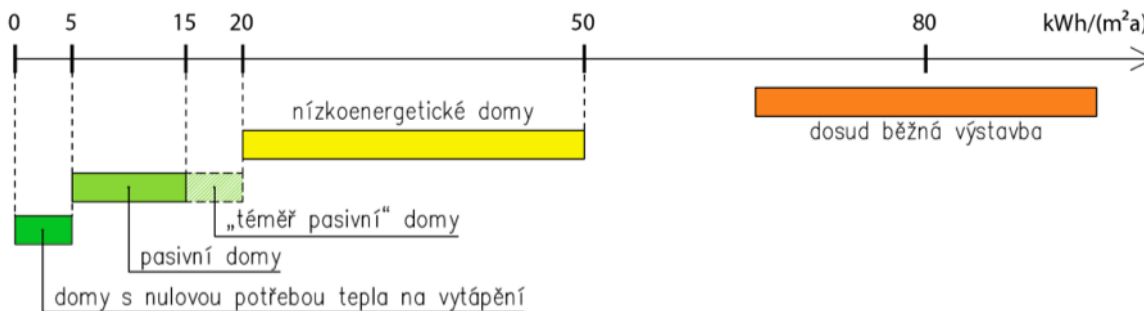
- součinitele prostupu tepla budovou
- měrné potřeby tepla na vytápění (bez vlivu účinnosti otopné soustavy) (Obr. 2.3)
- měrné potřeby energie na vytápění (s vlivem účinnosti otopné soustavy)
- měrné potřeby primární energie na vytápění
- měrné potřeby energie na provoz budovy
- měrné potřeby primární energie na provoz budovy
- měrných ekvivalentních emisí CO₂ při provozu budovy [19]

Nízkoenergetické domy

Nízkoenergetické domy jsou dle normy ČSN 73 0540 budovy s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující 50 kWh/(m²a), které využívají velmi účinnou otopnou soustavu [21]. Nízké spotřeby energie je dosaženo stavebním postupem, minimalizací tepelných mostů a izolačními schopnostmi splňující tuto normu. Důležitou roli hraje také cirkulace vzduchu, používají se speciální tepelná čerpadla a rekuperační jednotky [22]. Dá se předpokládat, že v budoucnu se číselné kritérium bude zpříšňovat v souladu s tím, jak se bude zpříšňovat základní požadavek na běžnou výstavbu, případně že tento termín pro novostavby vymizí, jelikož kritérium pro nízkoenergetické domy se stane kritériem pro běžnou výstavbu [19].

Pasivní domy

Pasivní domy jsou dle normy ČSN 73 0540 budovy s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující 15 kWh/(m²a) a zároveň celkovým množstvím primární energie spojené s provozem budovy menším než 120 kWh/(m²a). Takto nízkou energetickou potřebu lze pokrýt i bez použití klasické otopné soustavy. Používá se systém nuceného větrání obsahující účinné zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu a úsporné zařízení pro dohřev vzduchu při velmi nízkých venkovních teplotách. Porovnání roční měrné potřeby tepla [21].



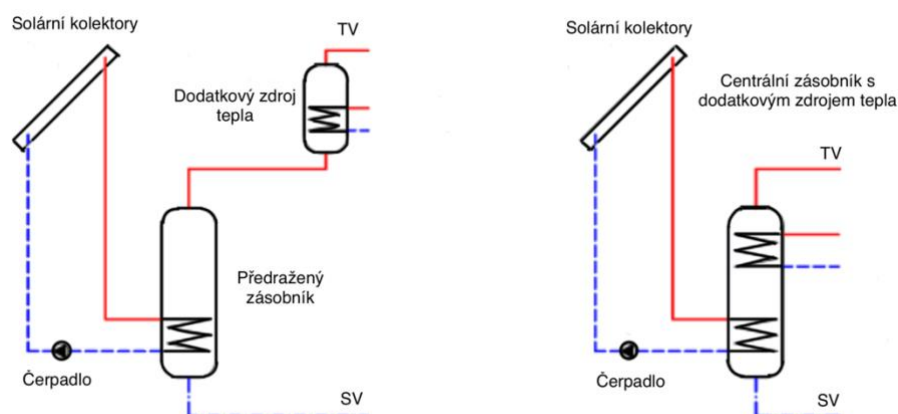
Obr. 2.3 Roční měrná potřeba tepla na vytápění podle kategorií budov [20]

2.2 Využití obnovitelných zdrojů energie

Z ekonomických i ekologických důvodů a vlivem stále dostupnějších technologií jsou chytré nízkoenergetické domy vybavovány zařízeními na vlastní výrobu tepla a elektrické energie z obnovitelných zdrojů. K výrobě tepla se nejčastěji používají solární kolektory a tepelná čerpadla, pro výrobu elektřiny fotovoltaické panely, domácí bioplynové stanice a ve výjimečných případech také větrné a vodní turbíny. Nejjednodušším využitím sluneční energie je tzv. pasivní solární systém, který spočívá ve vhodné orientaci domu a vhodným využitím prosklených ploch [23].

2.2.1 Solární příprava teplé vody

Využití sluneční energie pro přípravu teplé vody je výhodné vzhledem k její celoročně konstantní spotřebě [24]. Maloplošné solární soustavy jsou standardním řešením v rodinných domech. Jako maloplošné lze označit soustavy do 20 m², které vzhledem ke svému výkonu vyžadují pouze výměník v akumulacím zásobníku, nikoliv externí deskový výměník. Vzhledem k běžné spotřebě teplé vody 30 až 50 litrů na osobu za den je běžná velikost instalované plochy kolektorů 4 až 8 m² a velikost zásobníku 200 až 400 litrů, podle počtu osob v domácnosti. Solární soustavy se zpravidla instalují ve dvou variantách – s předehřívacím solárním zásobníkem (zásobník je předřazen konvenčnímu dodatečnému zdroji teplé vody) a s bivalentním solárním zásobníkem (dodatečný zdroj je vestavěný v zásobníku) (Obr. 2.4). Malé soustavy se vyznačují jednoduchým řešením, ale také výrazným podílem tepelných ztrát (až 30 %) [25].



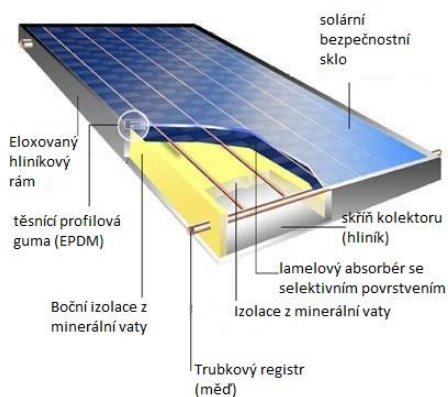
Obr. 2.4 Schéma solární přípravy teplé vody: vlevo – s předehřívacím zásobníkem, vpravo – s bivalentním zásobníkem [24]

Ploché kolektory

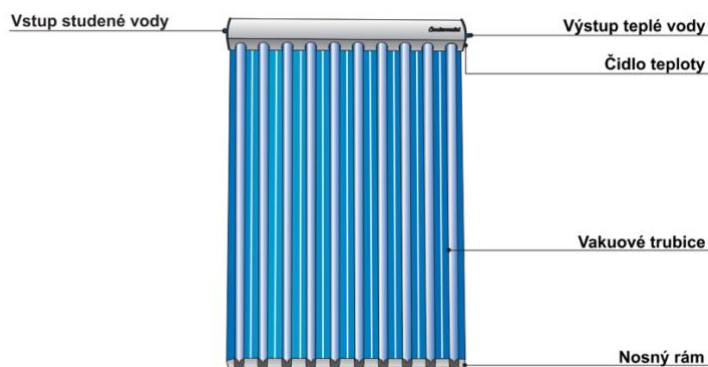
Základem plochého kolektoru (Obr. 2.6) je absorpční plocha. Na tu je elektrochemicky nanесena selektivní vrstva, která propouští tepelné záření směrem dovnitř, ale nepropouští směrem ven z kolektoru. Absorpční plocha je zároveň tepelně izolována pro zamezení tepelných ztrát. Výhodami jsou nízká cena při zachování vysokého výkonu, vysoká mechanická odolnost, jednoduchá instalace a dlouhá životnost. Z těchto důvodů jde o nejpoužívanější typ solárních kolektorů [26].

Vakuové kolektory

Vakuové trubicové kolektory (Obr. 2.5) se skládají ze vzduchotěsně potažených skleněných trubic umístěných vedle sebe a tepelně izolačního vakua mezi trubkami. Každá trubice je vybavena absorberem sluneční energie. Díky vakuu je teplo účinně přenášeno trubicovými kolektory, díky čemuž je účinnost vakuových kolektorů více než 90 %. Teplo absorbované v kolektorech ohřívá cirkulující kapalinu nebo vzduch a přes tepelný výměník je předáváno do zásobníků tepla [27]. Nevýhodou tohoto typu kolektoru je vyšší cena a náchylnost k mechanickému poškození vlivem námrazy nebo krupobití z důvodu použití tenkého skla trubice (cca 1 mm) [26].



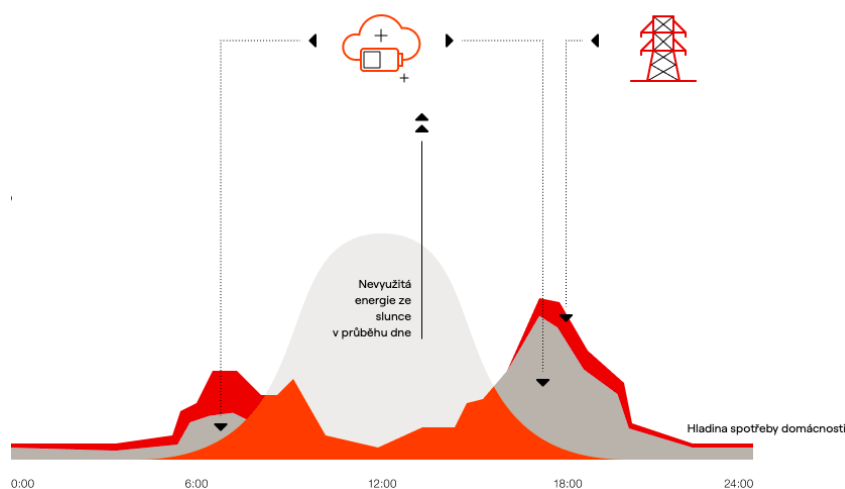
Obr. 2.6 Schéma plochého kolektoru [28]



Obr. 2.5 Schéma vakuového kolektoru [29]

2.2.2 Fotovoltaická elektrárna

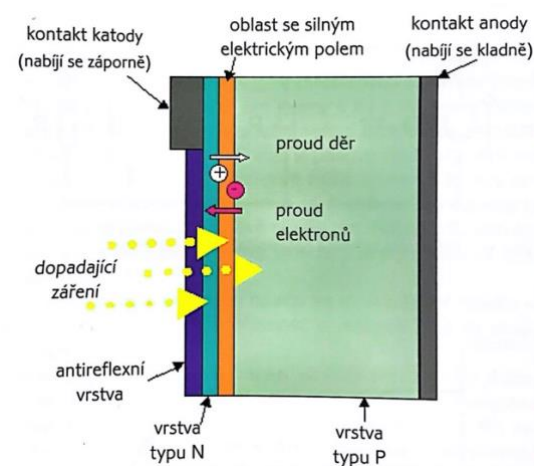
Fotovoltaická elektrárna je určena především pro rodinné domy s vyšší spotřebou elektrické energie v průběhu celého dne. Příkladem může být dům s elektrickým vytápěním a klimatizací, kde se elektrickým ohřevem také připravuje teplá voda ať již jako primární nebo dohřívací zdroj. Základem fotovoltaické elektrárny je fotovoltaický panel. Standartní rozměry panelu jsou 100 x 165 cm a maximální výkon se pohybuje mezi 250–300 Wp, za jeden rok vyrobí v místním podnebí přibližně 250 kWh elektrické energie. Vyrobena elektřina může přímo napájet elektrické spotřebiče, nebo ji lze akumulovat (Obr. 2.7). V domácnostech se nejvíce využívají dva druhy akumulace – ohřevem vody a uložení do baterií. Díky akumulaci dokáže správně navržený fotovoltaický systém využít až 100 % vyrobené energie a tím výrazně snížit provozní náklady domácnosti [30].



