

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

Internet věcí v oblasti spotřeby energií

Miroslav Král

© 2025 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Miroslav Král

Informatika

Název práce

Internet věcí v oblasti spotřeby energií

Název anglicky

Internet of Things in Energy Consumption

Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku využití IoT k optimalizaci spotřeby energie s ohledem na životní prostředí.

Hlavním cílem práce je zhodnotit možnosti využití IoT v oblasti spotřeby energie.

Díličí cíle:

- charakterizovat vybrané IoT technologie,
- analyzovat vhodné hardwarové IoT komponenty pro monitorování a řízení spotřeby energie,
- navrhnout IoT model.

Metodika

Teoretická část práce bude zaměřena na studium literatury, které povede k rozšíření znalostí pro zhotovení práce.

Prvním krokem praktické části bude analýza současného stavu, následně budou vybrány vhodná IoT zařízení. V dalším kroku bude sestaven IoT model pro měření spotřeby a zhodnoceny jeho přínosy.

Na základě syntézy poznatků teoretické části a vyhodnocení výsledků praktické části budou formulovány závěry práce.

Doporučený rozsah práce

40-50 stran

Klíčová slova

IoT, Internet věcí, chytrá domácnost, spotřeba energie,

Doporučené zdroje informací

BEDI, Guneet, Ganesh Kumar VENAYAGAMOORTHY, Rajendra SINGH, Richard R. BROOKS a Kuang-Ching WANG, 2018. Review of Internet of Things (IoT) in Electric Power and Energy Systems. IEEE Internet of Things Journal [online]. 5(2), 847–870. ISSN 2327- 4662. Dostupné z:

<https://ieeexplore.ieee.org/ielaam/6488907/8334665/8281479-aam.pdf>

HANES David, Gonzalo SALGUEIRO, Patrick GROSSETETE, Robert BARTON a Jerome HENRY. IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things. Indianapolis, IN: Cisco press, 2017. ISBN 1-58714-456-5.

Hossein Motlagh, Naser, Mahsa Mohammadrezaei, Julian Hunt, and Behnam Zakeri. 2020. "Internet of Things (IoT) and the Energy Sector" Energies 13, no. 2: 494. <https://doi.org/10.3390/en13020494>

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Michal Stočes, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 04. 07. 2023

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 03. 11. 2023

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2025

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Internet věcí v oblasti spotřeby energií" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.03.2025

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Michalu Stočesovi, Ph.D., za průběžné konzultace, cenná doporučení a odborné vedení při zpracování bakalářské práce.

Internet věcí v oblasti spotřeby energií

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá možnostmi využití technologií Internetu věcí (IoT) v oblasti optimalizace spotřeby energie v chytré domácnosti.

V teoretické části jsou popsány základní pojmy jako Internet věcí a jeho definice. Dále jsou popsány architektury zpracování dat, síťové topologie, komunikační protokoly a využití IoT technologií v oblasti energetiky, včetně Smart Grids, výroby a ukládání energie. Následně jsou popsána jednotlivá zařízení využívaná v chytré domácnosti, způsoby jejich ovládání a použitý řídicí software. Teoretickou část uzavírá pohled na zabezpečení IoT.

Praktická část práce se zaměřuje na návrh IoT řešení pro modelovou domácnost. Zahrnuje automatizaci osvětlení a termoregulace pomocí platformy Home Assistant, stanovení požadavků a výběr vhodných zařízení včetně jejich rozmístění. Dále je navrženo rozšíření o fotovoltaickou elektrárnu s bateriovým úložištěm a nastavení automatizačních scénářů pro řízení energie na základě spotových cen a předpovědi výroby elektřiny.

Závěrečná část práce přináší zhodnocení návrhu, vyhodnocení přínosů jednotlivých řešení a možnosti dalšího rozvoje systému.

Klíčová slova: IoT, Internet věcí, Chytrá domácnost, Spotřeba energie, Energetická efektivita, Smart Grid, Fotovoltaika, Řízení spotřeby, Automatizace, Chytré osvětlení, Termoregulace, Home Assistant

Internet of Things in Energy Consumption

Abstract

This bachelor thesis focuses on the possibilities of utilizing Internet of Things (IoT) technologies to optimize energy consumption in a smart home environment.

The theoretical part describes the fundamental concepts of the Internet of Things and its definition. It further outlines data processing architectures, network topologies, communication protocols, and the application of IoT technologies in the energy sector, including Smart Grids, energy production, and storage. Subsequently, it presents individual devices used in smart homes, control methods, and the control software applied. The theoretical section concludes with an overview of IoT system security.

The practical part of the thesis focuses on designing an IoT solution for a model household. It includes automation of lighting and temperature control using the Home Assistant platform, definition of requirements, selection of suitable devices, and their placement within the household. The proposal is further extended by integrating a photovoltaic power plant with a battery storage system and setting up automation scenarios for energy management based on spot prices and energy production forecasts.

The final part of the thesis presents an evaluation of the proposed solution, assessment of the benefits of individual elements, and possibilities for further system development.

Keywords: IoT, Internet of Things, Smart Home, Energy Consumption, Energy Efficiency, Smart Grid, Photovoltaics, Energy Management, Automation, Smart Lighting, Temperature Control, Home Assistant

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce a metodika	11
3 Teoretická východiska	12
3.1 Internet věcí (IoT) a Definice	12
3.2 Architektury, topologie a komunikační protokoly v IoT.....	13
3.2.1 Architektury zpracování dat	13
3.2.2 Topologie Mesh sítě	14
3.2.3 Komunikační protokoly	15
3.3 IoT v oblasti energetiky	18
3.3.1 Klíčové technologie a využití IoT v energetice.....	18
3.3.2 Smart Grids (Chytré energetické sítě).....	19
3.3.3 Výroba energie	20
3.3.4 Ukládání energie.....	21
3.4 IoT zařízení v Smart Home	23
3.4.1 Centrální jednotka a Hub	23
3.4.2 Senzory.....	24
3.4.3 Zásuvky	25
3.4.4 Smart LED světla	26
3.4.5 Smart vypínač	26
3.4.6 Termostaty a termostatické hlavice.....	26
3.4.7 Další zařízení	27
3.5 Řídící software a hardware pro správu IoT systému	27
3.5.1 Způsoby ovládání	28
3.5.2 Proprietární řešení	30
3.5.3 Open source řešení	31
3.6 Bezpečnost v IoT	33
4 Vlastní práce	34
4.1 Popis návrhu a postup řešení.....	34
4.2 Modelová domácnost – rodinný dům	35
4.3 Návrh řešení automatizace	37
4.3.1 Nastavení automatizace světel.....	37
4.3.2 Nastavení automatizace termoregulace.....	39
4.4 Požadavky pro výběr chytrých zařízení.....	40
4.5 Zvolené IoT zařízení.....	41
4.6 Návrh modelu řešení s IoT	44

4.6.1	Rozmístění a počet IoT zařízení.....	44
4.7	Rozšíření modelu řešení IoT o fotovoltaickou elektrárnu.....	46
4.7.1	Výběr fotovoltaické elektrárny a její parametry.....	46
4.7.2	Doplňky pro řízení energetických toků.....	47
4.7.3	Princip fungování automatizace	48
4.7.4	Implementace a rozšíření automatizace	49
5	Zhodnocení a doporučení.....	52
5.1	Výsledek IoT návrhu	52
5.2	Náklady na pořízení IoT a fotovoltaické elektrárny	52
5.3	Vyhodnocení spotřeby navržených IoT zařízení	53
5.4	Výsledky automatizací pro fotovoltaickou elektrárnu.....	54
5.5	Přínosy navržených řešení a možnosti zlepšení	58
6	Závěr.....	59
7	Seznam použitých zdrojů	60
8	Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk	68
8.1	Seznam obrázků	68
8.2	Seznam tabulek	68
8.3	Seznam použitých zkratk.....	68
Přílohy		69

1 Úvod

V dnešní době je IoT v domácnostech velmi populárním tématem, a to z důvodu, že tento koncept přináší nejen zvýšený komfort pro uživatele, ale také efektivnější využívání energie a úsporu provozních nákladů. Spotřeba energie je dnes jedním z klíčových témat, a to nejen z důvodu finančních úspor, ale také z hlediska ekologického dopadu a snahy o dosažení vyšší energetické soběstačnosti.

Technologie IoT umožňují přesné sledování a řízení spotřebičů v domácnosti, což otevírá nové možnosti pro optimalizaci spotřeby. Využitím chytrých zařízení lze provádět automatizaci běžných procesů, jako je osvětlení nebo termoregulace, a přizpůsobit jejich provoz potřebám uživatele. Díky tomu je možné snížit zbytečné ztráty energie a zároveň zachovat nebo dokonce zvýšit komfort domácnosti.

Současně roste i zájem domácností o vlastní výrobu energie, zejména prostřednictvím fotovoltaických elektráren. Avšak tyto systémy často nejsou plně využívány. V praxi bývají instalace prováděny pouze v rozsahu potřebném pro získání dotačních programů a chybí jejich následné propojení s chytrým řízením spotřeby. Výsledkem je zbytečně nízká efektivita a promarněný potenciál úspor. Právě v této oblasti nabízí IoT výrazný přínos. Umožňuje nejen řízení spotřeby a predikci výroby, ale také automatizaci využití přebytků v domácnosti nebo jejich obchodování za spotové ceny.

Z tohoto důvodu se práce zaměřuje na návrh vlastního IoT řešení pro modelovou domácnost, jehož součástí je automatizace osvětlení a termoregulace pomocí platformy Home Assistant. Návrh zahrnuje výběr zařízení, jejich rozmístění, nastavení automatizačních scénářů a rozšíření systému o fotovoltaickou elektrárnu s bateriovým úložištěm. Osobní motivací pro zpracování tématu je zájem o moderní technologie a jejich praktické využití v oblasti zvyšování komfortu a energetické efektivity.

Z širšího hlediska tato práce ukazuje, že chytrá domácnost může být nejen dostupným vylepšením, ale také efektivním nástrojem pro řízení spotřeby energie a správu decentralizované výroby, čímž přispívá ke zvýšení komfortu, energetické úspornosti i celkové udržitelnosti.

2 Cíl práce a metodika

Cíl práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku využití IoT k optimalizaci spotřeby energie s ohledem na životní prostředí.

Hlavním cílem práce je zhodnotit možnosti využití IoT v oblasti spotřeby energie.

Dílčí cíle:

- charakterizovat vybrané IoT technologie,
- analyzovat vhodné hardwarové IoT komponenty pro monitorování a řízení spotřeby energie,
- navrhnout IoT model.

Metodika

Teoretická část práce bude zaměřena na studium literatury, které povede k rozšíření znalostí pro zhotovení práce.

Prvním krokem praktické části bude analýza současného stavu, následně budou vybrány vhodná IoT zařízení. V dalším kroku bude sestaven IoT model pro měření spotřeby a zhodnoceny jeho přínosy.

Na základě syntézy poznatků teoretické části a vyhodnocení výsledků praktické části budou formulovány závěry práce.

3 Teoretická východiska

3.1 Internet věcí (IoT) a Definice

Internet věcí, dále jen IoT, je rychle se rozvíjející technologií, která propojuje fyzická zařízení s digitálním světem za účelem efektivního sběru, výměny a analýzy dat. Tato technologie umožňuje vytváření systémů, které dokážou autonomně reagovat na měnící se podmínky, čímž přispívají k větší efektivitě a inovacím v mnoha oblastech. (Atzori, 2010) (Hanes, 2017)

Různé definice IoT

Na světě existuje mnoho různých přístupů k definici IoT, protože samotný název Internet of Things si každý může vyložit jinak a záleží tak na úhlu pohledu jednotlivce či skupiny. Jedna z věcí, která také nepomáhá jasné definici je skutečnost, že je to velice široký pojem, který v sobě zahrnuje bezdrátové technologie, aplikace, komunikační protokoly, software, hardware a stále více i umělou inteligenci. (Sergio, 2022)

Za jednu z nejvíce používaných definic se dá považovat ta, kterou vytvořili dvě iniciativy zabývající se IoT, a to jsou IERC (European Research Cluster on the Internet of Things) a ITU (Internet of Things Global Standards Initiative). (Sergio, 2022)

Definice těchto firem je:

„Internet věcí je dynamická globální síťová infrastruktura, s možností vlastního nastavení svých schopností, založená na standardních a interoperabilních komunikačních protokolech, kde fyzické i virtuální „věci“ mají své identity, fyzické atributy a virtuální osobnosti, a používají inteligentní rozhraní a jsou bezproblémově integrovány do systému informační sítě. V širší perspektivě může být internet věcí vnímán jako vize s technologickými a společenskými dopady. Z pohledu technické standardizace může být internet věcí považován za globální infrastrukturu pro informační společnost, umožňující pokročilé služby fyzickým i virtuálním propojováním věcí na základě stávajících a vyvíjejících se informací a komunikačních technologiích.“ (Sergio, 2022)

Existují však i další možné definice, nicméně všechny jsou si velmi podobné. Například Německý SAP definuje IoT takto:

„Internet věcí (IoT) jsou propojené objekty a zařízení (neboli "věci"), které jsou vybaveny senzory, softwarem a dalšími technologiemi, které jim umožňují přenášet a přijímat data do a z jiných objektů.“ (What is IoT and how does it work?, 2024)

IBM používá definici:

„Internet věcí (IoT) označuje síť fyzických zařízení, vozidel, spotřebičů a dalších fyzických objektů, které jsou vybaveny senzory, softwarem a síťovým připojením, což jim umožňuje shromažďovat a sdílet data.“ (What is the Internet of Things (IoT)?, 2024)

Definice tedy říkájí že IoT máme vnímat jako soubor / ekosystém zařízení, která mají schopnost navzájem přenášet data a následně je zpracovávat pro uskutečnění různých scénářů. Tyto předem připravené scénáře zahrnují různé kombinace činností různých zařízení v daném IoT systému a následně se mohou vykonávat automaticky. (Madakam, 2015)

3.2 Architektury, topologie a komunikační protokoly v IoT

3.2.1 Architektury zpracování dat

Architektura zpracování dat je skupina přístupů, jakými jsou data ukládána, zpracovávána a analyzována. (Ometov, 2022)

Cloud Computing

Cloud computing umožňuje organizacím či jednotlivcům využívat hardware, software nebo obojí, jako službu. Odpadají tedy náklady spojené z vybudování takových zdrojů. (Kaur, 2020)

V cloud computing máme tři distribuční modely podle toho, co poskytují. Jako první je IaaS (Infrastructure as a Service) poskytující infrastrukturu formou virtualizovaných zdrojů, kde se o hardware stará poskytovatel. Uživatel má možnost instalovat a spouštět libovolný software a aplikace. Výhodou je úspora nákladů a starostí o hardware. Druhým je PaaS (Platform as a Service) nabízející kompletní platformu pro vývoj, testování a nasazení aplikací. A třetí SaaS (Software as a Service) umožňuje přístup k již hotovému softwaru prostřednictvím internetu, aniž by byl vlastněn. Uživatel má obvykle možnost měnit jen některá nastavení v aplikaci. Odpadá tedy starost o vývoj softwaru. (Cloud Computing, 2023)

Cloud computing je nedílnou součástí IoT, protože k IoT zařízením by bylo nutné budovat i výpočetní výkon pro zpracování a uchovávání dat. Existuje několik firem, které nabízí své řešení v této oblasti. Amazon, Microsoft a Google nabízí svá řešení jako jsou Google IoT, Microsoft Azure IoT hub a Amazon IoT. (Youssef, 2012)

Edge Computing

Jedná se o způsob, kde jsou data zpracovávána a analyzována lokálně buď přímo na zařízení nebo jsou odeslána na lokální server či jiné zařízení v izolované síti. Tento přístup minimalizuje potřebu posílání dat na cloudový server, což má za následek snížení latence a umožňuje reakce v reálném čase. Edge computing je tedy nedílnou součástí pro aplikace a systémy, kde by zvýšená odezva mohla negativně ovlivnit fungování. Díky lokálnímu zpracovávání dat se snižuje zatížení sítě a zvyšuje bezpečnost dat. Nevýhodou je někdy vysoký výpočetní výkon, který musí zařízení poskytovat. (Qi, 2019) (Ometov, 2022)

Fog Computing

Fog computing se nachází mezi edge a cloud computingem. Jedná se o předzpracovávání a filtrování dat co nejbližší k místu, kde byla vytvořena před jejich odesláním na cloud. Tento přístup má za následek snížení objemu dat přenášených na vzdálené cloudové servery a tím snižuje zatížení a latenci celé sítě. Díky tomu jsou i rychlejší reakce na různé události. Jde tedy o lokální servery, které provádí předzpracování nebo kompletní zpracování dat a rozhoduje o tom, jaká data je potřeba odesílat do cloudu. Tato metoda má výhodu jak v rychlosti zpracování dat, tak v jejich bezpečnosti a následně rychlé odezvě a škálovatelnosti struktury. (Stojmenovic, 2016) (Chen, 2017)

3.2.2 Topologie Mesh síť

Mesh je druh topologie, kde jednotlivá zařízení komunikují přímo a navzájem se propojují, nejsou tudíž hierarchicky propojena. Tím tvoří strukturu bez centrálního uzlu. Tedy každé zařízení v síti může sloužit jako autonomní bod pro přenos dat, přičemž data jsou směrována prostřednictvím různých zařízení až k cíli. Díky tomu se značně zvětšuje dosah celé sítě. Tato struktura zajišťuje flexibilní a vysoce odolnou komunikaci v celé síti. (Yu Liu, 2017)

Topologie mesh sítě může být full mesh nebo partial mesh. Full mesh označuje síť, kde jsou všechna zařízení propojena se všemi. Naopak v partial mesh jsou jen některá zařízení propojena se všemi ostatními. (Ingalls, 2022)

3.2.3 Komunikační protokoly

Protokol je definovaný soubor pravidel, který určuje, jak bude probíhat přenos dat a další komunikace, mezi jednotlivými uzly nebo body v síti. Protokoly jsou důležité, protože každý bod v síti by mohl na způsob komunikace nahlížet jinak a nedošlo by k vzájemné shodě a navázat komunikaci by bylo nemožné. Díky protokolům je tedy umožněna komunikace s jakýmkoliv zařízením, pokud používá stejný komunikační protokol. (What is a protocol? | Network protocol definition, 2024)

WiFi

IEEE 802.11 běžně označované jako WiFi je celosvětově rozšířená technologie, která umožňuje bezdrátový přenos dat. Využívá různé standardy a frekvence, které prošly postupným vývojem, aby zajišťovaly vyšší rychlost a lepší stabilitu připojení. (Hiertz, 2010)

Wi-Fi sítě využívají dvě hlavní frekvence: 2,4 GHz a 5 GHz. Frekvence 2,4 GHz nabízí větší dosah, ale nižší rychlost a je náchylnější k rušení, například od mikrovlnných trub nebo Bluetooth zařízení. Naopak frekvence 5 GHz poskytuje vyšší rychlost, ale kratší dosah a je méně náchylná k rušení. Tyto technologie se označují jako IEEE 802.11b pro frekvenci 2,4 GHz s maximální rychlostí 11 Mbit/s a IEEE 802.11a s frekvencí 5 GHz a rychlostí až 54 Mbit/s. (Hiertz, 2010)

V IoT je tato technologie často využívána, protože WiFi router je téměř v každé domácnosti. Díky tomu odpadají starosti s budováním jiné komunikační sítě, a proto hodně IoT zařízení používá WiFi. Kvůli velké spotřebě energie pro zařízení, která mají malou kapacitu baterie a někdy malému dosahu, jsou vyvíjeny jiné standardy přímo pro IoT zařízení. Další problém je zahlcení WiFi sítě v případě velkého počtu IoT zařízení. (Friess, 2022)

BLE (Bluetooth Low Energy)

Bluetooth 4.0 také BLE, představuje komunikační protokol pro aplikace v IoT. Jeho výhodou je efektivní komunikace na krátké vzdálenosti s nízkou latencí. BLE také nabízí lehčí implementaci, rychlejší navázání spojení a podporuje hvězdicovou a stromovou topologii, která umožňuje připojit obrovské množství zařízení. BLE využívá frekvenční pásmo 2.4 GHz jako klasické Bluetooth, ale dosahuje daleko menší spotřeby, a to až o polovinu (zhruba 12.5 mA). Jeho dosah je kolem 10 metrů a dosahuje přenosové rychlosti až 1mbps. (Rahman, 2018) (Al-Sarawi, 2017)

ZigBee

ZigBee je síťová technologie s nízkou spotřebou energie 30 mA. Je schopná přenášet až na vzdálenost 100 metrů ale pouze malé objemy dat a to 250kbps. Využívá se pro sítě senzorů, měřících zařízení, světel, ovladačů a dalších zařízení s nízkým datovým tokem. Může pracovat na těchto frekvenčních pásmech 2.4GHz, 868MHz a 915MHz. Umožňuje jak mesh topologii, tak hvězdicovou i stromovou. (Rahman, 2018)

ZigBee rozlišuje dva typy zařízení podle účelu, na Full Function Device (FFD) and Reduced Function Device (RFD). FFD má plnou funkčnost a podporu standardních protokolů. Také má schopnost směrování, řízení, komunikace a detekce v síti. RFD jsou připojena k FFD a mohou komunikovat pouze s nimi. RFD provádí jednoduchá měření, například teplotních dat nebo detekce světelných podmínek. (Rahman, 2018) (Farahani, c2008)

Z-Wave

Z-Wave je síťový protokol zaměřený především na propojení chytrých domácích zařízení. Využívá síť PAN, která je vhodná pro přenos menších objemů dat na krátké vzdálenosti a je navržena s ohledem na nízké provozní náklady. (Yassein, 2016)

Z-Wave využívá mesh topologii, což znamená, že centrální jednotka spojuje různá zařízení, která následně mohou komunikovat jak přímo s routerem, tak i mezi sebou, čímž se rozšiřuje dosah sítě až na přibližně 150 metrů. Maximální rychlost přenosu dat je kolem 100 kbit/s, přičemž běžná rychlost je poloviční. Síť může obsahovat až 232 uzlů, které se skládají z radiče a podřízených zařízení. Aby mohlo dojít k vzájemné komunikaci, je nutné uzly nejprve spárovat. (Yassein, 2016)

Při výrobě dostane řídicí prvek přidělený 32bitový identifikátor (Network ID nebo Home ID), který se při párování přiděluje konkrétnímu uzlu, aby mohl komunikovat s ostatními zařízeními. Komunikace mezi zařízeními je možná pouze v případě, že mají stejný síťový identifikátor. Každý uzel má také vlastní unikátní 8bitový identifikátor (Node ID). (Yassein, 2016)

Thread

Thread byl navržen několika společnostmi přímo pro použití v IoT. Je to nízkoeenergetický bezdrátový síťový protokol, který pracuje v mesh topologii. Díky podpoře IPv6 jsou zařízení schopná připojit se do sítě a komunikovat s dalšími thread zařízeními libovolných výrobců. Je také kompatibilní s BLE a ZigBee, což zjednodušuje integraci

různých zařízení do jedné sítě. Koncová zařízení s Thread mohou přejít do režimu spánku, čímž šetří baterii a probouzí se pouze v případě potřeby komunikovat, ale hlavní routery musí být vždy aktivní. Jeden uzel v síti může obsahovat až 32 routerů. Zařízení jsou schopna samočinně zjistit přítomnost jiných zařízení, připojit se k nim a aktualizovat své směrovací tabulky bez zásahu uživatele. (Kim, 2019)