Obr. 2.7 Pokrytí spotřeby el. energie v průběhu dne [31]

Přeměna solární energie na elektrickou energii

Základem fotovoltaických článků je polovodičová dioda. Ta obsahuje dvě vrstvy příměsových polovodičů typu P (anoda) a typu N (katoda). Vrstva typu N obsahuje přebytek záporně nabitých elektronů, vrstva typu P naopak přebytek kladně nabitých protonů (děr). Na rozhraní těchto vrstev vzniká P-N přechod, který je propustný pouze v jednom směru, tzn. zabraňuje volnému přechodu elektronů v závěrném směru, tedy z vrstvy N do vrstvy P, ale je propustný v opačném směru. Dopadem fotonů slunečního záření na fotovoltaický článek vzniká vnitřní **fotoelektrický jev**, při němž jsou z krystalové mřížky obou vrstev uvolňovány elektrony, které se díky jednosměrné propustnosti P-N přechodu hromadí ve vrstvě N a mezi vrstvami vzniká stejnosměrné elektrické napětí o hodnotě 0,5 – 0,6 V (Obr. 2.8). Požadovaného napětí na výstupu lze dosáhnout sériovým zapojením jednotlivých článků, vyššího proudu pro změnu zapojením paralelně. V praxi se pro dosažení požadovaných hodnot využívá sérioparalelní zapojení [32].



Obr. 2.8 Vznik fotovoltaického napětí na struktuře s přechodem PN [33]

Typy fotovoltaických článků

- Monokrystalické

Jsou vyráběny řezáním tenkých plátků z jediného krystalu křemíku. To má za následek vyšší účinnost (cca 20 %) v porovnání s ostatními typy článků, ale také vyšší pořizovací cenu z důvodu náročnější výroby. Nejčastěji se využívají u instalací s omezenou plochou a velmi dobrou orientací vůči slunci [34].

- Polykrystalické

Vyrábějí se řezáním plátků z bloku většího množství krystalů křemíku. Výroba polykrystalických článků je v porovnání s monokrystalickými méně náročná a díky tomu je pořizovací cena nižší. Další výhodou je schopnost článku lépe zachytit světlo přicházející z ostřejších úhlů a tím pádem také stabilnější výkon. Naopak nevýhodou je nižší účinnost, zhruba 15–17 % [34].

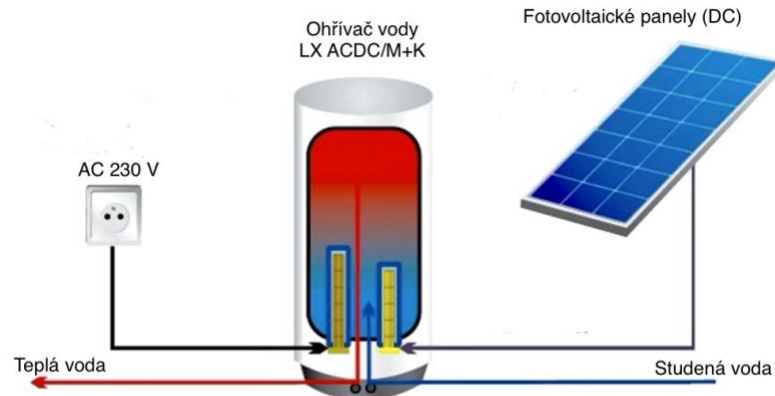
- Amorfni

Amorfni článek je tenký film polovodivé látky (křemík) nanesený na pevný povrch (sklo, plast, kovy). Jeho výhodou je minimální tloušťka a hmotnost, nevýhodou velmi nízká účinnost, kolem 11 %. Jsou vhodné především pro instalace do průmyslových komplexů a v mobilních instalacích, například hausbóty nebo obytná auta [34].

Akumulace ohřevem vody

Nejjednodušším způsobem akumulace elektrické energie je její nepřímé uskladnění ve formě tepelné energie. Přebytková el. energie napájí odporovou spirálu v tepelném zásobníku, je přeměněna na tepelnou energii a akumulována ve formě teplé vody. V případě nedostatku elektrické energie pro chod domácnosti je ohřev vody automaticky odpojen. Elektrická odporová spirála, která může být zkonstruována na napájení stejnosměrným napětím a být tak připojena přímo na fotovoltaickou elektrárnu, v případě konvenční konstrukce na střídavé napětí je nutné mezi fotovoltaické panely a spirálu zařadit napěťový střídač. V případě dostatečného výkonu elektrárny a zásobníku s dostatečným objemem lze přechodně zajišťovat i vytápění objektů [35]. Jako příklad lze uvést systém ohřevu vody od firmy SVP Solar, s.r.o. (Obr. 2.9). Ohříváč funguje na principu dvou samostatných el. okruhů. První okruh je napájený el. energií ze sítě, druhý el. energií z fotovoltaických panelů, přičemž oba okruhy mohou fungovat jak společně, tak každý samostatně. Okruh napájený z el. sítě zajišťuje ohřev vody během dlouhodobě nepříznivého počasí, například v zimních měsících, kdy fotovoltaické panely nemají dostatečný výkon. Při dostatečném výkonu fotovoltaických panelů je tento okruh využíván pouze k předehřevu vody na nastavenou

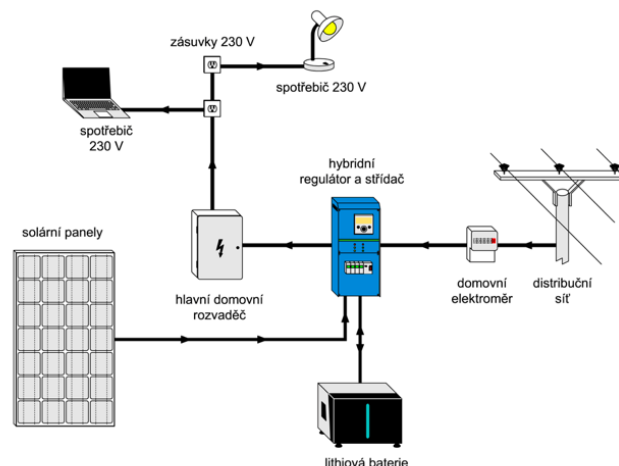
teplotu. Při dosažení nastavené teploty se automaticky vypíná ohřev z el. sítě a k dohřevu dochází pouze pomocí fotovoltaické energie [36].



Obr. 2.9 Systém akumulace el. energie ohřevem tepla od firmy SVP Solar, s.r.o. [36]

Akumulátorové baterie

Dalším způsobem akumulace přebytečné el. energie je uskladnění energie v elektrické akumulátorové baterii (Obr. 2.10). Fotovoltaické panely jsou s bateriemi spojeny přes nabíjecí regulátor, tzv. polovodičový nabíječ. Jeho funkcí je zajištění optimálních nabíjecích podmínek tak, aby byla zajištěna maximální životnost baterie [35]. V domácích podmínkách se pro akumulaci využívají olovené nebo lithiové baterie. Lithiové baterie jsou dražší, ale disponují až o 250 % delší životností díky menší závislosti na okolních podmínkách a hloubce vybití, jejich výhodou jsou také výrazně menší rozměry. Důležitým aspektem při výběru baterie je její kapacita, která závisí na několika faktorech, například křivka spotřeby nebo instalovaný výkon elektrárny [30]. Akumulátory jsou zdrojem stejnosměrného elektrického napětí. Pro využití akumulované energie v bytových rozvodech je tedy nutné stejnosměrné napětí transformovat pomocí měničů napětí [35].



Obr. 2.10 Schéma fotovoltaického systému s akumulací do baterií [37]

2.2.3 Větrná mikroelektrárna

Využití energie větru v obytných zástavbách se v současnosti soustřeďuje na větrné mikroelektrárny o výkonu v řádu jednotek kW. Před výstavbou větrných elektráren je nutné především zvážit vhodnost lokality. Oproti velkým větrným elektrárnám mají mikroelektrárny nízkou rozbíhací rychlost, což umožňuje jejich použití i v nízkých výškách na terénu. V oblasti využití větrné energie v budovách jsou nejrozšířenější realizací vertikální turbíny [19].

2.2.4 Alternativní zdroj energie – mikrokogenerační jednotka

Mikrokogenerační jednotka je zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Tato zařízení zažívají v posledních letech velký rozmach po celém světě. Nejpoužívanější technologie je založena na bázi spalovacích motorů [38]. Elektrická energie je vyráběna způsobem běžným v jiných elektrárnách, tedy roztočením elektrického generátoru, v tomto případě pomocí pístového spalovacího motoru. Spalovací motory jsou standardně konstruovány na zemní plyn, bioplyn nebo biomasu. Teplo uvolněné při procesech ve spalovacím motoru je prostřednictvím chlazení a spalin efektivně využíváno a díky tomu účinnost kogeneračních jednotek přesahuje 90 % [39]. V posledních letech na se na trhu objevuje nová technologie – mikrokogenerační jednotky s palivovým článkem.

Mikrokogenerační jednotka s palivovým článkem

Moderní kogenerační jednotky s palivovým článkem se skládají ze dvou modulů, modulu palivového článku a plynového kondenzačního kotle. Plynový kotel je využíván pouze na pokrytí špičkové spotřeby tepla, kdy produkce tepla v modulu palivového článku není dostačující. Palivový článek je elektrochemické zařízení. Obsahuje dvě elektrody, katodu a anodu, a mezi nimi je umístěn elektrolyt. Dochází zde k přeměně chemické energie v palivu v elektrickou energii během oxidačně-redukční reakce. Princip výroby elektřiny spočívá v přivedení paliva (vodík získaný ze zemního plynu) k anodě a oksličovadla (kyslík) ke katodě. Reakcí kyslíku a vodíku je generován elektrický proud. Produktem reakce je čistá voda a odpadní teplo, které je dále zužitkováno. Tuto technologii lze zařadit mezi ekologické zdroje energie díky velice nízkým emisím. Další výhodou je tichý chod zařízení, jelikož neobsahuje žádné pohyblivé části, nenáročná údržba a poměrně malé rozměry. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena, včetně montáže se cena pohybuje v rozmezí 810–945 tisíc Kč. Na pořízení mikrokogenerační jednotky je ovšem možné čerpat vysoké státní dotace [39, 40, 41].

2.3 Systémy vytápění

Nejdůležitějším předpokladem pro pocit tepelné pohody je efektivní výroba a využití tepla. Správné nastavení harmonogramu vytápění a jeho přizpůsobení režimům chytré domácnosti má zároveň za důsledek výraznou úsporu energií. Systémy inteligentního vytápění regulují výkony zdrojů tepla i otopných těles tak, aby se pocitová teplota vnitřního prostředí co nejvíce přiblížila představám obyvatel domu. Základním aspektem chytrého vytápění je individuálně nastavitelná teplota v každé místnosti. To zajistí vybavení topných těles chytrým termostatem, který automaticky reguluje teplotu v místnosti dle nastaveného programu. Dalším aspektem chytrého vytápění je možnost vzdálené regulace teploty prostřednictvím mobilní aplikace, pomocí které uživatel může přepínat přednastavené režimy. Pomocí aplikace je také možné regulovat vytápění na základě aktuální polohy uživatele, například přepnutí do úsporného režimu v případě, že se uživatel vzdálí od domu, a opětovná aktivace vytápění při návratu k místu bydliště [42].

2.3.1 Vytápění plynem

Mezi výhody vytápění plynem se řadí velmi dobrá regulovatelnost soustavy, nízké pořizovací náklady, vysoká účinnost a automatický a tichý provoz [43]. Hlavní nevýhodou v současné době je velmi vysoká cena plynu z důvodu momentální geopolitické situace a nutnost pravidelné revize.

Palivem pro spalování v plynových kotlech je především zemní plyn obsahující 98 % metanu. Spalováním plynu se jeho chemická energie přeměňuje na tepelnou energii sloučením se vzdušným kyslíkem [19]. Podle způsobu provozu se plynové kotle rozdělují na [44]:

Klasické

Kotel navržený pro provoz se suchými spalinami, nejnižší dovolená teplota vstupní vody standardně bývá 60 °C. Po většinu otopného období pracuje s konstantní teplotou kotlové vody. Jmenovitá účinnost se pohybuje okolo 88 % [44].

Nízkoteplotní

Kotel navržený pro provoz se suchými spalinami. Může pracovat i s teplotami vstupní vody 35 až 40 °C a za určitých podmínek může docházet ke kondenzaci. Po většinu topné sezóny pracuje s proměnlivou teplotou kotlové vody. Jmenovitá účinnost dosahuje až 92 % [44].

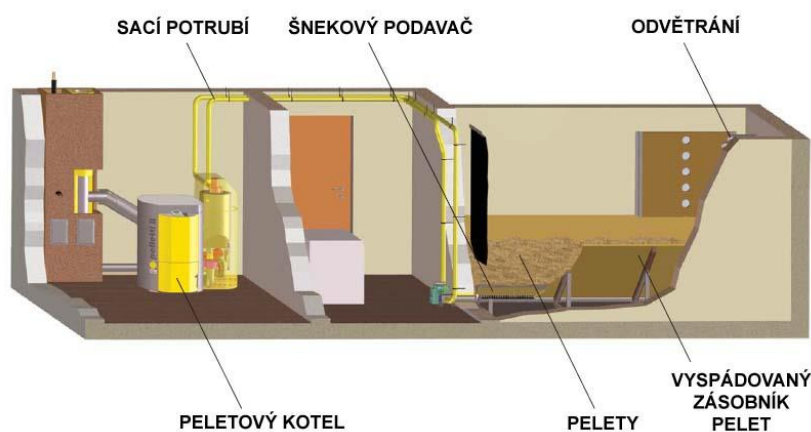
Kondenzační

V maximální možné míře využívá kondenzace spalin k ohřevu vratné vody. Teplota vstupní vody se běžně pohybuje mezi 35 a 40 °C. Jmenovitá účinnost dosahuje až 106 % [44]. Kondenzační kotle se používají především v nízkoteplotních otopných soustavách, jako je podlahové vytápění. Kromě efektivního využití energie se vyznačují také plynulou modulací výkonu od 20 do 100 % a u díky tomu umožňují provoz v širokém rozsahu výkonu [19].

2.3.2 Vytápění tuhými palivy

Vytápění tuhými palivy je historicky tradiční způsob vytápění rodinných domů. Výhodou tohoto druhu vytápění jsou nízké provozní náklady, dobrá účinnost a schopnost rychle vytopit celý objekt. Velkou nevýhodou je nutnost pravidelné, pracné obsluhy – velice snižuje komfort, nutnost prostoru pro skladování paliva a nutnost pravidelné revize. Základním

předpokladem pro pořízení kotle na tuhá paliva je vybudování kvalitního systému odvodu spalin [46]. Při výstavbě nízkoenergetických domů je výkon většiny kotlů na tuhá paliva příliš vysoký a došlo by k předimenzování otopné soustavy, což je základní předpoklad pro volbu otopného systému nízkoenergetických domů. Jednou z výjimek jsou moderní automatické kotle spalující biomasu. Příkladem může být automatický kotel spalující dřevěné pelety (Obr. 2.11). Kotel je plně automatický, sám přikládá palivo uložené v zásobníku a sám se zapaluje. Výhodou tohoto způsobu vytápění je také dobrá regulace výkonu. Výkon lze modulovat v rozsahu 30–70 % jmenovitého výkonu a v celém rozsahu kotel pracuje se stejnou účinností (91 %) a emisními limity. Na pořízení automatického peletového kotle lze také čerpat dotace v programu Nová zelená úsporám [47].



Obr. 2.11 Automatický kotel na dřevěné pelety s celosezónním zásobníkem [48]

2.3.3 Elektrické vytápění

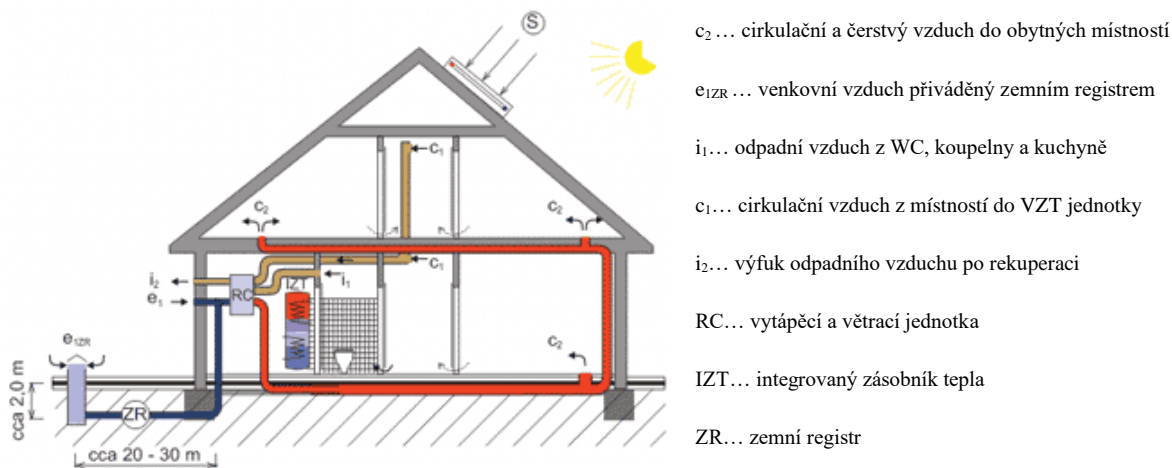
Velkou výhodou elektrického vytápění je přesná, jednoduchá a rychlá regulace výkonu, bezúdržbový provoz, vysoká životnost a jednoduchá instalace. Přeměna elektrické energie na tepelnou probíhá prostřednictvím topných kabelů, rohoží, fólií nebo v elektrokotli s rozvodem do klasické teplovodné otopné soustavy. Nevýhodou jsou vyšší provozní náklady spojené s cenou elektrické energie, z tohoto důvodu je nejčastěji využíváné v nízkoenergetických domech, ideálně v kombinaci s instalací fotovoltaické elektrárny [49].

Elektrické vytápění ohřívající vzduch

Tuto variantu elektrického vytápění lze rozdělit do dvou kategorií. Prvním případem je teplovzdušné vytápění se zdrojem tepla mimo vytápěný prostor s nutností instalace rozvodů vzduchu, většinou spojené s činností řízeného větrání prostoru. Druhým případem je vytápění se zdrojem tepla přímo ve vytápěném prostoru bez instalace rozvodů vzduchu [50].

Systém **teplovzdušného vytápění** (Obr. 2.12) se skládá z centrálního zdroje tepla a rozvodu ohřátého vzduchu do vytápěných prostor tvořeného vzduchotechnickým potrubím. Tento systém zároveň zastává funkci větrání vnitřních prostor. Odpadní teplo se využívá k předehřevu čerstvého vzduchu v rekuperačních jednotkách. Zdroj tepla zde plní funkci doplňkového zdroje a pokrývá pouze rozdíly mezi aktuální potřebou tepla a množstvím tepla, které z odpadního vzduchu odebere rekuperační jednotka. Dohřev teplého vzduchu je zajištěn přímotopným tělesem, nebo výměníkem tepelného čerpadla vzduch/vzduch. Výhodou teplovzdušného vytápění je vysoká efektivita, řešení problematiky větrání objektu. Nevýhodou je nerovnoměrné rozložení teploty ve vytápěných prostorách z důvodu konvekčního přenosu tepla [49].

Mezi **systémy s přímým ohřevem vzduchu** ve vytápěném prostoru se řadí topná tělesa instalovaná na stavebních konstrukcích – sálavé panely, infrazářiče, akumulární kamna, konvektory, nebo topná tělesa integrovaná do stavebních konstrukcí – podlahové, stropní nebo stěnové topné kabely, rohože a folie. Tyto systémy se vyznačují absencí centrálního zdroje tepla. Jejich výhodou je jednoduchá instalace bez vzduchotechnických rozvodů, čímž se výrazně snižují investiční náklady [49].



Obr. 2.12 Systém teplovzdušného vytápění a větrání [51]

Teplovodní elektrické vytápění

Teplovodní elektrické vytápění je založena na přeměně elektrické energie na tepelnou v centrálním zdroji tepla. Vzhledem k ceně elektrické energie je tento systém využíván především v domech s nízkou potřebou tepla, nejčastěji v kombinaci s řízeným větráním a využitím obnovitelných zdrojů energie. Tepelná energie je do vytápěných prostor rozváděna teplovodní otopnou soustavou a do vytápěného objektu předáváno prostřednictvím [52]:

- **Kapilární rohože**

System stropního sálavého vytápění tvořený hustou sítí jemných kapilár instalovaných za pohledovou vrstvou stropu [52].

- **Radiátoru**

Tepelný výměník předávající teplo distribuované otopnou soustavou do vytápěné místnosti. K přenosu dochází sáláním i konvekcí, míra obou druhů přestupu tepla závisí na daném druhu radiátoru [52].