Matter

Matter je poměrně nový a otevřený standard, jehož cílem je sjednocení a snadná integrace všech IoT zařízení. Uživatel je schopen ovládat zařízení od libovolného výrobce jednou aplikací a všechna zařízení jsou kompatibilní. To znamená, že výhodou protokolu je jednotná platforma, díky níž není nutné instalovat řadu aplikací od různých výrobců. Současně odpadá nutnost pořizování více mostů či hubů pro propojení různých ekosystémů, což snižuje náklady. Matter také zahrnuje požadavky na bezpečnost, využívá šifrování a autentizaci, čímž chrání systém před neoprávněným přístupem. K dalším přínosům patří širší interoperabilita, neboť zařízení od různých značek mohou spolupracovat v jednom ekosystému. To ocení zejména koncoví uživatelé s větším počtem zařízení. (Zegeye, 2023)

Matter podporuje Ethernet, Wi-Fi, Thread a BLE (Bluetooth Low Energy) jako hlavní komunikační rozhraní, čímž zajišťuje spolehlivý přenos dat v různých typech prostředí. Veškerá komunikace probíhá přes IP protokol. Thread je postavený na bázi sítě 6LoWPAN, používá specifické globální IPv6 adresy pro zařízení v síti a může tak být připojený k internetu. Tím se eliminuje potřeba překládání adres (NAT) a uživatelům i zařízením poskytuje přímý přístup. Další výhodou je, že díky Thread vytváří komunikační Mesh síť, a to zvyšuje stabilitu a odezvu celého systému. (Zegeye, 2023)

LoRa

LoRa patří do skupiny LPWAN (Low Power Wide Area Network). Jedná se o síť navržené pro přenos dat na dlouhé vzdálenosti při minimální spotřebě energie. LoRa funguje tak, že koncová zařízení komunikují s gateways, a ta pak následně komunikuje dál v síti. Nejlepší řešení je používat hvězdicovou topologii, protože snižuje složitost sítě a zvyšuje životnost baterie. LoRa pracuje v nelicencovaném pásmu na frekvenci 868 MHz a disponuje možností obousměrné komunikace. Rychlost komunikace je v rozmezí od 300 bit/s do 50 000 bit/s. (Augustin, 2016)

SigFox

SigFox také patří do skupiny LPWAN. Dosahuje přenosové vzdálenosti až desítky kilometrů v málo zastavěných oblastech a do 10 kilometrů ve městě. Stejně jako LoRa, SigFox komunikuje pouze s base station a ta pak dál do sítě. (Lavric, 2019)

SigFox pracuje v nelicencovaném pásmu, typicky na frekvenci 868 MHz v Evropě a 915 MHz v Severní Americe. Přenosová rychlost je nízká, maximálně 100 bps, a podpora zahrnuje až 140 zpráv denně s maximální velikostí 12 bytů. Díky takto omezené komunikaci je výdrž zařízení se dvěma AAA bateriemi i 5 až 10 let. (Lavric, 2019)

3.3 IoT v oblasti energetiky

Internet věcí (IoT) přináší do energetiky nové možnosti v oblasti řízení a optimalizace energetických sítí. Díky novým technologiím a rostoucím výzvám prochází celý energetický sektor výraznou transformací. S nástupem dostupných obnovitelných zdrojů a pokročilých úložišť energie se elektrické sítě stávají stále složitějšími a decentralizovanějšími. Tato narůstající složitost vyžaduje efektivní řízení každého koncového bodu sítě, aby bylo možné zajistit spolehlivý a stabilní provoz v měnících se podmínkách moderní energetiky. (Bedi, 2018)

3.3.1 Klíčové technologie a využití IoT v energetice

Klíčové technologie IoT v energetice zahrnují chytré měřiče, senzory, komunikační protokoly a analytické platformy. Tyto prvky poskytují základ pro modernizaci energetických systémů a umožňují monitorování spotřeby energie, prediktivní údržbu a dynamickou správu sítí. Například chytré měřiče poskytují podrobné informace o spotřebě, které lze využít pro optimalizaci provozu. IoT zároveň umožňuje uživatelům i provozovatelům lépe vidět energetické toky a přijímat rozhodnutí na základě přesných dat (Li, Xu a Zhao, 2015).

Integrace IoT v energetice s dalšími technologiemi, jako je cloud computing, big data nebo umělá inteligence, přináší nové možnosti pro efektivitu energetických systémů, ale také pro rozvoj služeb zaměřených na udržitelnost a spolehlivost. Tato kombinace umožňuje efektivní začlenění decentralizovaných zdrojů energie, jako jsou fotovoltaické panely nebo domácí elektrárny, a zároveň podporuje přechod na nízkouhlíkové zdroje (Fang, 2012)

3.3.2 Smart Grids (Chytré energetické sítě)

Smart Grid je energetická síť, která propojuje klasickou infrastrukturu s prvky internetu věcí a umožňuje tím řízené dodávky energie od dodavatelů ke spotřebitelům. Hlavním cílem je zajistit dynamickou rovnováhu mezi výrobou a spotřebou energie prostřednictvím obousměrné informační komunikace. (Hossein Motlagh, 2020)

Obousměrná komunikace může probíhat díky chytrým zařízením, která měří data a odesílá je k zpracování. Tato technologie umožňuje spotřebitelům, kteří provozují vlastní fotovoltaické, větrné nebo vodní elektrárny, stát se zároveň dodavateli energie do sítě. Tento přístup, známý jako decentralizace sítě, zvyšuje její flexibilitu, zlepšuje efektivitu celého systému a zvětšuje odolnost vůči výpadkům (blackoutům). (IBRAHIM, 2008) (Khalid, 2024)

Důvody pro implementaci Smart Grids

Decentralizace je jeden z klíčových důvodů pro implementaci chytrých sítí. Decentralizované systémy bývají často doplněny o úložiště energie, která umožňují uchovávání přebytků pro pozdější využití v období zvýšené poptávky nebo pro vlastní spotřebu. Implementace Smart Grids přispívá k vyšší efektivitě, spolehlivosti a ekologické udržitelnosti energetických systémů. (Lamnatou, 2022)

Dalším z hlavních důvodů zavádění chytrých sítí je přechod na nízkouhlíkovou energetiku. Tradiční energetické systémy, založené převážně na fosilních palivech, nejsou schopné naplnit cíle spojené se snižováním emisí skleníkových plynů. V roce 2022 bylo v České republice vyrobeno 50% elektrické energie z uhlerných a plynových elektráren, které jsou ale odpovědné za 95% emisí v energetice. (Fakta o Klimatu, 2022)

Smart Grid umožňuje efektivní integraci obnovitelných zdrojů energie, jako jsou fotovoltaické, větrné a vodní elektrárny. Tyto zdroje generují energii nepravidelně, v závislosti na lokálních podmínkách. Chytrá síť dokáže tento problém řešit prostřednictvím řízení a ukládání energie v síti. Tradiční modely výroby a distribuce energie, které se opírají o velké centralizované elektrárny, jsou postupně nahrazovány distribuovanými systémy, kde se energie vyrábí blíže k místu spotřeby, tedy lokálně. Tento přístup má několik výhod. Snižuje ztráty při přenosu, zvyšuje odolnost proti výpadkům sítě a zvyšuje přenosovou kapacitu sítě. Rozšiřovat kapacitu sítě není jednoduché a je to velmi nákladné. Problém je také v celkové době výstavby takových projektů. (Borlase, c2013)

Díky chytrým sítím mohou malé domácí elektrárny snadno dodávat přebytky energie do sítě a sdílet je na lokální úrovni. Domácnosti, vybavené dostatečnou kapacitou fotovoltaických panelů a bateriových úložišť, se mohou stát zcela nezávislé na centrálních dodávkách, čímž přispívají ke stabilitě celé sítě. Úložiště energie umožňuje uchovávat přebytky vyrobené během dne a spotřebovávat je během večerní špičky nebo v době, kdy obnovitelné zdroje neprodukují dostatek energie. To zvyšuje mimo jiné ekonomickou výhodnost domácích elektráren. (Moreno Escobar, 2021) (Lamnatou, 2022)

Aktivní správa sítě a chytré měření

Díky technologiím, jako jsou senzory, chytré měřiče a analytické nástroje, může být síť v reálném čase sledována a řízena. Aktivní správa umožňuje dynamicky přizpůsobit výrobu aktuální poptávce. Při zvýšené spotřebě během špičky může síť automaticky zapojit lokální úložiště nebo nasměrovat přebytky tam, kde jsou nejvíce potřeba. (Jixuan Zheng, 2013)

Smart meters poskytují detailní přehled o spotřebě energie v reálném čase, což umožňuje spotřebitelům lépe pochopit svou spotřebu během dne, ale také energetickým společnostem přesněji plánovat a optimalizovat výrobu a celkový provoz sítě. Data z chytrých měřičů navíc umožňují zavedení dynamických cenových modelů, takzvaně spotové ceny. Tyto ceny motivují spotřebitele k úsporám energie během špiček a spotřebě v době nízké poptávky, kdy je přebytek energie. (Jixuan Zheng, 2013)

3.3.3 Výroba energie

Elektrická energie je dnes již nedílnou součástí naší společnosti. Elektřina pohání téměř vše, domácnosti, průmysl, digitální technologie, automobilovou dopravu a spoustu dalších. Pro všechny tyto druhy spotřebitelů je nutné zajistit stabilní výrobu energie, kterou dnes zajišťují elektrárny na fosilní paliva. Tyto zdroje energie jsou, kvůli dohodě o snižování skleníkových plynů, nahrazovány obnovitelnými zdroji energie. Většina obnovitelných zdrojů neprodukuje žádný CO₂ během provozu, přesto nějaké emise vznikají během jiných fází životního cyklu. Například výstavba, výroba komponent, recyklace na konci životnosti, doprava, instalace a další. (Mastný, 2011) (EEA, 2015)

Obnovitelný zdroj energie je zdroj, který v kontextu lidského života nemůže dojít a neustále dochází k jeho obnovování. Takovým zdrojem je třeba sluneční energie, větrná energie, vodní energie, biomasa, geotermální energie. (Mastný, 2011) (EEA, 2015)

Podle § 7 odst. 2, zákona č. 17/1992 Sb. „*Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka. Neobnovitelné přírodní zdroje spotřebováváním zanikají.*“

(Zákon č. 17/1992 Sb., 1992)

Fotovoltaické panely

Fotovoltaická elektrárna je zařízení, které přeměňuje energii ze slunečního záření na elektrickou energii. Tato přeměna probíhá ve fotovoltaických článcích, které vyrábějí stejnosměrný elektrický proud. Velikost produkovaného proudu závisí na intenzitě dopadajícího záření. (Al-Ezzi, 2022)

Hlavní výhodou fotovoltaických elektráren je bezemisní výroba energie, což přispívá k ochraně životního prostředí a snižování emisí skleníkových plynů. Mezi nevýhody však patří závislost výroby na intenzitě slunečního záření, což způsobuje výpadky v noci a sníženou efektivitu během oblačných dnů. (Mastný, 2011)

Základem fungování fotovoltaických článků je fotoelektrický jev – proces, při němž dochází k uvolnění elektronů v materiálu po absorpci fotonů světelného záření. Tento jev vzniká v důsledku interakce mezi částicemi materiálu a fotony. (Al-Ezzi, 2022)

3.3.4 Ukládání energie

Nárůst využívání obnovitelných zdrojů energie přináší problém s jejich omezenou schopností pružně reagovat na aktuální poptávku v síti. Důvodem je nepravidelnost výroby, která závisí na přírodních podmínkách, jako je sluneční svit či síla větru. V energetické síti je přitom klíčové udržovat rovnováhu mezi výrobou a spotřebou, jinak může dojít k destabilizaci a výpadkům. Jedním z možných řešení je ukládání přebytečné energie do baterií, aby ji bylo možné využít při pozdější zvýšené poptávce. Další variantou je přeměna elektrické energie na jiné formy, například na tepelnou energii ve vodě, stlačený vzduch nebo vodík, který lze skladovat. Existuje spousta dalších řešení, velká i malá. (IBRAHIM, 2008) (Mitali, 2022)