- **Teplovodního konvektoru**

Tepelný výměník předávající teplo pouze konvekcí. Topidlo nasává studený vzduch ve své dolní části, následně je vzduch ohřátý pomocí topného tělesa a samovolně vystupuje mřížkou v horní části topidla [52]. Příklad tepelného konvektoru je zobrazen na Obr. 2.13.



Obr. 2.13 Nástěnný konvektor MINIB COIL-NU-1 [53]

- **Teplovodního podlahového vytápění**

Systém velkoplošného vytápění umístěný v podlaze (Obr 2.14). Teplá voda distribuovaná topnými hady zahřívá podlahovou konstrukci a teplo se do vytápěného prostoru šíří převážně sáláním, malá část poté konvekcí [52].



Obr. 2.14 Teplovodní podlahové vytápění [54]

Mezi zdroje elektrického vytápění s teplovodním rozvodem se řadí [52]:

- **Elektrokotel**

Převážně se užívá jako doplňkový zdroj tepla, jako primární zdroj je teoreticky možný u domů s nízkou potřebou tepla, nicméně v současné době toto řešení z legislativních důvodů není možné [52].

- **Solární systém s akumulčním zásobníkem**

Solární panely jsou tepelným zdrojem s obtížně regulovatelným výkonem. Proto je teplo získané touto technologií výhodné distribuovat pomocí akumulčního teplovodního zásobníku. Teplo z hlavního zdroje tepla je do zásobníku předáváno pomocí topného hadu. Sekundárním zdrojem jsou elektrické topné patrony uložené uvnitř zásobníku [52]. Zdrojem el. energie pro topné patrony může být fotovoltaická elektrárna, viz. Akumulace ohřevem vody.

- **Tepelné čerpadlo**

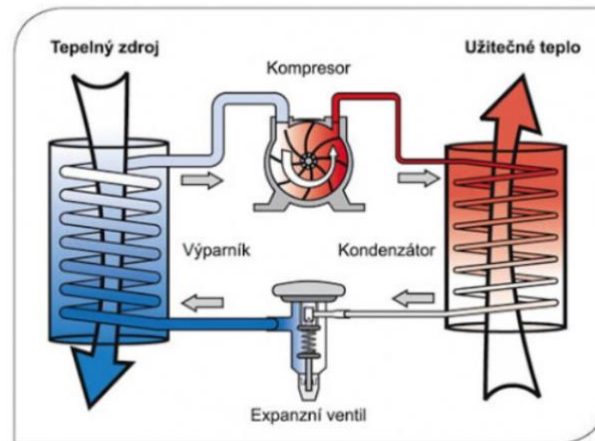
Tepelným čerpadlům se věnuje následující oddíl 2.4.4. Tepelná čerpadla.

2.3.4 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo je zařízení, které čerpá teplo z jednoho místa do druhého vynaložením vnější práce. Systém tepelného čerpadla se skládá ze čtyř základních částí – výparníku, kompresoru, kondenzátoru a expanzního ventilu. Pracovním médiem zprostředkovávajícím přenos tepla v okruhu čerpadla je nejčastěji plyn s nízkou teplotou vypařování a kondenzace. Největší výhodou tepelného čerpadla je uživatelský komfort a bezúdržbový provoz. Nevýhodou je závislost na dodávce elektrické energie, hlučnost, a především vysoké pořizovací náklady [54].

Princip funkce

Tepelné čerpadlo je cyklicky pracující tepelný stroj pracující na principu obráceného Carnotova cyklu, jehož proces probíhá v uzavřeném okruhu (Obr. 2.15). Teplonosné médium proudí v kapalném stavu ke zdroji tepla (podzemní voda, vzduch, půda). V místě absorpce tepla je pomocí expanzního ventilu prudce snížen tlak média, což způsobí pokles teploty vypařování média pod teplotu zdroje energie a médium se vypaří. Během procesu vypařování médium odebírá teplo ze svého okolí a akumuluje jej v sobě. Následně je médium v plynném skupenství vedeno k akumulárnímu zásobníku vody. V daném místě dojde pomocí kompresoru k prudkému zvýšení tlaku média. Prudký nárůst tlaku způsobí zvýšení teploty kondenzace nad teplotu v zásobníku vody a dochází ke kondenzaci. Během kondenzace je naakumulované teplo předáváno do vody v zásobníku. Odevzdané teplo následně způsobí nárůst teploty vody v zásobníku. Po kondenzaci se médium dostane zpět do výchozího stavu a celý cyklus se opakuje [55].



Obr. 2.15 Princip funkce tepelného čerpadla [56]

Topný faktor

Topný faktor COP (coefficient of performance) je parametrem efektivity tepelného čerpadla. Jeho definice je uvedena v normě pro laboratorní zkoušení tepelných čerpadel a chladících zařízení ČSN EN 14511. Jedná se o poměr topného výkonu k celkovému příkonu jednotky za ustálených provozních podmínek. Tímto parametrem efektivity tepelných čerpadel se řídí program podpory úspor Nová zelená úsporám (Tab. 2.1) [57]. Topný faktor pozitivně ovlivňuje vyšší teplota nízkoteplotního zdroje, nižší teplota teplotonosné látky, vhodné fyzikální a chemické vlastnosti chladiva a správné konstrukční provedení tepelného čerpadla [58].

$$COP = \frac{\Phi}{P_c + P_{aux}}, \quad (2.2)$$

kde je [57]:

Φ ... tepelný výkon tepelného čerpadla [kW],

P_c ... elektrický příkon kompresoru [kW],

P_{aux} ... elektrický příkon potřebný pro překonání tlakové ztráty výparníku a kondenzátoru, odtávání výparníku a vlastní regulaci tepelného čerpadla [kW].

Tab. 2.1 Minimální topné faktory tepelných čerpadel (Nová zelená úsporám) [58]

Druh tepelného čerpadla	Jmenovitá teplota média na vstupu do výparníku [°C]	Jmenovitá teplota otopné vody z kondenzátoru [°C]	Minimální hodnota topného faktoru
Vzduch-voda	2	35	3,1
Země-voda	0	35	4,3
Voda-voda	10	35	5,1

Tepelné čerpadlo země/voda

Tento typ čerpadla získává tepelnou energii z půdy při poměrně stálé teplotě půdy v nezámrazné hloubce. Teplo lze získávat horizontálním plošným kolektorem umístěným 1,5–2 metrů pod povrchem země, nebo hloubkovým vrtem. Na 1 kW tepelného výkonu je třeba cca 30 m² plošného kolektoru, případně asi 12 m vertikálního vrtu [54]. Výhodou plošného kolektoru je nižší pořizovací cena, naopak nevýhodou je potřeba dostatečně velkého pozemku a nižší výkon v zimních měsících. Výhodou hloubkového vrtu je stabilní výkon čerpadla během celého roku, nevýhodou je vysoká cena [59].

Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Teplo je získáváno ze vzduchu proudícího přes výparník. Základem je čerpadlo vzduch/vzduch, které je doplněno výměníkem pro předání tepla do otopné vody. Výhodou tohoto typu čerpadla je možnost použití téměř ve všech případech bez nutnosti zásahu do okolního prostředí, naopak velkou nevýhodou je výrazný pokles výkonu tepelného čerpadla při poklesu venkovní teploty. Pořizovací cena samostatného čerpadla je vyšší, nejsou ovšem vyžadovány další náklady spojené s instalací čerpadla (výkopové práce atd.), tudíž je tato varianta považována za neekonomičtější [54, 59].

Tepelné čerpadlo voda/voda

Čerpadlo využívá rozdíl teplot dvou studní – čerpací a vsakovací. Teplejší voda z čerpací studny je čerpadlem hnána do výparníku, kde odevzdává část tepla a putuje do vsakovací studny. Při provozu je nutné kontrolovat hladinu vody, aby nedošlo k vyčerpání studny. Výhodou je nižší pořizovací cena ve srovnání s hloubkovými vrty, nevýhodou jsou přísné požadavky na kvalitu, množství a teplotu vody [54, 59].

Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch

Jedná se o systém využívaný při konstrukci klimatizací. Klimatizace v zimě pracuje v reverzním režimu a vzduch ve vnitřních prostorách ohřívá. Tento systém je ze všech čerpadel nejlevnější a nepotřebuje vnitřní teplovodní rozvod. Nevýhodou tohoto typu čerpadla je, že vytápí pouze prostor, ve kterém je nainstalováno a není možné jím zajistit ohřev užitkové vody. Z tohoto důvodu se převážně využívá jako doplňkový zdroj tepla [54, 60].

Státní dotace

Tepelné čerpadlo se řadí mezi alternativní zdroje energie a na jeho pořízení lze čerpat dotace v rámci programu Nová zelená úsporám, a to až do výše 140 000 Kč v závislosti na druhu a využití tepelného čerpadla (s ohřevem vody, bez ohřevu vody atd.) (Tab. 2.2) [61].

Tab. 2.2 Dotace na pořízení tepelného čerpadla v rámci programu Nová zelená úsporám [61]

Druh tepelného čerpadla	Výše dotace [Kč]
Tepelné čerpadlo s teplovodním systémem vytápění bez přípravy teplé vody	80 000
Tepelné čerpadlo s teplovodním systémem vytápění s přípravou teplé vody	100 000
Tepelné čerpadlo s teplovodním systémem vytápění s přípravou teplé vody připojené k fotovoltaickému systému	140 000
Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch	60 000

2.4 Ventilace a klimatizace

Vzduch je jednou z primárních podmínek života, kromě jeho dostatku je velmi důležitá také kvalita. Problémy s kvalitou vzduchu vznikají převážně ve vnitřních prostorách, ve kterých se lidé dlouhodobě zdržují. Jediný způsob, jak eliminovat negativní účinky vydýchaného vzduchu je jeho odvětrávání. Výměnu vzduchu je možné zajistit dvěma způsoby – pravidelným otvíráním oken, což vede k velkým tepelným ztrátám zvláště v zimních měsících, nebo systémem nuceného větrání. Chytré větrací systémy jsou řízeny na základě okamžité potřeby. Řídící jednotka nepřetržitě monitoruje čidla kvality vzduchu v každé místnosti a v případě

nutnosti vydá příkaz k výměně vzduchu v dané místnosti. Při nucené výměně vzduchu uniká do okolí teplo, jehož část lze zpětně získat pomocí rekuperačních výměníků [62].

Pasivní rekuperace

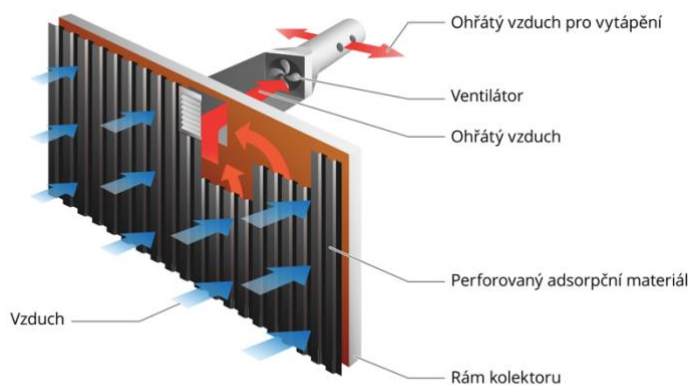
Je založena na principu ohřevu čerstvého vzduchu odváděným odpadním vzduchem v tepelném výměníku. Účinnost moderních rekuperačních výměníků dosahuje až 95 %, což vede k výrazné úspoře tepla. V letních měsících je možné výměník využít v kombinaci s klimatizací i pro opačnou situaci, tedy pro ochlazování přiváděného vzduchu odpadním vzduchem z prostředí vychlazeného klimatizací. V tomto případě dochází k úspoře elektrické energie spotřebované na provoz klimatizace [62].