Baterie

Bateriové systémy slouží k akumulaci přebytečně vyrobené elektrické energie. Ta vzniká v důsledku nerovnoměrné výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů a je zapotřebí ji spotřebovat nebo uložit. Baterie ukládá energii v chemické formě a funguje na principu chemické reakce. Baterie má dva póly kladný (+) a záporný (-). Pokud jsou póly baterie propojeny, tok elektronů vyvolá chemickou reakci v baterii a tím zajistí uvolňování dalších

elektronů. Na záporném pólu se hromadí elektrony a v případě propojení obou pólů se nahromaděné elektrony snaží proudit co nejrychleji na kladný pól (+). V baterii, kde nejsou póly propojeny, žádná reakce neprobíhá a tím se baterie nevybíjí. Díky tomu baterie setrvá nabitá i delší dobu. Výhodou je, že baterie nedělá hluk ani škodlivé emise. Existují různé druhy baterií, ale nejvýznamnějším druhem pro aplikace k fotovoltaice jsou olověné a lithium-iontové. (Brain, 2015)

Olověné baterie představují cenově dostupnou variantu pro akumulaci energie, přičemž jejich energetická hustota se pohybuje v rozmezí 30–50 Wh/kg. Jejich cyklická životnost se pohybuje kolem 200–300 cyklů při 80 % hloubce vybití, což je podstatně méně ve srovnání s lithium-iontovým akumulátorem. Jednou z výhod olověných baterií je vysoká tolerance k přebíjení a nízká míra samovybíjení, která činí přibližně 5 % měsíčně při pokojové teplotě. Jmenovité napětí článku jsou 2 V, přičemž maximální nabíjecí napětí se doporučuje v rozmezí 2,40 V na článek. Pro nabíjení i vybíjení je teplotní rozsah v rozmezí -20 °C až 50 °C, což umožňuje jejich použití v různých klimatických podmínkách. (Mitali, 2022)

Olověné baterie vyžadují pravidelnou údržbu, která zahrnuje kontrolu a doplňování elektrolytu každých 3–6 měsíců, pokud nemají ventil regulující ztráty vody (VRLA). Tyto problémy se snaží řešit různé verze těchto baterií například gelové a AGM. (Mitali, 2022) Gelové baterie jsou pokročilou variantou olověných baterií, které díky gelovému elektrolytu nabízejí lepší bezpečnost, bezúdržbový provoz a vyšší odolnost vůči hlubokému vybíjení. AGM baterie je bezúdržbová olověná baterie s elektrolytem absorbovaným ve skelných vláknech. Olověné baterie jsou považovány za termálně stabilní a jejich dlouhodobá recyklovatelnost dosahuje až 99 %. (Mitali, 2022) (Kitaronka, 2022)

Lithium-iontové baterie (Li-ion) reprezentují technologii akumulace energie s vysokou energetickou hustotou, která se pohybuje v rozmezí 90–190 Wh/kg v závislosti na konkrétním typu chemické varianty. Například varianty s manganem a fosfátem dosahují nižších hodnot (~90–135 Wh/kg), zatímco baterie s kobaltem poskytují vyšší energetickou hustotu (~150–190 Wh/kg). Díky nízkému vnitřnímu odporu umožňují rychlé nabíjení a zároveň vysokou účinnost při vybíjení. Jmenovité napětí Li-ion článků se liší dle chemické varianty: 3,6 V pro články s kobaltem, 3,8 V pro mangan a 3,3 V pro fosfátové baterie. Li-ion baterie vykazují relativně nízkou míru samovybíjení, obvykle méně než 10 % měsíčně. Tato vlastnost zajišťuje dlouhou dobu skladovatelnosti. Provozní teplotní rozsah pro Li-ion baterie se pohybuje od 0 do 45 °C při nabíjení a -20 do 60 °C při vybíjení.

Lithium-iontové baterie mají dlouhou cyklickou životnost, která dosahuje 500 až 2 000 cyklů, přičemž fosfátové varianty obvykle nabízejí delší životnost díky větší stabilitě. (Abu, 2023)

Nicméně, Li-ion baterie jsou citlivé na přebíjení a vyžadují Battery Management System (BMS), který řídí teplotu, nabíjecí a vybíjecí výkony, aby se předešlo selhání a zároveň se prodloužila životnost baterie. Využívají se pro mobilní zařízení, elektromobily a obnovitelné energetické systémy díky jejich dlouhé životnosti, vysoké hustotě, vysokými vybíjecími i nabíjecími proudy a minimální potřebou údržby. Avšak je cena baterií zatím vyšší, jejich dlouhá životnost může v některých případech dávat ekonomický smysl i v domácích bateriových uložiscích. (Baterie pro fotovoltaiku: proč jsou důležité, jaký typ vybrat a jaká je jejich cena?, 2024)

Ukládání do teplé vody

Pokud fotovoltaické panely produkují příliš energie a není možno jí využít nebo výhodně prodat, přichází na řadu možnost přeměny elektrické energie na teplo a ohřátí vody. To může probíhat například v bojleru nebo ohříváním tepelným čerpadlem. Ohřátá voda je uložena v nádobě, která je izolovaná specifickým materiálem, aby teplotu neztrácela. Tato voda v závislosti na velikosti uložistě i druhu izolace může vydržet ohřátá i několik desítek hodin. Nejedná se tedy o ukládání na dlouhé doby a elektřina nejde získat zpět, ale teplá voda má své podstatné využití v každé domácnosti. (Mitali, 2022)

3.4 IoT zařízení v Smart Home

Zařízení jsou fyzické objekty, které shromažďují data nebo zaznamenávají změny v prostředí. Tyto informace následně odesílají k dalšímu zpracování, které zajišťují jiná zařízení se softwarem, například centrální jednotka nebo cloudové řešení. Tyto zařízení lze rozdělit do několika níže uvedených kategorií. (Sivaraman, 2018)

3.4.1 Centrální jednotka a Hub

Centrální jednotka je hlavní komponenta pro IoT systém. Zajišťuje komunikaci a vzájemné propojení mezi všemi druhy implementovaných IoT zařízení v síti. Centrální jednotka se od hubu odlišuje tím, že místo pouhého přepojování signálů zajišťuje nastavení a vyhodnocování automatizací (tzv. scén). Díky tomu umožňuje řízení celého systému. V některých zařízeních jsou tyto funkce sloučeny do jednoho zařízení, jindy se jedná o dvě

samostatná řešení, kde hub pouze zprostředkovává komunikaci, zatímco centrální jednotka se stará o automatizaci. (Awasthi, 2018)

Centrální jednotku tvoří hardwarová a softwarová část. Tyto části určují schopnosti centrální jednotky jako je počet připojených zařízení, výkon procesoru, komunikační protokoly a další. Můžeme jí tedy dělit na základě schopností, které požadujeme a cenou, kterou jsme ochotni zaplatit. Je možno mít dražší centrální jednotku, která disponuje širokou paletou komunikačních protokolů a velkým výkonem, pro připojení velkého počtu zařízení. Lze také koupit levnější jednotku bez softwaru, který si můžeme doinstalovat dle osobních preferencí (například Home assistant). (El-Afifi, 2024)

Hub funguje jako komunikační brána, která propojuje IoT zařízení s lokální sítí prostřednictvím různých protokolů, jako jsou ZigBee, Z-Wave nebo Thread. K síti se obvykle připojuje přes Wi-Fi nebo ethernet, čímž umožňuje přenos dat mezi připojenými zařízeními, centrální jednotkou nebo cloudovou službou. Například ZigBee zařízení nekomunikují přímo s Wi-Fi sítí, ale pouze prostřednictvím hubu, který jejich signály převádí do kompatibilního formátu a předává dál. Hub v některých případech může komunikovat přímo s mobilním telefonem, tabletem nebo počítačem, přes software jako Google Home, Apple Home nebo Home Assistant. Hlavní výhodou tohoto řešení je nižší pořizovací cena, která je dána jednodušší hardwarovou konstrukcí a podporou omezeného počtu zařízení, ale nutná závislost pouze na funkcích těchto systémů. Použitý komunikační protokol a kvalita hardwaru navíc ovlivňují počet zařízení a dosah. (Wang, 2013) (Awasthi, 2018)

3.4.2 Senzory

Senzory umožňují monitorování, měření a automatizaci různých procesů na základě dat, která sbírají. Pracují tak, že zaznamenávají změny v okolí a převádějí je na digitální signály. Podle způsobu měření se senzory dělí na kontaktní a bezkontaktní, podle typu snímané veličiny například na teplotní, světelné, pohybové, vlhkostní, tlakové nebo chemické. Následně odesílají data centrální jednotce pro další zpracování. (Sehrawat, 2019)

Proximity senzory slouží k detekci přiblížení objektů bez fyzického kontaktu. Pracují na principu vysílání elektromagnetických vln, infračerveného záření nebo ultrazvukových signálů a detekují změny v návratu těchto signálů. Existují různé typy proximity senzorů, například indukční, kapacitní, ultrazvukové nebo fotoelektrické, které se liší technologií detekce a použitým fyzikálním principem. (Sehrawat, 2019)

Teplotní senzory měří teplotu prostředí nebo objektů na základě změny elektrického odporu, termoelektrického napětí nebo infračerveného záření. Mohou být kontaktní i bezkontaktní, přičemž bezkontaktní varianta detekuje teplotu pomocí infračerveného záření emitovaného daným objektem. (Sehrawat, 2019) (Serroni, 2021)

Pohybové senzory fungují na principu detekce změn polohy nebo pohybu objektu v prostoru. Mezi nejběžnější technologie patří pasivní infračervené (PIR) senzory, které reagují na změny infračerveného záření způsobené pohybem teplejších objektů, nebo mikrovlnné senzory, které využívají Dopplerův efekt pro detekci pohybu na základě odrazů vysokofrekvenčních signálů. (Ansari, 2015)

Tlakové senzory měří sílu působící na určitou plochu a převádějí ji na elektrický signál. Pracují na principu změny kapacitance, piezoelektrického jevu nebo změny elektrického odporu v závislosti na tlaku. (Sehrawat, 2019)

Chemické senzory detekují chemické složení prostředí měřením změn elektrických, optických nebo elektrochemických vlastností materiálu při styku s konkrétní látkou. Často využívají elektrochemické, polovodičové nebo optické technologie k analýze plynů nebo kapalin. (Sehrawat, 2019)

Optické senzory pracují na principu detekce elektromagnetického záření v oblasti viditelného, infračerveného nebo ultrafialového spektra. Mohou měřit intenzitu světla, změny v odrazu nebo absorpci světelných vln, případně mohou fungovat na bázi fotoelektrického efektu k detekci přítomnosti nebo pohybu objektů. (Grattan, 2000)

3.4.3 Zásuvky

Chytré zásuvky umožňují ovládání, monitorování a nastavení automatizace připojených spotřebičů. Tyto zásuvky mohou komunikovat přes různé protokoly jako je Bluetooth, ZigBee, WiFi a Z-Wave. Důvod implementace je správa spotřeby energie a zvýšení komfortu. Mezi funkce chytrých zásuvek patří dálkové zapnutí a vypnutí spotřebičů pomocí aplikace, hlasových asistentů a dalších. Zásuvky také monitorují spotřebu energie, poskytují přehled o aktuální i historické spotřebě a pomáhají identifikovat energeticky náročné spotřebiče. (Suryadevara, 2019)

Další důležitou funkcí je automatizace, která umožňuje nastavit časové plány nebo propojit zásuvku s jinými IoT senzory, například s pohybovými čidly, čímž se optimalizuje využití spotřebičů. Chytré zásuvky rovněž přispívají k zvýšení bezpečnosti, jelikož některé modely disponují ochranou proti přetížení a přehřátí. Některé modely mají funkci detekce

standby režimu, který rozpozná, když zařízení i ve vypnutém stavu spotřebovává energii, a automaticky se zásuvka vypne. Tyto funkce přispívají ke snížení spotřeby energie, optimalizaci provozu spotřebičů a lepšímu řízení elektrických zařízení. (Suryadevara, 2019)