Aktivní rekuperace s tepelným čerpadlem

Tepelné čerpadlo odebírá teplo na dohřátí přiváděného vzduchu z odpadního vzduchu. Na rozdíl od pasivní rekuperace tepelné čerpadlo dohřívá, popřípadě dochlazuje přiváděný vzduch. Aktivní rekuperační systém tedy nahrazuje funkci centrálního vytápění, větrání, chlazení a zároveň může také sloužit k ohřevu vody [62, 64].

Teplovzdušné sluneční kolektory

Vzduchové kolektory (Obr. 2.16) se primárně využívají pro účely větrání a temperování objektů. Jedná se o zařízení s velmi jednoduchou konstrukcí sestávající z rámu připevněného na venkovní stranu stěny, absorbéru, krycího skla a ventilátoru pro nucený průtok vzduchu kolektorem. Jedná se o doplňkový zdroj tepla zejména v přechodném ročním období. Nejčastěji se využívají jako alternativní možnost k rekuperačním jednotkám [64, 65].



Obr. 2.16 Teplovzdušný solární kolektor [64]

Klimatizace

Hlavní funkcí klimatizační jednotky je udržování nastavené teploty v interiéru. Jednotka odebírá vzduch z venkovního prostoru, upravuje jeho teplotu a vlhkost, a pomocí ventilátorů jej distribuuje do interiéru. Chladicí médium o nízkém tlaku a teplotě prochází výparníkem, kde se odpařuje a odebírá teplo ze vzduchu nasávaného z místnosti. Poté je hnáno do kompresoru, kde je stlačováno, čímž vzroste jeho teplota a v kondenzátoru následně kondenzuje zpět do kapalného skupenství a předává teplo okolnímu prostředí. Celý proces se cyklicky opakuje. Moderní klimatizační jednotky jsou vybaveny vzduchovými filtry, které vzduch čistí od prachu a jedovatých látek, a zároveň upravují vlhkost přiváděného vzduchu [66].

3 Návrh chytrého domu

Jako modelový příklad byl zvolen dům nacházející se v obci Láz, okresu Třebíč (Obr. 3.1). Jedná se o dvougenerační rodinný dům se dvěma podlažními a sklepem. Půdorys domu se nachází v příloze A. Dům je vybaven elektrickými venkovními roletami, je zateplen EPS vrstvou a využívá elektrickou energii z fotovoltaické elektrárny o instalovaném výkonu 15,6 kWp, ta zároveň pokrývá spotřebu přilehlé provozovny truhlářské dílny. Akumulace přebytečné energie je zajištěna ohřevem vody v akumulární nádrži. Zdrojem tepla je kotel na tuhá paliva. Návrh se bude skládat ze dvou hlavních částí, návrhu chytré instalace a návrhu zdroje tepla.

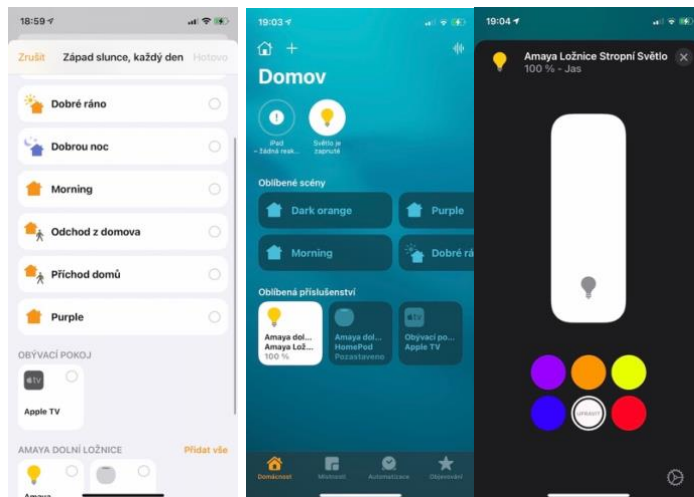


Obr. 3.1 Modelový dům pro návrh

3.1 Návrh chytré instalace

Pro návrh chytré instalace byl použit „smart“ systém Homekit od společnosti Apple inc. Důvodem je osobní preference uživatele, široká škála zařízení podporující systém a jednoduché ovládání. Roli centrální řídicí jednotky systému Homekit může zastupovat Apple TV, iPad, nebo reproduktor Homepod. V tomto případě bylo zvoleno Apple TV, jelikož jde o nepřemísťované zařízení nepřetržitě připojené k el. síti. Nemůže se tedy stát, že se vybije, popřípadě jej někdo odnese mimo dosah chytrých zařízení. Komunikace se zařízeními probíhá přes Wi-Fi síť. Ovládání chytré domácnosti je zajištěno přes volně dostupnou mobilní aplikaci

Domácnost (Obr. 3.2) a hlasovou asistentku Siri, ta zatím bohužel nemá podporu v českém jazyce. Domácnost je vybavená také chytrými vypínači na zdech pro manuální ovládání.



Obr. 3.2 Uživatelské prostředí aplikace domácnost [67]

Všechny místnosti jsou vybaveny chytrým stropním svítidlem, nástěnným žaluziovým ovladačem (tam, kde jsou instalovány venkovní žaluzie), chytrými vypínači, termostatickou hlavicí na radiátor s detekcí otevřeného okna a senzorem teploty, vlhkosti a tlaku. Posílení Wi-Fi signálu je vyřešeno systémem zesilovačů signálu, aby byl signál dostatečný ve všech částech domu včetně sklepa, kde je umístěn zdroj tepla a teplé vody. V obývacím pokoji je umístěna Apple TV plnicí funkci centrální jednotky, řídicí jednotka osvětlení (pro připojení k systému Homekit, je třeba pouze jedna v celém domě) a iPad (tablet) připevněný pomocí rámečku na zeď. Ten zastupuje v chytrých instalacích běžný dotykový ovládací panel. Chytré televize již byly součástí domácnosti. Domácnost již byla vybavena také kuchyňskými spotřebiči Siemens Home Connect, dále je do kuchyně třeba pořídit detektor vody a kouře. Na chodbách a schodištích (vnitřní a venkovní), dále na dvoře a před vstupní brankou jsou senzory pohybu pro automatické rozsvícení v noci. Prostory vstupní branky jsou dále vybaveny videozvonkem a bezpečnostní IP kamerou a chytrý elektronický zámek je namontován na vchodové dveře do domu. Garáž je vybavena Wi-Fi spínačem pro ovládání garážových vrat. Celková cena chytré instalace pro tento modelový příklad je 240 660 Kč. Podrobný soupis všech komponent je dostupný v příloze B a rozmístění komponent v příloze C.

3.2 Návrh zdroje tepla

Při návrhu zdroje tepla je nejprve nutné vypočítat návrhový tepelný výkon neboli tepelné ztráty domu, výpočet je dán normou ČSN EN 12831-1 [68]. Tepelné ztráty jsou součtem tepelných ztrát prostupem tepla a tepelných ztrát větráním. Základními veličinami charakterizujícími tepelně izolační schopnost stavební konstrukce jsou tepelný odpor a součinitel prostupu tepla. Vypočítají se ze vztahu [69]:

$$R = \frac{d}{\lambda} [m^2 \cdot K/W], \quad (3.1)$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} [W/m^2 \cdot K], \quad (3.2)$$

kde je [69]:

R... tepelný odpor [$m^2 \cdot K/W$],

d... tloušťka konstrukce [m],

λ ... součinitel tepelné vodivosti [$W/m \cdot K$],

U... Součinitel prostupu tepla [$W/m^2 \cdot K$],

R_T... odpor konstrukce při přestupu tepla [$m^2 \cdot K/W$],

R_{si}... odpor vnitřní strany konstrukce při přestupu tepla [$m^2 \cdot K/W$],

R_{se}... odpor vnější strany konstrukce při přestupu tepla [$m^2 \cdot K/W$].

Pro výpočet tepelných ztrát je třeba znát také klimatické údaje jako délka otopného období, venkovní výpočtová teplota a průměrná venkovní teplota za otopné období. Tyto podmínky jsou rovněž dány normou vzhledem k místu objektu [69].

Výpočet tepelných ztrát

Výpočet byl proveden pomocí online kalkulačky na webu Tzb-info [70]. Jedná se o zjednodušený výpočet potřeby tepla a tepelných ztrát obálkou budovy vyvinutý firmou Energy Consulting Service. Prvním krokem při výpočtu je určení polohy objektu. Na základě toho kalkulačka určila počáteční klimatické podmínky dle normy ČSN EN 12831-1 (Obr. 3.3).

Město / obec / lokalita	Třebíč
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e	-17 °C
Délka otopného období d	247 dní
Průměrná venkovní teplota v otopném období θ_{em}	2.5 °C

Obr. 3.3 Vstupní klimatické podmínky [70]

Dalším krokem je charakteristika objektu. Zde je třeba zadat základní parametry objektu jako návrhová teplota, objem budovy nebo celková podlahová plocha. Výpočet na rozdíl od normy ČSN EN 12831-1 zohledňuje také tepelné zisky budovy (Obr. 3.4).

Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{in} obvyklá teplota v interiéru se uvažuje 20 °C	20 °C
Objem budovy V vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje nevytápěné podkrovní, garáže, sklepy, lodžie, římsy, atiky a základy	460 m ³
Celková plocha A součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy (automaticky, z níže zadaných konstrukcí)	429.289 m ²
Celková podlahová plocha A_e podlahová plocha všech podlaží budovy vymezená vnitřním lícem obvodových stěn (bez neobyvatelných sklepů a oddělených nevytápěných prostor)	177,27 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A / V	0.93 m ⁻¹
Trvalý tepelný zisk H_+ Obvyklý tepelný zisk zahrnuje teplo od spotřebičů (cca 100 W/byt), teplo od lidí (70 W/os.) apod.	620 W
Solární tepelné zisky H_{s+} <input checked="" type="radio"/> Použít velice přibližný výpočet dle vyhlášky č. 291/2001 Sb <input type="radio"/> Zadati vlastní hodnotu vypočtenou ve specializovaném programu	1242 kWh / rok

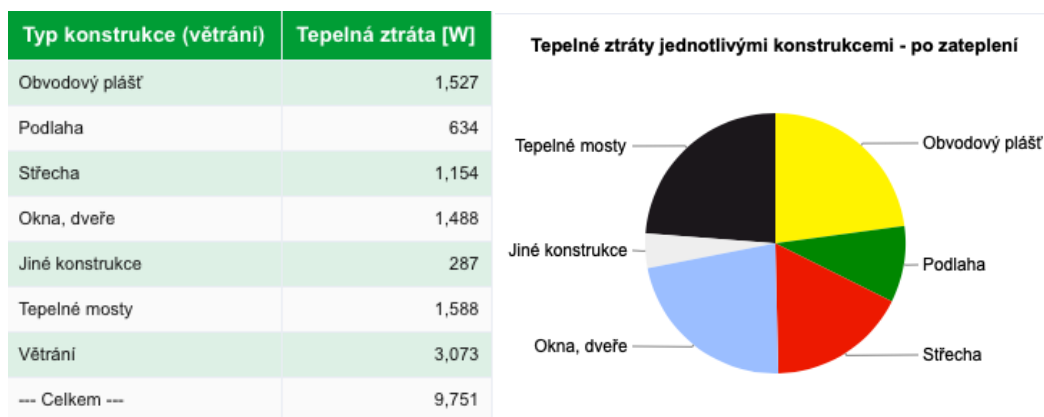
Obr. 3.4 Charakteristika objektu [70]

Následuje specifikace parametrů ochlazovaných konstrukcí. Na základě těchto parametrů kalkulačka vypočítá měrné ztráty prostupem tepla jednotlivých konstrukcí. Vstupní hodnoty byly zvoleny na základě tabulkových hodnot dostupných přímo v kalkulačce. Kalkulačka zároveň počítá i hodnoty bez zateplení objektu (Obr. 3.5).