3.4.4 Smart LED světla

Smart žárovky využívají integrované Wi-Fi, ZigBee nebo Matter protokoly, které umožňují dálkové ovládání, stmívání a změnu barevného spektra. Díky senzorům a časovým plánům lze automatizovat jejich provoz dle denní doby, přítomnosti uživatele nebo dalších požadavků. Běžná LED žárovka využívá k produkci bílého světla jediný LED čip, což je energeticky efektivnější než RGB smart žárovka, která pro dosažení bílé barvy kombinuje světlo červené, zelené a modré diody současně. Tento rozdíl často vede k vyšší spotřebě energie u RGB variant. Spotřeba se tedy liší podle nastavení dané žárovky. Ve vypnutém stavu mohou stále odebírat energii kvůli Standby režimu, typicky od 0,5 až 1 W, a to kvůli síťovému připojení. (Ayan, 2020)

3.4.5 Smart vypínač

Smart vypínač je zařízení, jež nahrazuje běžný mechanický vypínač. Lze ho rozdělit na online mód a off-line mód. Tudíž díky bezdrátovému spojení s centrální jednotkou, skrze určitý protokol má možnost vzdáleného ovládání, ale stejně tak jako běžný vypínač má i fyzické dotykové spínání. Díky tomu zůstává funkční i v případě potíží s chytrým systémem, a uživateli tak stále poskytuje možnost světlo fyzicky zapnout či vypnout jako u běžného vypínače. Princip fungování samotného smart vypínače je založen na relé, které dostává příkaz, kdy se má sepnout. (Bagde, 2021)

3.4.6 Termostaty a termostatické hlavice

Chytré termostatické hlavice a chytré termostaty jsou dvě odlišné zařízení určené k automatizaci řízení teploty v domácnosti, jejichž cílem je zvýšit komfort a zároveň optimalizovat spotřebu energie. Termostat lze připojit ke kterémukoli zdroji tepla, ať už jde o kotel či tepelné čerpadlo, pokud k němu máte přímý přístup. V bytových jednotkách s ústředním vytápěním tato možnost zpravidla odpadá, a proto se zde uplatní pouze termostatické hlavice na radiátorech. Díky propojení s IoT mohou navíc komunikovat s dalšími komponenty chytré domácnosti, jako jsou automatizované ovládání oken, rekuperace vzduchu či solární panely, a tím ještě více zvyšovat celkovou efektivitu. Obě

řešení umožňují dálkové ovládání přes mobilní aplikace a v případě hlavice i individuální nastavení teplotních profilů pro různé místnosti. Lze je také propojit s automatizačními platformami typu Home Assistant. (Pillan, 2019)

Chytré termostatické hlavice se instalují přímo na radiátory, což je praktické pro byty nebo domy s více topnými tělesy. Oproti klasickým manuálním hlavícím nabízejí detailní řízení teploty v každé místnosti zvlášť, díky čemuž lze dosáhnout úspor až o desítky procent oproti tradičním systémům. (Lu, 2010) (Pillan, 2019)

Chytré termostaty zase zajišťují centrální řízení vytápění v celé domácnosti, a proto se často používají v rodinných domech s kotlem. Využívají integrované senzory teploty a vlhkosti, některé dokážou pracovat i s předpovědí počasí, čímž přizpůsobují vytápění aktuálním podmínkám. Pokročilejší modely mají algoritmy strojového učení, díky nimž se systém časem učí uživatelské návyky. Typickými zástupci jsou například Nest, Tado nebo Netatmo. (Lu, 2010)

3.4.7 Další zařízení

Další chytrá zařízení jsou například alarmy, které dokážou při úniku vody či kouře vydat zvukovou výstrahu a odeslat notifikaci, chytré zámky s možností vzdáleného přístupu, chytré vypínače k dálkovému ovládání světel a spotřebičů, uzávěry ventilů vody či plynu pro okamžité zastavení přívodu a garážová vrata, například pro otvírání dle scénářů. Dále sem patří i stropní ventilátory, žaluzie nebo okna, která lze automaticky otevírat díky integraci do IoT systému. Nechybí ani chytré spotřebiče, od myček a praček po kávovary a samozřejmě hlasoví asistenti pro provádění hlasových povelů. Ovšem jedná se pouze o část zařízení a kategorií. V praxi jich existuje velké množství a neustále přibývají. (Ford, 2017)

Všechna tato zařízení, díky integraci do IoT systému, mohou být ovládána individuálními automatizacemi podle nastavení každého uživatele. S rostoucím počtem chytrých zařízení v domácnosti se však zároveň zvyšuje komplexita automatizací. Čím více zařízení, tím pokročilejší a složitější je možnost řízení. (Ford, 2017)

3.5 Řídící software a hardware pro správu IoT systému

Každý IoT systém složený ze zařízení potřebuje ke svému chodu a nastavování automatizací nějaký řídicí software. Z důvodu odlišných funkcionalit a škálovatelnosti je software vyvíjen buď pro domácnost, nebo pro průmyslové použití. Každý takový software může využívat různou architekturu zpracování dat a různorodé komunikační protokoly.

Samozřejmě může jít i o kombinaci uvedených přístupů, kdy se jednotlivé technologie vzájemně doplňují a zvyšují efektivitu celého systému. (Zrelli, 2022)

Na trhu najdeme i různé přístupy k softwaru, jako je open-source řešení, tak proprietární software. Oba přístupy mají své výhody a nevýhody. Open-source software se vyznačuje nižšími pořizovacími náklady (často bývá zdarma), možností volně přistupovat a upravovat zdrojový kód a širokou flexibilitou. Avšak často vyžaduje vyšší technickou odbornost, spoléhá na komunitu a nemusí mít zajištěnou oficiální podporu. Proprietární (uzavřený) software obvykle nabízí oficiální servis a aktualizace, ale přináší leckdy i značně vysoké licenční poplatky, žádnou či omezenou možnost úprav a závislost na dodavateli. (Zrelli, 2022)

3.5.1 Způsoby ovládání

Existuje celá řada přístupů k ovládání, které lze využít při interakci s chytrou domácností. V praxi se velmi často tyto způsoby kombinují, protože žádný nelze označit za jediný správný či nejlepší. Například je možné mít zároveň webové rozhraní, mobilní aplikaci a hlasové příkazy. Volba konkrétních přístupů závisí na preferencích uživatele, dostupné technické infrastruktuře a schopnostech softwaru. (Vandome, 2018)

Ovládání pomocí aplikace

Ovládání chytré domácnosti přes určitou aplikaci v chytrém telefonu, tabletu či počítači je jedním z nejčastějších způsobů interakce se softwarem pro Smart Home. Mobilní telefon je pro majoritu lidí neustále po ruce, takže umožňuje domácnost spravovat prakticky odkudkoli. Pro takové ovládání stačí internetové připojení nebo lokální síť, jako je Wi-Fi či Bluetooth. Samotná aplikace přeposílá zadané příkazy na řídicí software, který zajistí, aby se příkazy dostaly k odpovídajícím zařízením. V některých případech může být aplikace současně i řídicím softwarem. (Vandome, 2018)

Nespornou výhodou je intuitivní uživatelské rozhraní, kde mohou být funkce pro snadné zapínání a vypínání spotřebičů, sledování aktuální spotřeby energie a přijímání přehledných notifikací. Uživatel tak získává rychlý přehled a v případě potřeby může reagovat, ať už je doma či na cestách. Nevýhodou naopak bývá určité omezení funkcionalit u některých aplikací. Pokud je aplikace dodávána jako balíček s IoT zařízeními od jedné firmy, přechod na jinou aplikaci může být problémový či nemožný. (Chakraborty, 2023)

Webové rozhraní

Můžeme se setkat také se systémy ovládané přes webový panel či takzvaný dashboard, ke kterému lze přistupovat prostřednictvím libovolného zařízení s internetovým prohlížečem. Uživatel tak má možnost snadno spravovat a monitorovat domácnost odkudkoli. Stačí pouze připojení k serveru, který řídící software hostuje, a to buď lokálně, nebo na dálku přes internet. Výhodou je, že není třeba instalovat speciální aplikaci. Na druhou stranu je nutné dbát na bezpečnost, například využívat šifrované připojení HTTPS a nastavit přístupová práva, aby se k systému nemohl dostat neoprávněný uživatel. (Chakraborty, 2023)

Hlasové ovládání

K pohodlnému ovládání domácnosti je hlasové ovládání ideální v případech, kdy nemáte možnost použití zařízení s aplikací. Na trhu se nachází několik významných zprostředkovatelů, například Google s Google Home, Amazon s Amazon Alexa či Apple se svým Apple HomePod. Tito hlasoví asistenti jsou buďto ve formě samostatného softwaru, nebo jako kompletní balíček zahrnující jak zařízení, tak software. (Edu, 2021)

Technicky jde o menší zařízení vybavené reproduktorem a mikrofonom, které je trvale připojeno k internetu. Pokaždé, když uživatel vysloví předem definovanou aktivační frázi například „Alexa“ nebo „Hey Google“, asistent začne naslouchat a následně vyhodnotí zadaný příkaz. Tímto způsobem lze ovládat prvky chytré domácnosti. Výhodou je uživatelský komfort, nevýhodou nutnost trvalého připojení k internetu a možnost občasného špatného vyhodnocení příkazu, zejména je-li prostředí hlučné. (Vandome, 2018) (Edu, 2021)

Fyzické ovládání

Většina chytrých zařízení si zachovává možnost tradičního ovládání, tedy zapnutí či vypnutí tlačítkem, případně otočením spínače. Tento způsob patří k nejspolehlivějším, protože nevyžaduje žádné připojení k internetu ani k softwaru třetích stran. Taktéž pokud se objeví někdo bez přístupu do chytrého systému, například návštěvy, a systém není dostatečně automatizován, stále je zachována možnost ovládat zařízení fyzickými tlačítky. K tomu se pojí možnost instalace centrálního ovládacího zařízení. Takovým zařízením může být třeba centrální dotykový panel. Ten je umístěn trvale na stěně, díky tomu má uživatel pohromadě veškeré funkce domácnosti a každý je má možnost skrze něj ovládat. Zde platí stejná výhoda jako u tlačítek a to, že každý v domácnosti může upravit nastavení bez nutnosti mít aplikaci nebo mluvit na asistenta, pokud je integrován. (Vandome, 2018)

Automatizační pravidla (scénáře)

Mnoho systémů chytré domácnosti umožňuje automatizaci prostřednictvím předdefinovaných pravidel a scénářů. Uživatel tak nemusí ovládat jednotlivé prvky domácnosti manuálně, ale software je automaticky spustí či upraví jejich nastavení podle aktuální situace. Automatizace může mít více možností spuštění, a to časovým harmonogramem, přítomností osob nebo faktory jako je teplota, vlhkost či intenzita osvětlení. (Stoljescu-Crisan, 2021)

Pokud správně nakonfiguruje podmínky v řídicím softwaru, systém se následně postará o vykonání automatizací. Například světla se mohou automaticky rozsvítit při detekci pohybu, rolety se stáhnou po západu slunce a vytápění se přizpůsobí venkovní teplotě. Výhodou je maximální pohodlí a úspora energie, protože domácnost se dynamicky přizpůsobuje potřebám uživatele. Na druhou stranu je důležité správné a pečlivé nastavení pravidel, aby automatizace fungovala správně. Zejména v počáteční fázi může být nutné automatizaci postupně ladit, aby správně reagovala na všechny situace a nedocházelo k nechtěným akcím. (Stoljescu-Crisan, 2021)

3.5.2 Proprietární řešení

Proprietární software je vyvíjen, vlastněn a spravován určitou firmou. Proprietární software tedy nemá veřejně dostupný zdrojový kód a často se za něj i platí. Výhodou může být zákaznická podpora, pravidelné aktualizace, vyšší stabilita a díky tomu i větší bezpečnost. Software často firmě přináší určitou formu zisku, což zvyšuje motivaci k jeho dalšímu zlepšování a údržbě, na rozdíl od open source řešení. (Singh, 2015)