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla před zateplením U_i [W/m ² K]	Tloušťka zateplení d [mm] / nová okna U_i [W/m ² K]	Plocha A_i [m ²]	Činitel teplotní redukce b_i [-]		Měrná ztráta prostupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]	
				Před úpravami	Po úpravách	Před úpravami	Po úpravách
Stěna 1	0.40	100 mm	87,769	1.00	1.00	35.1	17.6
Stěna 2	1.40	100 mm	76,24	1.00	1.00	106.7	23.7
Podlaha na terénu	0.43	mm	50,49	0.40	0.40	8.7	8.7
Podlaha nad sklepem (sklep je celý pod terénem)		mm		0.45	0.45	0	0
Podlaha nad sklepem (sklep částečně nad terénem)	0.43	mm	30,26	0.65	0.65	8.5	8.5
Střecha		mm	0	1.00	1.00	0	0
Strop pod půdou	0.31	mm	100,65	1	1	31.2	31.2
Okna - typ 1	1,4	1,4	23,58	1.00	1.00	33	33
Okna - typ 2				1.00	1.00	0	0
Vstupní dveře	3.5	3.5	2,06	1.00	1.00	7.2	7.2
Jiná konstrukce - typ 1	0,4	?	45,76	0,29	0,29	5.3	5.3
Jiná konstrukce - typ 2	0,4	?	12,48	0,49	0,49	2.4	2.4

Obr. 3.5 Výpočet měrných ztrát prostupem tepla jednotlivých konstrukcí [70]

Na základě těchto hodnot byla vypočítána celková tepelná ztráta objektu a roční měrná potřeba energie na vytápění (Obr. 3.6). Tepelná ztráta větráním byla vypočítána na základě podmínky minimální intenzity větrání $n_{\min} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ dle normy ČSN EN 12831-1. Celková tepelná ztráta objektu, a tedy i návrhový tepelný výkon ϕ_{HL} je 9,75 kW.



Obr. 3.6 Vlevo: tepelné ztráty objektu, vpravo: graf podílu jednotlivých konstrukcí na celkových tepelných ztrátách objektu [70]

Výsledná roční měrná potřeba tepla pro vytápění je poté 115,8 kWh/m² (Obr. 3.7), při celkové ploše 177,27 m² je tedy celková roční potřeba tepla na vytápění 20,5 MWh/rok.

Stav objektu	Měrná potřeba energie
Před úpravami (před zateplením)	165.8 kWh/m ²
Po úpravách (po zateplení)	115.8 kWh/m ²

Obr. 3.7 Roční měrná potřeba energie na vytápění [70]

Volba zdroje tepla

Podle vypočteného návrhového tepelného výkonu bylo jako primární zdroj zvoleno tepelné čerpadlo Regulus EcoAir 614M. Jedná se o tepelné čerpadlo typu vzduch – voda, které je vhodné pro kombinaci s fotovoltaickou elektrárnou. Cena tepelného čerpadla včetně instalace je 224 046 Kč vč. DPH. Základní technické parametry čerpadla jsou uvedeny v Tab. 3, technický list je k dispozici v příloze D. [71, 72]

Tab. 3.1 Základní technické parametry TČ Regulus EcoAir 614M [71]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Energetická třída	A++	[-]
Sezónní topný faktor SCOP	4,93	[-]
Topný faktor COP	4,90 – 2,37 ¹	[-]
Topný výkon	4,74 – 14,97 ¹	[kW]
El. příkon	0,97 – 6,31 ¹	[kW]
Hladina akustického výkonu	55	[dB (A)]

¹ Hodnoty pro teploty A+7/W35 při min. otáčkách a A-7/W35 při max. otáčkách dle EN 14511 [71]

Jako doplňkový zdroj tepla je ponechána dvouokruhová akumulční nádrž, která může být napájena jak z fotovoltaických panelů, tak ze sítě. Ta zároveň slouží k ohřevu užitkové vody.

Ekonomické zhodnocení

Vzhledem k uvedené hodnotě sezónního topného faktoru a vypočtené celkové roční potřebě tepla lze snadno spočítat roční spotřebu elektrické energie tepelného čerpadla jako:

$$P_{t\check{c}} = \frac{\dot{Q}_{VYT}}{SCOP}, \quad (3.3)$$

kde:

$P_{t\check{c}}$... Spotřeba el. energie tepelného čerpadla [kWh],

\dot{Q}_{VYT} ... roční potřeba tepla na vytápění [kWh],

SCOP... sezónní topný faktor tepelného čerpadla [-].

Tepelné čerpadlo zároveň využívá přebytečnou elektrickou energii z fotovoltaických panelů. Průměrný přebytek odevzdávaný do el. sítě v otopném období je v tomto případě 8,4 kWh/den. Míru úspory elektrické energie lze tedy vypočítat jako:

$$E_{usp,r} = d_{otopneobdobi} \cdot E_{usp,d}, \quad (3.4)$$

kde:

$E_{usp,r}$... úspora elektrické energie [kWh],

$d_{otopneobdobi}$... délka otopného období [dny],

$E_{usp,d}$... přebytek elektrické energie využitelný pro spotřebu tepelného čerpadla [kWh].

Elektrická energie odebraná ze sítě se následně vypočítá jako:

$$E_{odeb.} = P_{t\check{c}} - E_{usp,r}, \quad (3.5)$$

kde:

$E_{odeb.}$... Elektrická energie odebraná ze sítě [kWh].

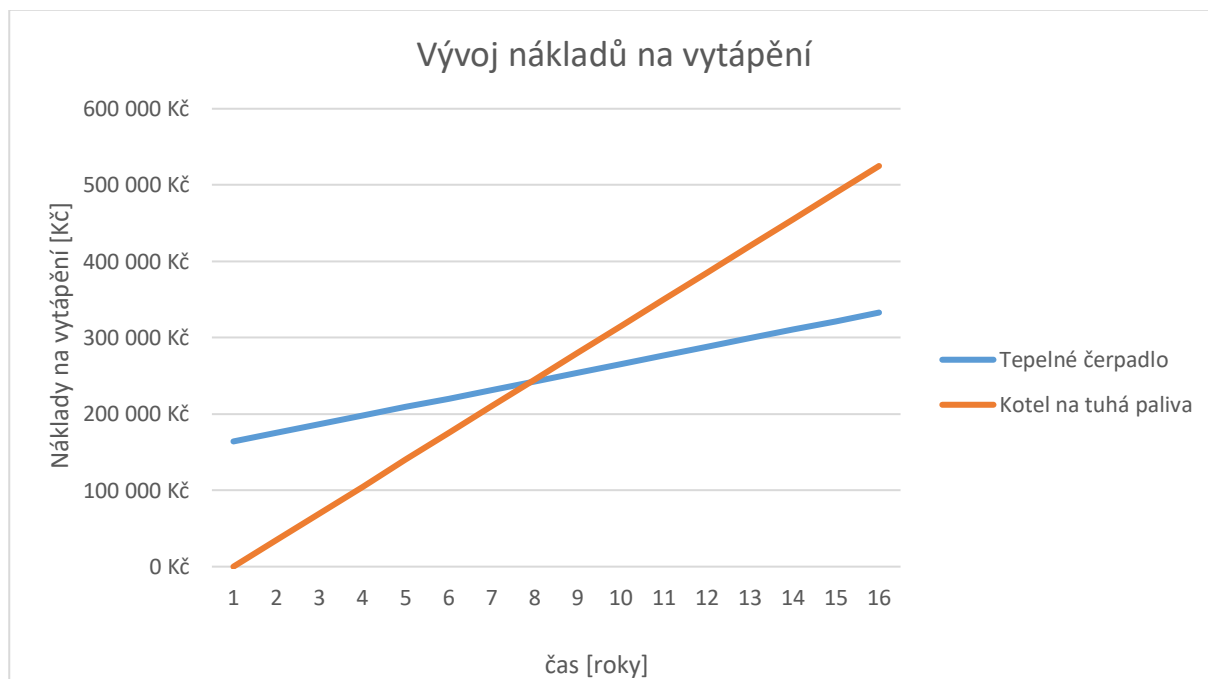
Konečná elektrická energie odebraná ze sítě se díky vlastní výrobě z fotovoltaických panelů snížila na přibližně 50 % příkonu tepelného čerpadla. Tato úspora výrazně zkrátí

ekonomickou návratnost tepelného čerpadla. Výsledky mezivýpočtů a konečné energie odebírané ze sítě jsou uvedeny v Tab. 3.2.

Tab. 3.2 Výpočet skutečně odebrané el. energie z distribuční sítě

	Hodnota	Jednotka
Roční potřeba tepla na vytápění	20500	[kWh]
Spotřeba el. energie TČ	4158	[kWh]
Roční úspora el. energie	2075	[kWh]
El. energie odebraná ze sítě	2083	[kWh]

Roční náklady na vytápění tepelným čerpadlem byly vypočítány pomocí kalkulačky ceny elektřiny na webu Kurzy.cz. Pro výpočet byly použity ceny dle tarifu D56d, který je určen pro objekty s tepelným čerpadlem. Výsledné roční náklady na provoz tepelného čerpadla při využití elektrické energie z fotovoltaické elektrárny činí 11 258 Kč [73]. V porovnání s ročními náklady na vytápění tuhými palivy, které činí v průměru 35 000 Kč, a při čerpání dotace z programu Nová zelená úsporám (viz. Tab. 2.2) je návratnost investice do tohoto tepelného čerpadla přibližně 7 let. Vývoj nákladů na vytápění je zobrazen na Obr. 3.8.



Obr. 3.8 Vývoj nákladů na vytápění v průběhu let

4 Závěr

Cílem této práce bylo popsat problematiku chytrých domů s důrazem na využití obnovitelných zdrojů energie a systémy vytápění a na základě získaných informací navrhnout realizaci chytrého domu.

V první kapitole je popsána chytrá instalace. Jsou zde popsány funkce chytrých domů – komfort, bezpečí a úspora energie, dále systémy řízení, ovládání, osvětlení a stínění a také chytré domácí spotřebiče. Hlavním rozdílem mezi chytrým domem a konvenčním řešením je plně automatizované řízení všech procesů v domě. To zajišťuje centrální řídicí jednotka, která je „mozkem“ celé instalace. K centrální jednotce jsou připojeny chytré spotřebiče a snímače, které mezi sebou vzájemně komunikují právě prostřednictvím řídicí jednotky. Uživatel má kompletní přehled o všech procesech v domě díky vzdálenému přístupu přes mobilní aplikaci, pomocí které může také ovládat jednotlivé komponenty, stejně jako prostřednictvím chytrých nástěnných ovladačů.

V druhé kapitole jsem se zaměřil na energetickou koncepci stavby. V úvodu je popsána energetická bilance a kategorie budov, dále využití obnovitelných zdrojů energie a závěrem této kapitoly jsou popsány systémy úpravy vnitřního prostředí – vytápění, chlazení a ventilace. Nejčastější koncepcí při výstavbě chytrých domů koncepce nízkoenergetického domu. Jedná se o dům s měrnou potřebou tepla do 50 kWh/m²a, běžně využívající obnovitelné zdroje prostřednictvím fotovoltaických a solárních panelů, vybavený tepelným čerpadlem a systémem řízené ventilace s rekuperací.

V poslední kapitole jsem vytvořil návrh chytré instalace a zdroje tepla pro rekonstrukci rodinného domu. Modelovým příkladem byl můj rodný dům, ve kterém žiji s rodiči a prarodiči dodnes. Dům byl postaven v 50. letech minulého století a prošel rekonstrukcí a přístavbou patra koncem 90. let. První část návrhu je věnována chytré instalaci, díky které byla zajištěna automatizace světelné scény, vytápění a zabezpečení objektu. Pro řízení domácnosti jsem zvolil systém Homekit od firmy Apple Inc., především z důvodu nízké ceny řídicího systému, který zajišťuje mediální zařízení Apple TV a znalosti „ekosystému“ výrobků firmy mezi všemi členy rodiny. Celková cena chytré instalace dosáhla 240 660 Kč. Prvním krokem při návrhu zdroje tepla je výpočet tepelných ztrát objektu. Pro výpočet jsem použil online kalkulačku fungující na principu výpočtu tepelných ztrát obálkou budovy. Na základě této hodnoty jsem následně

zvolil tepelné čerpadlo typu vzduch – voda, které nahrazuje stávající zdroj tepla, kotel na tuhá paliva. Návratnost vstupní investice na pořízení čerpadla klesla na necelých 7 let díky využití elektřiny vyrobené fotovoltaickými panely instalovanými na přilehlé budově rodinné firmy v roce 2011. Další úspory lze dosáhnout instalací systému řízeného větrání s rekuperací tepla, čímž by se výrazně snížily tepelné ztráty větráním. Realizace tohoto systému si ovšem žádá výrazné stavební úpravy a tím pádem také vysokou vstupní investici. Vstupní investice na pořízení tepelného čerpadla je 224 046 Kč, celková cena této rekonstrukce je tedy necelých 465 tisíc Kč. Jedná se o poměrně vysokou investici, která ovšem v dlouhodobém horizontu díky úspoře energií nemusí být nenávratná, a navíc s sebou přináší značný komfort.

Myslím si, že v dohledné budoucnosti budou „smart home“ technologie čím dál více součástí každodenního života lidí, bude docházet k výraznější integraci umělé inteligence a rozšiřování nejrůznějších funkcí. Vzdálenější budoucností poté může být vzájemné propojení chytrých domů a vytvoření chytrých měst, ve kterých bude automatizována a optimalizována kompletní městská infrastruktura.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SHEA, Sharon. Smart home or building (home automation or domotics). *TechTarget* [online]. 2020 [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/smart-home-or-building>
- [2] GAURAV, Sinha G. The Evolution of Smart Home Technology. BBC Research [online]. 2018 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://blog.bccresearch.com/the-evolution-of-smart-home-technology>
- [3] Smart Home. Visioforce Automation Systems [online]. Hong Kong [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <http://visioforce.com/smarthome.html>
- [4] HERWIG, Bohumil. Co to je a jak funguje chytrý dům, chytrý byt a chytrá domácnost. *Lupa.cz* [online]. 2013, 28.6.2013 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/clanky/co-to-je-a-jak-funguje-chytry-dum-chytry-byt-a-chytra-domacnost/>
- [5] HOLROYD, Patrick Michael. *A framework for the design, prototyping and evaluation of mobile interfaces for domestic environments* [online]. Sussex, 2013 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <http://sro.sussex.ac.uk/id/eprint/45101/>. Disertační práce. University of Sussex.
- [6] Co všechno umí inteligentní domácnost. *Bydlení.cz* [online]. Brno, 2019, 13.9.2019 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.bydleni.cz/clanek/Co-vsechno-umi-inteligentni-domacnost>
- [7] JIRUŠE, Jakub. Řídicí systém inteligentního domu [online]. Plzeň, 2017 [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/32998/1/Ridici_system_inteligentniho_domu.pdf. Bakalářská práce. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. Vedoucí práce Ing. Václav Koucký, CSc.
- [8] TURAN, Pavol. *Inteligentní RD I.* [online]. Zlín, 2010 [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/12066/turan_2010_dp.pdf?sequence=%201. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Martin Zálešák, CSc.
- [9] KOKEŠ, Vojtěch. *Inteligentní dům s chytrou domácností* [online]. České Budějovice, 2014 [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: https://theses.cz/id/y34nri/BP_final.txt. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce PaedDr. Petr Pexa, Ph.D.

- [10] VACKOVÁ, Jaroslava. *Světelná technika – Automatizace světla* [online]. [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/12055737/>
- [11] Slovník pojmů. *Vodafone CZ* [online]. [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: <https://www.vodafone.cz/uzitecne-odkazy/slovník-pojmu/>
- [12] MEHEDI, Hasan, Bilash ISMAIL, Parag BISWAS a Zafar DIPTO. Smart Home Systems: Overview and Comparative Analysis. IEEE 2018 Fourth International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN) [online]. 2018 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: https://www.academia.edu/41431240/Smart_Home_Systems_Overview_and_Comparative_Analysis
- [13] ALSHU'EILI, Humaid, Gourab SEN GUPTA a Subhas MUKHOPADHYAY. Voice recognition based wireless home automation system [online]. Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2011 [cit. 2022-05-13]. ISBN 9781612844374. Dostupné z: <https://researchers.mq.edu.au/en/publications/voice-recognition-based-wireless-home-automation-system>
- [14] Psychologický efekt světelných barev. LEDSVITI.CZ [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.ledsviti.cz/blog/psychologicky-efekt-svetelných-barev/>
- [15] CHYTRÉ OSVĚTLENÍ A ZASTÍNĚNÍ OKEN. Svět energie: Vzdělávací portál ČEZ [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/energetika-mest-a-domacnosti-smart-city/energetika-domu-a-domacnosti/chytre-osvetleni-a-zastineni-oken/vyklad>
- [16] CHYTRÉ SPOTŘEBIČE. Svět energie: Vzdělávací portál ČEZ [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/energetika-mest-a-domacnosti-smart-city/energetika-domu-a-domacnosti/chytre-spotrebice/vyklad>
- [17] Charakteristika chytrých domů a domácností. *Svět energie* [online]. Skupina ČEZ, 2020 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/energetika-mest-a-domacnosti-smart-city/energetika-domu-a-domacnosti/charakteristika-chytrych-domu-a-domacnosti/vyklad>
- [18] GARLÍK, Bohumír. *Inteligentní budovy*. Praha: BEN – technická literatura, 2012. ISBN 978-80-7300-440-8.
- [19] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.

- [20] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.
- [21] ŠÁLA, Jiří, Lubomír KEIM, Zbyněk SVOBODA a Jan TYWONIAK. Tepelná ochrana budov: Komentář k ČSN 73 0540 [online]. 2007 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Publikace_Komentar_k_CSN_730540_Tepelna_ochrana_budov_2220047206.pdf
- [22] Co je to nízkoenergetický dům. Nízkoenergetické.cz: Informační portál nízkoenergetické domy a pasivní stavby [online]. [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://www.nizkoenergeticke.cz/co-je-to-nizkoenergeticky-dum/>
- [23] Domácí zdroje elektřiny a tepla. Svět energie: Vzdělávací portál ČEZ [online]. ČEZ [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/energetika-mest-a-domacnosti-smart-city/energetika-domu-a-domacnosti/domaci-zdroje-elektřiny-a-tepla/vyklad>
- [24] MATUŠKA, Tomáš. *Solární soustavy pro bytové domy*. Praha: Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-3503-0.
- [25] MATUŠKA, Tomáš. Solární příprava teplé vody. Tzbinfo [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/140-solarni-priprava-teple-vody>
- [26] Sestavy se solárními kolektory FPC. Intama [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://solarnikolektory.eu/ploche-solarni-kolektory/>
- [27] Co je to vakuový trubicový kolektor. Vaillant [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/pro-zakazniky/technicka-podpora/slovnicek-pojmu/vakuovany-trubicovy-kolektor/>
- [28] Termické systémy pro ohřev vody a podporu vytápění. Cne.cz [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.cne.cz/solarni-ohrev-vody/uvod-do-termicky-systemu/>
- [29] Trubicový solární kolektor. Lipovica trade s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <http://www.lipovica.cz/trubicovy-solarni-kolektor>
- [30] Střešní instalace FV panelů. Svět energie: Vzdělávací portál ČEZ [online]. ČEZ [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/energetika-mest-a-domacnosti-smart-city/energetika-domu-a-domacnosti/stresni-instalace-fv-panelu/vyklad>

- [31] ELEKTŘINA PRO SOLÁRY. ČEZ.cz [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/technologie/fotovoltaika/elektrina-pro-solary>
- [32] VOBOŘIL, David. Fotovoltaické elektrárny – princip funkce a součásti, elektrárny v ČR. OENERGETICE.cz [online]. 16. prosince 2016 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrany-cr/fotovoltaicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti>
- [33] BENDA, Vítězslav. Obnovitelné zdroje energie. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-48-9.
- [34] 3 typy fotovoltaických panelů – jaké jsou jejich výhody. Bohemia Civil Engineering: Fotovoltaické elektrárny [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.bce.cz/3-typy-fotovolatichych-panelu>
- [35] Možnosti skladování energie ve fotovoltaike. Viessmann.cz [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/skladovani-energie-fotovoltaika.html>
- [36] FOTOVOLTAICKÝ OHŘEV VODY. SVP Solar [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.svp-solar.cz/solarni-ohrev/fotovoltaicky-ohrev-teple-vody/>
- [37] Hybridní fotovoltaické elektrárny. Envi Energy Czech [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.envienergyczech.cz/druhy-systemu/hybridni-systemy>
- [38] Mikrokogenerace. mikrokogenerace.cz [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <http://www.mikrokogenerace.cz>
- [39] Úvod do mikrokogenerace, kogenerace. CNE.cz [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.cne.cz/mikrokogenerace/uvod-do-mikrokogenerace/>
- [40] Palivový článek a kogenerační jednotky. Viessmann.cz [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/palivovy-clanek-a-kogeneracni-jednotka.html>
- [41] Vitovalor 300-P: palivočláneková mikrokogenerační jednotka pro obytné domy na evropském trhu. Proelektrotechniky.cz [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/inteligentni-budovy/28.php>