Firmy často nabízejí kompletní realizaci chytrého domu nebo některé jeho části a k tomu dodávají vlastní ovládací software i hardware. Tyto části uživatel nemůže samostatně upravovat a konfigurovat. Stává se tak závislým na konkrétním dodavateli. To může mít za následek omezení integrace zařízení od jiných výrobců, a i vyšší cenou za služby a produkty. Tedy to, jestli je systém placený či neplacený a otevřený či uzavřený pro ostatní zařízení se odvíjí od přístupu firmy. Na trhu samozřejmě existují obě řešení a záleží tedy na požadavcích uživatele. (Singh, 2015)

Proprietárními softwary pro chytrou domácnost jsou například Google Home, Apple HomeKit, Amazon Alexa, Samsung SmartThings, Philips Hue, Aqara Home, Loxone a Fibaro Home Center, ale existuje spousta dalších. Tyto platformy se liší podporovanými technologiemi, typem integrace, ale také přístupem k řízení domácnosti. (Singh, 2015)

Google Home, Apple HomeKit a Amazon Alexa jsou cloudová řešení, která komunikují přes internet se servery, což umožňuje hlasové ovládání a propojení různých zařízení v rámci jejich ekosystémů. Využívají technologie jako automatické rozpoznávání řeči (ASR), porozumění přirozenému jazyku (NLU) a strojové učení, které jim pomáhají zlepšovat interakci s uživatelem. Díky těmto technologiím se neustále učí, rozšiřují své možnosti pro ovládání chytré domácnosti. (Kepuska, 2018)

Loxone a Fibaro mají své systémy zaměřené na komplexní automatizaci domácností, přičemž jsou navrženy pro pokročilé řízení pomocí centrální jednotky s vlastním softwarem. Ten zajišťuje lokální provoz bez nutnosti cloudové konektivity, což zvyšuje bezpečnost a spolehlivost systému. Fibaro nabízí centrální jednotku Home Center 3 spolu s dalšími variantami, jako je například Home Center 3 Lite, které se liší výkonem a funkcionalitou podle potřeb uživatelů. Loxone poskytuje Miniserver Go a další modely, jako je standardní Miniserver, přičemž každá verze je určena pro různé úrovně automatizace a velikosti instalací. Na rozdíl od Fibaro, který využívá bezdrátový protokol Z-Wave a umožňuje snadnou integraci různých zařízení s tímto protokolem. Loxone využívá vlastní komunikační protokol Loxone Air a vlastní software Loxone Config pro správu zařízení. (Loxone, 2025) (Fibaro, 2025)

3.5.3 Open source řešení

Open source je typ licence a zároveň představuje přístup k vývoji softwaru, při němž je zdrojový kód veřejně přístupný a může být volně studován, upravován a dále distribuován. Díky tomuto přístupu se zvyšuje transparentnost, podpora vývojáři a umožňuje rychlejší identifikaci s následnou opravou chyb. Díky otevřenosti je takový software flexibilní a snadno přizpůsobitelný specifickým či novým potřebám uživatelů. Nevýhodou může být žádná nebo omezená zákaznická podpora. (Fuggetta, 2003) (Domínguez-Bolaño, 2022)

Existuje celá řada open source softwarových řešení pro správu IoT systému. Mezi nejvýznamnější platformy patří například Home Assistant, Domoticz nebo openHAB, které se liší v rozsahu funkcí, technickém řešení i uživatelském přístupu. (Setz, 2021)

Home Assistant

Home Assistant je open-source platforma vyvíjená komunitou z celého světa a nabízí integraci velkého množství různých zařízení, komunikačních protokolů i externích služeb. Home Assistant také vyrábí i vlastní hardwarové řešení pro svůj software. (Home Assistant Green, 2025)

Architektura je postavena na událostním modelu s centrální komponentou event bus, který zajišťuje komunikaci mezi jednotlivými částmi systému. Celý software je i s doplňky vytvořen v jazyce Python. (Setz, 2021)

Jednotlivá zařízení jsou označována jako entity, které obsahují atributy. Entity se používají při vytváření automatizací, ty se aktivují různými faktory. Může to být změnou stavu zařízení, cenou elektřiny nebo pohybem uživatele. Automatizace lze nastavovat i přes formát YAML, přičemž některé části jsou dostupné i v grafickém rozhraní. (Setz, 2021)

Velkou výhodou Home Assistanta je, že může být instalován a provozován na průměrném hardwaru, jako je Raspberry Pi nebo NAS server. K dispozici je webové i mobilní rozhraní a integrovaný obchod s doplňky, které přidávají funkce bez nutnosti programování. Platforma podporuje načítání dat přes API z externích zdrojů a jejich převod na entity, například ceny energií, předpověď počasí či informace o stavu solárních panelů. Lze také vizualizovat data pomocí dashboardů. Tím lokální provoz platformy zvyšuje úroveň bezpečnosti a ochrany dat. (Cameron, 2018)

Domoticz

Tento software je spravován komunitou vývojářů a umožňuje připojení spousty zařízení. Jeho předností je jednoduché uživatelské rozhraní, které je přístupné z počítačů i mobilních zařízení. Domoticz je napsán v jazyce C++ a má možnost implementace vlastního web serveru napsaného taktéž v C++. Zařízení se k systému připojují zpravidla prostřednictvím protokolu MQTT. Automatizační logika může být nastavena buď pomocí interního nástroje Blockly, nebo přes externí nástroje jako je Node-RED. Příchozí data jsou zpracována backendem a zobrazena pro uživatele v grafickém rozhraní. (Setz, 2021)

OpenHAB

Projekt vznikl v roce 2010 a je vyvíjen komunitou. Díky své široké podpoře komunikačních protokolů umožňuje snadné propojení různých zařízení napříč výrobci. Systém je naprogramován jazykem Java a architektura je taktéž založena na event busu, který zajišťuje komunikaci mezi jednotlivými komponenty. Systém je možné rozšířit o bindingy, které zajišťují komunikaci s produkty třetích stran. OpenHAB rozlišuje několik klíčových prvků, jako jsou Things (fyzická zařízení), Channels (funkční výstupy zařízení), Items (virtuální prvky pro automatizaci), a Links (propojení mezi kanály a položkami). Systém je velice rozšiřitelný a díky tomu nabízí více typů uživatelských rozhraní. (Setz, 2021)

3.6 Bezpečnost v IoT

Bezpečnost a ochrana soukromí patří mezi klíčové aspekty chytré domácnosti, obzvláště když jde o sběr a přenos dat mezi nespočtem senzorů a zařízení. V prostředí, kde IoT komunikují prostřednictvím bezdrátových sítí, se zvyšuje riziko kybernetických útoků, které mohou ohrozit bezpečnost dat. Velký rozdíl v bezpečnosti také určuje, zda se jedná o lokální nebo cloudový přístup. Tyto přístupy definují, kde se data zpracovávají a odkud je možné systém ovládat. (Mocrii, 2018)

Z pohledu ochrany dat je nutné zajistit, aby neoprávněné osoby neměly přístup k informacím, které systémy zaznamenávají a uchovávají. K tomu se ve většině případů využívá kombinace symetrické a asymetrické kryptografie. (Liyanage, 2020)

IoT systémy jsou ohroženy jak vnějšími, tak i vnitřními útoky. Vnější útoky se obvykle odehrávají skrze internet, kdy útočník získá přístup k síti a snaží se zachytit komunikaci, zatímco vnitřní útoky se provádí tak, že se útočník dostane do blízkosti domácnosti a sleduje či manipuluje s daty pomocí nabourání se do bezdrátové komunikace, která probíhá mezi zařízeními. Síťové útoky pak využívají slabosti v přenosu dat. Některými z útoků jsou například odposlech komunikace, útoky man-in-the-middle. Dále existují útoky zaměřené na ochranu dat, jako jsou side-channel a kryptoanalytické útoky, které se snaží prolomit šifrovací algoritmy. Nakonec se objevují i softwarové útoky, jako je malware, viry a trojské koně, phishing a další. (Liyanage, 2020)

K ochraně celého systému je zapotřebí aktivní spolupráce všech zainteresovaných stran. Výrobci hardwaru a softwaru, poskytovatelé cloudových a internetových služeb i samotní uživatelé musí dbát na pravidelné aktualizace, změnu výchozích hesel a další bezpečnostní opatření. Evropská agentura ENISA zdůrazňuje, že bezpečnost chytré domácnosti je kolektivní odpovědností všech účastníků ekosystému. (Karale, 2021)

Celkově lze říct, že bezpečnost v IoT je komplexní a dynamická oblast, která vyžaduje neustálou pozornost a adaptaci na nové hrozby. Velkou přispívající rolí v této oblasti jsou standardy, které mají v sobě bezpečnostní prvky zahrnuté a tím dochází ke zlepšení bezpečnosti IoT jako celku. (Karale, 2021) (Liyanage, 2020)

4 Vlastní práce

V této části práce bude vytvořena modelová domácnost s určitými parametry, která nemá žádné IoT technologie a slouží jako referenční model, z kterého následně vzejdou dvě varianty. První varianta se zaměřuje na návrh implementace IoT prvků a automatizace v oblasti osvětlení a termoregulace. Druhá varianta poté rozšiřuje předchozí řešení o fotovoltaické panely s bateriovým úložištěm a o automatizaci na efektivní prodej přebytečné energie, čímž se vytváří komplexnější systém zaměřený na efektivní a ekologické využití energií.

4.1 Popis návrhu a postup řešení

Práce se zaměřuje na návrh modelu pro implementaci IoT prvků řízených centrální jednotkou, která umožní nastavení automatizačních procesů. Tyto procesy budou sestaveny na míru modelové domácnosti a implementace IoT prvků dle rozvržení domácnosti. Tento systém může vést ke zvýšení komfortu a možné úspoře elektrické energie v domácnosti, zejména v oblasti termoregulace. Následně bude systém rozšířen o vybranou fotovoltaickou elektrárnu s nastaveným automatizovaným procesem prodeje přebytečné energie za výhodnou cenu pro urychlení návratnosti investice.

Návrh modelu byl zvolen s ohledem na rostoucí poptávku po udržitelných řešení a snižování nákladů na provoz domácností. S vyššími cenami energií se totiž zvyšuje poptávka po technologiích, které umožňují optimalizovat spotřebu a tím eliminovat zbytečné výdaje.

Postup práce:

- Tvorba modelové domácnosti.
- Návrh automatizace IoT systému pro modelovou domácnost.
- Stanovení konkrétních požadavků pro výběr IoT zařízení.
- Výběr konkrétních IoT zařízení dle požadavků.
- Tvorba IoT návrhu za použití vybraných zařízení.
- Rozšíření modelu IoT o fotovoltaickou elektrárnu.
- Výběr fotovoltaické elektrárny, doplňků a návrh automatizace pro prodej přebytečné elektřiny.

4.2 Modelová domácnost – rodinný dům

Modelová domácnost je sestavena na základě údajů z publikace „Spotřeba paliv a energií v domácnostech Energo - 2021“, vydané Českým statistickým úřadem (ČSÚ) a slouží mimo jiné také k utvoření celkové představy o místě pro implementaci.

Bylo zjištěno, že typický rodinný dům v České republice má průměrně 4,6 obytných místností, přičemž koupelna se do tohoto čísla nezapočítává. Samozřejmě domácnost nemůže mít jen zlomek místnosti, proto byla v této práci definována modelová domácnost s pěti obytnými místnostmi plus koupelnou, což je označováno jako 4+1. V této domácnosti však zvolím 4+kk, protože se dnes často obývací pokoj s kuchyní nechává propojený. Samotná velikost plochy v domě je v průměru 108,8 m². Hodnota byla zaokrouhlena na 110 m² z důvodu zpřehlednění návrhové části. Rozdíl 1,2 m² nepředstavuje významnou odchylku a nemá žádný vliv na průběh práce. (Český statistický úřad, 2024)

Obývací pokoj o rozloze 27 m² je největší místností. Dále ložnice 16 m² a dvě menší místnosti po 15 m², které lze využít jako dětské pokoje nebo jeden z nich přetvořit v pracovnu. Kuchyň s výměrou 13,06 m² zahrnuje kuchyňskou linku i prostor pro drobné stolování. Předsín s chodbou o velikosti 11,94 m² spojují vstup do domu s ostatními místnostmi a následně koupelna s WC 12 m². Takto navržený dům reflektuje potřeby předpokládané čtyř členné rodiny. (Český statistický úřad, 2024)

V praxi se můžeme setkat se staršími domy, kde mohou být silnější stěny, které mohou částečně stínit signál. V novostavbách už se nepoužívají tak silné vrstvy materiálu, který často blokuje signál. Pro účely tohoto modelu zůstane stavební konstrukce spíše „průměrná“, avšak je vhodné zmínit, že v reálné instalaci by se muselo zohlednit, kde a jak umístit jednotlivá zařízení, aby v dané instalaci na sebe signálem dosáhla.

Energetická roční spotřeba podle ČSÚ je v domácnostech průměrně 3,7 MWh. V rodinném domě je průměrem 5,3 MWh, zatímco v bytovém domě je 2,5 MWh. Protože bude modelová domácnost koncipována jako rodinný dům s pěti obytnými místnostmi, lze počítat s průměrnou spotřebou v rozmezí 3,7–5,3 MWh ročně. (Český statistický úřad, 2024)

Z dat ČSÚ (2021) vyplývá, že elektřinou je vytápěno 8,9 % rodinných domů a tepelné čerpadlo je přítomno v 4,6% z nich. Aktuálně nejsou k dispozici novější statistiky od ČSÚ, ale dle odhadů může být růst tepelných čerpadel přibližně 10 až 15% ročně. Pro stanovení denní provozní doby tepelného čerpadla byla nejprve převedena roční energetická náročnost vytápění z jednotek GJ na kWh, která byla získána z dat ČSÚ. Konkrétně 45,5 GJ odpovídá $45,5 \times 277,78 \text{ kWh}$, což činí přibližně 12 637 kWh ročně. Dále je tato roční hodnota

vydělena počtem dní v topné sezóně, která je dle zákona stanovena na 270 dní, čímž získáme denní spotřebu na topení přibližně 46,8 kWh. (Český statistický úřad, 2024)

Ohřev teplé vody je v modelové domácnosti řešen samostatným elektrickým bojlerem o objemu 120 l. Pro ohřev na 55 °C se odhaduje denní spotřeba 6,4 kWh, při ohřevu na 65 °C může být spotřeba kolem 7,8 kWh.

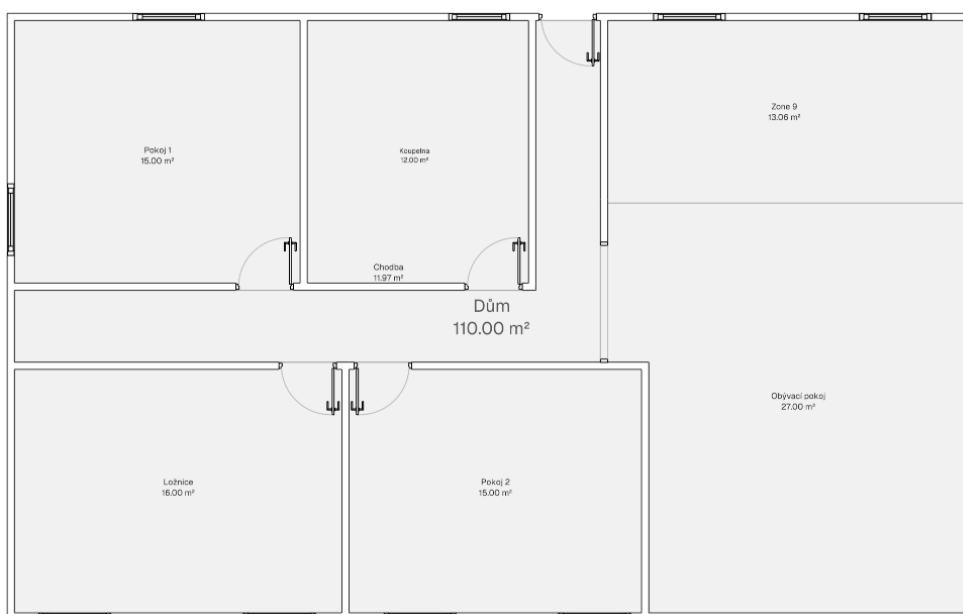
Vaření je dle ČSÚ v 75,4 % rodinných domů realizováno elektrinou. V modelové domácnosti se proto předpokládá elektrický sporák či indukční varná deska. Spotřeba se v průměru pohybuje kolem 300–500 kWh/rok. (Český statistický úřad, 2024)

U osvětlení je důležitý počet vypínačů, kterých je 8 a je potencionálně možné nahradit je za chytré. Pro každou místnost tedy připadá jeden, v předsíni u vchodových dveří, v chodbě mezi místnostmi, v obývacím pokoji a jeden v kuchyni. Vypínače jsou připojeny pouze k hlavním světlům, nezahrnují lampičky, led pásy, podlinkové světlo a další drobné osvětlení. Žárovky v domě mají patičky E14, nebo GU10 v případě kuchyně.

Ostatní spotřebiče nejsou v praktické části zahrnuty, protože jejich spotřebu nelze výrazně optimalizovat. Většinou se jedná o zařízení, která pracují neustále nebo s nízkou Standby spotřebou (0,5–1 W), která je z pohledu úspor zanedbatelná a jejich připojení do systému by nemělo významný přínos, jelikož podobnou spotřebu má i chytrá zásuvka.

Domácnost se řídí pevně stanoveným denním režimem, který ovlivňuje chování všech jejích členů. Od 22:00 do 6:30 všichni spí. V 7:30 odcházejí do práce a do školy a večer se vrací v 17:00, což vytváří pravidelný a předvídatelný cyklus.

Obrázek 1 - Výkres půdorysu modelového domu



Zdroj: Vlastní zpracování

4.3 Návrh řešení automatizace

Návrh správně fungující automatizace je velmi složitý proces, neboť návrh se musí pokusit zahrnout všechny možné scénáře, které se mohou v systému vyskytnout a je potřeba zajistit adekvátní reakci. V opačném případě může dojít k chybám, a proto správné nastavení automatizace hraje důležitou roli v celkovém fungování IoT systému. Náročnost zvyšuje především individuální prostředí a návyky domácnosti. Pokud je automatizace špatně nastavena, může docházet ke špatnému vyhodnocování, a to způsobuje nechtěné situace. Celkové nastavení se tak odvíjí od návyků a fungování domácnosti a každé řešení musí zahrnovat individuální přístup.

4.3.1 Nastavení automatizace světel

Denní a noční režim

Denní režim bude nastaven tak, že od východu do stmívání se světla nebudou zapínat automaticky, protože v domácnosti je dostatek venkovního světla. Jakékoliv ovládání světel tedy bude v případě nutnosti uskutečněno manuálně.

Noční režim se aktivuje v 22:00, kdy tato domácnost chodí spát. V nočním režimu se u světel, u kterých to lze, sníží intenzita na 30 % a nastaví se větší teplota odstínu světla. Toto nastavení zvyšuje komfort při nočním pohybu v domácnosti tím, že zbytečně nenamáhá sítnici, když je člověk ospalý.

Obývací pokoj, kuchyně, chodba, předsín

Osvětlení bude v místnosti s více vstupy nastaveno na průběžnou kontrolu pohybu, respektive pokud senzor zaznamenává pohyb, tak světla neustále svítí, pokud senzor pohyb nezaznamená dojde k zhasnutí. Zhasnutí bude provedeno tak, že po 1 minutě začne osvětlení mírně snižovat svou intenzitu na 40% a nakonec po 2 minutách zhasnou úplně. Toto nastavení je z důvodu, že senzor detekuje pouze pohyb místo přítomnosti člena domácnosti, to znamená, že pokud by se člověk chvíli nehybal světla by mu ihned zhasnula. Takové nastavení je značně nekomfortní, ačkoli by ušetřilo nejvíce energie.

V koupelně se mohou světla zhasnout instantně, protože detekce bude fungovat na základě vstupu do místnosti (zapnutí) a na následném odchodu z ní (vypnutí). V obou těchto variantách bude také nastaven noční a denní režim.

Ložnice a dětský pokoj

Nejtěžší místností pro automatizaci je ta, která je určena pro spaní. V ložnici či dětském pokoji je při přípravě na spánek nutné, aby byla světla ovládána buďto aplikací nebo manuálně. Z důvodu nechtěné aktivace při pohybu ve spaní, se v těchto pokojích od 22:00 deaktivuje automatické zapínání/vypínání. V případě, že ráno ještě nebude venku světlo a nastane čas, kdy rodina vstává, tedy 6:30, tak se opět aktivuje automatické zapínání/vypínání světel. To podléhá nastavení denního a nočního režimu.

Automatické zapínání/vypínání ráno může vytvářet problém, že pokud člověk odejde ze zhasnuté místnosti, tak senzor u dveří zaznamená jeho pohyb a světlo rozsvítí, ačkoli člověk odešel. To se dá řešit tím, že by v místnosti byly senzory dva. První senzor u dveří na zaznamenání odchodu a příchodu a druhý, který by zabíral celou místnost. Nastavení by bylo řešeno následovně. Pokud senzor u dveří detekuje pohyb zapne/vypne světla a druhý senzor počká 3 sekundy a pak pošle signál, jestli zaznamenal pohyb v celé místnosti. Pokud ne, světla následně vypne, protože vyhodnotí, že v místnosti nikdo není a jednalo se tedy o odchod. Pokud pohyb zaznamenal, je jasné, že do místnosti někdo vstoupil a nechá rozsvíceno. Toto nastavení zajišťuje efektivní osvětlení i v těchto pokojích.

Koupelna

Místnost bude automatizována stejným způsobem jako místnosti s jedním vstupem, tedy skrz pohybový senzor snímající pohyb ve dveřích. Ve večerních hodinách se také deaktivuje automatické zapínání a vypínání v koupelně a člen domácnosti si musí zapnout světlo manuálně, třeba na chytrém vypínači. V nočním režimu by v koupelně nižší intenzitu osvětlení mohla zajišťovat například malá lampička nebo jiné doplňkové světlo.

Odchod a příchod

Odchod z domu je automatizován následujícím způsobem. Na vstupních dveřích je umístěn magnetický senzor, který při jejich otevření a následném zavření odešle signál o změně. Poté, co se dveře zavřou, se pohybové senzory na 30 sekund pozastaví, aby umožnily členům domácnosti bezpečně opustit dům. Po uplynutí této doby se senzory opět aktivují a provedou kontrolu celého domu. Kontrola spočívá v detekci pohybu. Když detekují pohyb automatizace nepokračuje, protože někdo ještě zůstal uvnitř. Pokud však senzory nezaznamenají žádný pohyb, systém automaticky zkontroluje stav osvětlení a vypne ta světla, která by náhodou zůstala zapnutá. Při příchodu světla reagují jako za běžné situace, a to pomocí již popsaných automatizovaných scénářů.

4.3.2 Nastavení automatizace termoregulace

Princip automatizace spočívá v omezení vytápění v době, kdy není potřeba a tím vytváří úsporu spotřebované energie. Tato opatření lze aplikovat na většinu typů topných systémů řízených centrálním termostatem.

Denní a noční režim

V případě nočního režimu se sníží teplota na 18 stupňů a díky tomu se bude v domácnosti lépe spát. Ráno před probouzením se teplota opět zvýší na 22 stupňů. Teplota se však bude celý den udržovat na 22 stupních pro příjemný pobyt, pokud to neupraví jiná automatizace. Denní režim tedy spočívá v udržování stálé teploty v domácnosti, tedy 22 stupňů.