- [42] INTELIGENTNÍ VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY. Svět energie: Vzdělávací portál ČEZ [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/energetika-mest-a-domacnosti-smart-city/energetika-domu-a-domacnosti/inteligentni-vytapeni-a-ohrev-teple-vody/vyklad>
- [43] Jaké jsou výhody a nevýhody plynového vytápění?. Dům kotlů [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://dumkotlu.cz/jake-jsou-vyhody-a-nevyhody-plynoveho-vytapeni/>
- [44] Zdroje tepla na plyn. Tzbinfo [online]. [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/4048-zdroje-tepla-na-plyn>
- [45] Vytápění rodinného domu – výhody a nevýhody jednotlivých zdrojů tepla. Chytré bydlení [online]. 2019 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.chytre-bydleni.cz/rekonstrukce/vytapeni-rodinneho-domu-vyhody-a-nevyhody-jednotlivych-zdroju-tepla>
- [46] PERGL, Jan. Kotel na pelety pro nízkoenergetické domy. Nazeleno.cz [online]. 2014 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/vytapeni/biomasa/kotel-na-pelety-pro-nizkoenergeticke-domy.aspx>
- [47] Kotelna a sklad pelet. Česká peleta [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://ceska-peleta.cz/vytapeni/skladovani-paliva/>
- [48] Elektrické vytápění. Tzbinfo [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/elektricke-vytapeni>
- [49] BLAŽÍČEK, Jan. Elektrické vytápění ohřívající vzduch. Tzbinfo [online]. 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/elektricke-vytapeni/11487-varianty-elektrickeho-vytapeni-se-zdroji-ohrivajicimi-primo-vzduch>
- [50] Systém teplovzdušného vytápění a větrání. Alter-nativa.cz: ekologické přírodní nízkoenergetické bydlení [online]. 2010 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <http://alternativa.cz/300-system-teplovzdušneho-vytapeni-a-vetrani.html>
- [51] BLAŽÍČEK, Jan. Teplovodní elektrické vytápění. Tzbinfo [online]. 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/elektricke-vytapeni/11359-varianty-teplovodniho-elektrickeho-vytapeni>
- [52] MINIB Nástěnný konvektor COIL-NU-1 1500 mm Bez ventilátoru. TOPENILEVNE.CZ [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z:

<https://www.topenilevne.cz/minib-nastenny-konvektor-coil-nu-1-1500-mm-bez-ventilatoru-p32394/#gallery>

[53] Podlahové topení ve starém domě. Eurosystemy: Podlahové topení, tepelná čerpadla [online]. 2016 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.eurosystemy.cz/novinky/podlahove-topeni-ve%20starem-dome-130/>

[54] Tepelná čerpadla. Svět energie: Vzdělávací portál ČEZ [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/energetika-mest-a-domacnosti-smart-city/energetika-domu-a-domacnosti/tepelna-cerpadla/vyklad>

[55] Jak funguje tepelné čerpadlo. Viessmann.cz [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/tepelne-cerpadlo-princip.html>

[56] Co znamená topný faktor tepelného čerpadla (COP) či chladičí faktor klimatizace (EER) a jak se během roku mění. STAVEBNICTVI3000.CZ [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/co-znamená-topny-faktor-tepelneho-cerpadla-cop-ci-chladici-faktor-klimatizace-eer-a-jak-se-behem-roku-meni>

[57] MATUŠKA, Tomáš. Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel: COP a SCOP [online]. 2015 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivty-tepelnych-cerpadel-cop-a-scop>

[58] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (III) - výkon, spotřeba elektřiny a topný faktor. Tzbinfo [online]. 2019 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/969-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-iii>

[59] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého (II) - druhy podle zdroje tepla. Tzbinfo [online]. 2019 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/957-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-ii>

[60] POJAR, Petr. Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch – ideální doplněk k elektrokotli. České stavby.cz [online]. 2020 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/tepelne-cerpadlo-vzduch-vzduch-idealni-doplnek-k-elektrokotli-23086.html>

[61] Kotle, kamna a tepelná čerpadla. Nová zelená úsporám [online]. Státní fond životního prostředí ČR [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/rodinne-domy/>

- [62] INTELIGENTNÍ VENTILACE A KLIMATIZACE. Svět energie: Vzdělávací portál ČEZ [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/energetika-mest-a-domacnosti-smart-city/energetika-domu-a-domacnosti/inteligentni-ventilace-a-klimatizace/vyklad>
- [63] Rekuperační jednotky s aktivní rekuperací. Pichlerluft.cz [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://pichlerluft.cz/aktivni-rekuperace>
- [64] Sluneční kolektory. Svět energie: Vzdělávací portál ČEZ [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/energetika-mest-a-domacnosti-smart-city/energetika-domu-a-domacnosti/slunecni-kolektory/vyklad>
- [65] SHEMELIN, Viacheslav a Tomáš MATUŠKA. Analýza využití solárních vzduchových kolektorů pro vytápění rodinného domu [online]. 2018 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teplovzduzne-vytapani/17641-analyza-vyuziti-solarnich-vzduchovych-kolektoru-pro-vytapani-rodinneho-domu>
- [66] Princip klimatizace. M-klima.cz [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.m-klima.cz/princip-klimatizace/>
- [67] TOMANOVÁ, Amaya. HomeKit od základů: Co to vlastně je a jak jej začít používat skrze Domácnost. Letem Světem Applem [online]. 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.letemsvetemapplem.eu/2021/03/28/homekit-od-zakladu-co-je-homekit-a-jak-zacit-pouzivat-domacnost/>
- [68] ČSN EN 12831-1: Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu: Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. Září 2018. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [69] Prostup tepla stavební konstrukcí. Tzbinfo [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci>
- [70] On-line kalkulačka úspor: Zjednodušený výpočet potřeby tepla na vytápění a tepelných ztrát obálkou budovy. Tzbinfo [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>
- [71] Regulus Tepelné čerpadlo vzduch/voda EcoAir 614M. Venta Regulus: Autorizovaný distributor společnosti Regulus [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.reguluseshop.cz/regulus-tepelne-cerpadlo-vzduch-voda-ecoair-614m-10-8-kw/45420/produkt>

[72] Tepelné čerpadlo: kolik to bude stát. Cenovyradar.cz [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://cenovyradar.cz/tepelne-cerpadlo-vzduch-voda-cena>

[73] Kalkulačka ceny elektřiny. Kurzy.cz [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/elektrina/kalkulacka-cen>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Veličina	Jednotka
\dot{Q}_h	Potřeba tepla na vytápění	kWh
\dot{Q}_L	Celková tepelná ztráta budovy	kWh
η	Stupeň využití tepelných zisků	-
\dot{Q}_S	Solární tepelné zisky	kWh
\dot{Q}_i	Vnitřní tepelné zisky	kWh
CO ₂	Oxid uhličitý	-
COP	Topný faktor	-
SCOP	Sezónní topný faktor	-
ϕ	Tepelný výkon tepelného čerpadla	kW
P _c	Elektrický příkon kompresoru	kW
P _{aux}	Elektrický příkon pro provoz tepelného čerpadla	kW
EPS	Fasádní polystyren	-
R	Tepelný odpor	m ² ·K/W
d	Tloušťka konstrukce	m
λ	Součinitel tepelné vodivosti	W/m·K
U	Součinitel prostupu tepla	W/m ² ·K
R _T	Tepelný odpor konstrukce	m ² ·K/W
R _{si}	Tepelný odpor vnitřní strany konstrukce	m ² ·K/W
R _{se}	Tepelný odpor vnější strany konstrukce	m ² ·K/W
n _{min}	Minimální intenzita větrání	h ⁻¹
ϕ_{HL}	Návrhový tepelný výkon	kW
P _{tč}	Spotřeba elektrické energie tepelného čerpadla	kWh
\dot{Q}_{VYT}	Roční potřeba tepla na vytápění	kWh
E _{usp,r}	Úspora elektrické energie	kWh
d _{otopneobdobi}	Délka otopného období	dny
E _{usp,d}	Denní přebytek elektrické energie	kWh
E _{odeb.}	Elektrická energie odebraná ze sítě	kWh

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Schéma chytrého domu [3]	12
Obr. 1.2 a) centralizovaný řídicí systém, b) hybridní řídicí systém, c) decentralizovaný řídicí systém [10].....	16
Obr. 2.1 Nízkoenergetický dům s fotovoltaickými panely tvořící vlastní zdroj el. energie [17]	21
Obr. 2.2 Základní energetické bilanční schéma budovy dle ČSN EN ISO 13790 [19].....	22
Obr. 2.3 Roční měrná potřeba tepla na vytápění podle kategorií budov [20].....	24
Obr. 2.4 Schéma solární přípravy teplé vody: vlevo – s předehřívacím zásobníkem, vpravo – s bivalentním zásobníkem [24].....	25
Obr. 2.5 Schéma vakuového kolektoru [29]	26
Obr. 2.6 Schéma plochého kolektoru [28]	26
Obr. 2.7 Pokrytí spotřeby el. energie v průběhu dne [31].....	26
Obr. 2.8 Vznik fotovoltaického napětí na struktuře s přechodem PN [33].....	27
Obr. 2.9 Systém akumulace el. energie ohřevem tepla od firmy SVP Solar, s.r.o. [36].....	29
Obr. 2.10 Schéma fotovoltaického systému s akumulací do baterií [37]	30
Obr. 2.11 Automatický kotel na dřevěné pelety s celosezónním zásobníkem [48]	33
Obr. 2.12 Systém teplovzdušného vytápění a větrání [51]	34
Obr. 2.13 Nástěnný konvektor MINIB COIL-NU-1 [53].....	35
Obr. 2.14 Teplovodní podlahové vytápění [54].....	36
Obr. 2.15 Princip funkce tepelného čerpadla [56]	38
Obr. 2.16 Teplovzdušný solární kolektor [64].....	41
Obr. 3.1 Modelový dům pro návrh	43
Obr. 3.2 Uživatelské prostředí aplikace domácnost [67].....	44
Obr. 3.3 Vstupní klimatické podmínky [70]	46
Obr. 3.4 Charakteristika objektu [70]	46
Obr. 3.5 Výpočet měrných ztrát prostupem tepla jednotlivých konstrukcí [70].....	47
Obr. 3.6 Vlevo: tepelné ztráty objektu, vpravo: graf podílu jednotlivých konstrukcí na celkových tepelných ztrátách objektu [70]	47
Obr. 3.7 Roční měrná potřeba energie na vytápění [70].....	48
Obr. 3.8 Vývoj nákladů na vytápění v průběhu let	50

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Minimální topné faktory tepelných čerpadel (Nová zelená úsporám) [58].....	39
Tab. 2.2 Dotace na pořízení tepelného čerpadla v rámci programu Nová zelená úsporám [61]	40
Tab. 3.1 Základní technické parametry TČ Regulus EcoAir 614M [71]	48
Tab. 3.2 Výpočet skutečně odebrané el. energie z distribuční sítě.....	50

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A

Příloha B

Příloha C

Příloha D