Odchod a příchod

Automatizovaná regulace teploty je umožněna díky čidlům umístěným u oken a vstupních dveří, jak už bylo zmíněno v minulé kapitole. U vstupních dveří zaznamenávají odchod rodiny z domu. Nastavení automatizace funguje tak, že při otevření a následném zavření vstupních dveří se odešle signál o otevření a počká se 30 vteřin. Po uplynutí této doby senzory pohybu zkontrolují, jestli někdo nezůstal v domácnosti. Pokud zůstal, nic se nemění. Pokud však senzory nezaznamenají pohyb, nikdo v domácnosti pravděpodobně nezůstal. Jako důsledek topení sníží svou teplotu a bude udržovat doporučených 18 stupňů.

Tím lze šetřit za vytápění v době nepřítomnosti a zároveň zbytečně nepodchladit dům, který lze z této teploty opět rychle vytopit. Kdyby nějaký člen zůstal například v posteli, senzor by ho nedetekoval a je tedy potřeba nastavit manuálně, že nechceme tentokrát snižovat teplotu.

V okamžiku příchodu, který je opět detekován otevřením a zavřením vstupních dveří, pohybové senzory zkontrolují po 30 vteřinách dům, aby se ověřila přítomnost obyvatel. Pokud senzory zaznamenají pohyb, systém automaticky zvýší teplotu na 22 °C.

Větrání

V případě oken se zaznamenává jejich otevření, které je považováno za okamžik větrání domácnosti. Pokud jsou okna otevřená, odešle se signál o zastavení vytápění. Poté co se okno opět zavře, odešle se signál a vytápění se opět spustí.

4.4 Požadavky pro výběr chytrých zařízení

Na základě literární rešerše a průzkumu jednotlivých zařízení na odborných platformách byla stanovena kritéria výběru. Při definování kritérií pro zařízení, byla také zohledněna technická, bezpečnostní a ekonomická hlediska. Zmíněná kritéria pomáhají vybrat zařízení, která jsou kompatibilní, cenově dostupná a zabezpečená, jak po softwarové, tak po hardwarové stránce.

Dalším kritériem pro výběr IoT zařízení do modelového systému je myšlenka, že chytrá domácnost je taková, která nevyžaduje vůbec žádné, nebo minimální manuální zásahy do svého fungování. Tedy IoT prvků by mělo být tolik, aby byly schopné pokrýt kompletní automatizaci a uživatel nad fungováním systému nemusel přemýšlet.

Stanovená kritéria výběru

- Opensource systém pro centrální jednotku.
- Jednoduchost instalace a správy řídicího systému.
- Schopnost integrace a automatizace fotovoltaické elektrárny.
- Softwarová kompatibilita s centrální jednotkou.
- Podpora stejných komunikačních protokolů.
- Nízká Stand-by spotřeba.
- Příznivá cena.
- Dostupnost na trhu.
- Reputace a dlouholeté působení značky.
- Schopnost zařízení realizovat navrženou automatizaci.

Tyto kritéria jsou důležitá, protože zaručují, že jednotlivá zařízení mohou bezproblémově spolupracovat mezi sebou, tak s centrální jednotkou. Zároveň zajišťují dostatečný rozsah automatizačních funkcí a současně minimalizují výběr zbytečně drahých či energeticky náročných zařízení. Pokud by tato kritéria nebyla zohledněna, mohl by se systém stát neefektivním nebo nefunkčním.

4.5 Zvolené IoT zařízení

Technické údaje o produktech jsou z oficiální technické dokumentace, která se nachází na stránkách výrobců. Způsob volby zařízení proběhl na základě kapitoly Požadavky pro výběr chytrých zařízení.

Zvolená zařízení byla vybrána s komunikačními protokoly ZigBee a WiFi. Zvoleny byly, protože jsou to aktuálně nejpoužívanější komunikační protokoly pro IoT zařízení a díky tomu je široký výběr zařízení různých značek a cenových kategorií. Na trhu existuje spousta výrobců, kteří nabízejí IoT zařízení a těmi jsou Philips, TP-Link, Samsung, Tesla smart, AQARA a další. Specifikace těchto zařízení budou uvedena v tabulce (Tabulka 1).

Centrální jednotka

Software i hardware byl vybrán s ohledem na zvolená kritéria a jednoduchost instalace, s přípravou pro budoucí bezproblémovou integraci různorodých IoT prvků díky open source řešení. Na rozdíl od některých konkurenčních řešení pracuje lokálně, což přispívá k vyšší bezpečnosti a ochraně soukromí. Také nabízí intuitivní uživatelské rozhraní a jednoduchou instalaci pro méně zkušené uživatele.

Home Assistant green (Hardware)

Pro modelové řešení chytré domácnosti byla zvolena centrální jednotka Home Assistant Green. Byla vybrána pro jednoduchost zapojení, protože požadovaný software je již předinstalovaný, plug-and-play. Výběr byl proveden s ohledem na požadavky výběru. Tedy dle vlastností zařízení, ekonomické dostupnosti, datové bezpečnosti, schopnosti spustit požadovaný software a dalších.

Hardwarová výbava greenu je postaveno na SoC Rockchip RK3566, který obsahuje čtyřjádrový procesor Arm Cortex-A55 s maximální frekvencí 1,8 GHz. Pro úložiště je použita 32 GB eMMC flash paměť a systém disponuje 4 GB LPDDR4X operační pamětí. Zařízení má indikaci pomocí LED diody, přičemž bílá indikuje napájení, zelená signalizuje aktivitu a žlutá upozorňuje na stav systému. Jako další má dva porty USB 2.0 typu A, které poskytují kombinovaný proud až 2 A při 5 V, gigabitový ethernet konektor a jeho spotřeba je 1,7Wh až 3 Wh podle zátěže. Home assistant green je v internetovém obchodě Alza.cz za cenu 2 499,- Kč. Případné rozšíření (Home Assistant Connect ZBT-1) pro komunikaci s protokoly ZigBee a Matter je dostupné za cenu 999,- Kč na Alza.cz.

Home assistant (Software)

Byl vybrán pro své možnosti automatizace, přizpůsobení systému a nastavení velkého množství nejrozumnějších zařízení v porovnání s ostatními i levnějšími variantami. Tyto schopnosti má proto, že je založen na principu open-source a automatizace se v případě nutnosti dají od základu naprogramovat. Také nabízí vysokou úroveň bezpečnosti dat díky lokálnímu provozu. Disponuje podporou celé řady komunikačních protokolů a je součástí aktivní komunity uživatelů a vývojářů, která zajišťuje pravidelné aktualizace, nové funkce a rozsáhlou podporu. Tyto funkce se přímo instalují z obchodu doplňků.

Další nespornou výhodou je jeho cena, protože je zcela zdarma a jediným nákladem je tedy pořízení zařízení, které bude připojeno do lokální sítě. S tím se pojí i to, že neobsahuje žádné poplatky spojené s fungováním softwaru, pouze v případě, pokud chceme přistupovat k Home Assistantu i vzdáleně, tedy mimo naši síť.

Chytré vypínače – Tesla Smart Switch ZigBee

Byl vybrán chytrý vypínač od značky Tesla Smart, protože je oproti konkurenčním produktům cenově dostupný a obdržel dobré hodnocení od ostatních zákazníků. Vypínač komunikuje s ostatními IoT přes protokol ZigBee. Je napájen ze sítě a jeho příkon v pohotovostním režimu je $\leq 0,5$ W. Zvládne obsluhovat žárovky s příkonem v rozsahu 5–280 W a je určen pro ovládání jednoho světelného okruhu, což znamená, že zvládne řídit pouze jedno svítidlo nebo skupinu světel zapojených na stejný vypínač. Cena vypínače je 399,-Kč.

Chytré osvětlení – TechToy Smart Bulb RGB 6W E14 ZigBee

Cena levnějších chytrých žárovek se pohybuje od 200,-Kč do 300,-Kč za kus. Pro domácnost byly vybrány žárovky značky TechToy. Jedná se o žárovky, které nabízí česká značka Tesla Smart a cena konkrétního typu (TechToy Smart Bulb RGB 6W E14 ZigBee) je 299,-Kč. Standby spotřeba dle dokumentace výrobce je 0,5 Wh. Výběr těchto žárovek byl z důvodu nízké ceny a české značky. Disponuje připojením ZigBee.

Chytré osvětlení – TechToy Smart Bulb RGB 4,7W GU10 ZigBee

Tato žárovka byla vybrána ze stejných důvodů, jako byly zmíněny u předchozí žárovky. Cena za kus je také 299,-Kč. Dle dokumentace výrobce je Standby spotřeba 0,5 Wh. Žárovka disponuje výkonem 4,7W, patičkou GU10 a ke komunikaci využívá protokol ZigBee.

Termostaty a termostatické hlavice

Vybrán byl chytrý termostat z důvodu nižší celkové pořizovací ceny. Oproti termostatickým hlavicím, které by musely být nainstalovány na každý radiátor, je jeden centrální termostat levnější volbou. Rozdílem však je, že chytrý termostat nemůže oproti chytrým hlavicím regulovat teplotu v jednotlivých místnostech zvlášť.

Chytrý Wi-Fi termostat Meross MTS200BHK pro kotle byl oproti konkurenci zvolen kvůli nízké ceně 1299,-Kč a dobrému hodnocení. Dalším důvodem byla možnost integrace do Home Assistant s následným nastavením automatizace. Spotřeba termostatu je dle specifikací výrobce kolem 1 Wh. Je připojen prostřednictvím WiFi 2,4 GHz.

Pohybový senzor – Tesla Smart Motion Sensor

Zvolené zařízení Tesla Smart Motion Sensor je malý pohybový senzor, který se vejde do dlaně a je fungující na technologii PIR (Passive Infrared). Jako komunikační protokol používá pouze ZigBee. Napájí se přes baterii a její udávaná výdrž je 1 rok. Zorný vertikální a horizontální úhel je 150 stupňů a 170 stupňů. Vzdálenost, na kterou je schopen zachytit pohyb je až 7 metrů. Cena za kus je 499,-Kč.

Senzor na dveře a okna – Tesla Smart Sensor Window and Door

Tento senzor se instaluje na okna či dveře a zaznamenává, jestli došlo k jejich otevření. Skládá se ze dvou částí s magnetem a snímání funguje na základě sepnutí. Rozpojení magnetů vyhodnotí jako otevření a odešle signál centrální jednotce (Hubu). Ke komunikaci využívá ZigBee a udávaná výdrž baterie je 12 měsíců. Cena pohybových senzorů je v rozmezí od 400,-Kč do 1000,- Kč. Cena za tento model je 419,-Kč.

Tabulka 1 - Seznam vybraných zařízení

	Cena za jeden kus	Spotřeba v Wh
Home Assistant green	2 499 Kč	3
Home Assistant Connect ZBT-1	999 Kč	Připojeno na HA green
Chytré vypínače – Tesla Smart Switch ZigBee	399 Kč	0,5 v Standby
TechToy Smart Bulb RGB 6W E14 ZigBee	299 Kč	0,5 v Standby
TechToy Smart Bulb RGB 4,7W GU10 ZigBee	299 Kč	0,5 v Standby
Tesla Smart Motion Sensor	499 Kč	Baterie
Tesla Smart Sensor Window and Door	419 Kč	Baterie
Meross MTS200BHK	1 299 Kč	1

Zdroj: Vlastní zpracování

4.6 Návrh modelu řešení s IoT

Do tohoto návrhu byla použita zařízení z výběru.

4.6.1 Rozmístění a počet IoT zařízení

Jako hlavní zařízení neboli centrální jednotka bude Home Assistant green, který bude umístěn v obývacím pokoji, u stěny s pokojem jménem „Pokoj 2“. To je z důvodu kvalitnějšího pokrytí celého domu pro přijímání signálu. Home Assistant bude mít i stejnojmenný software a rozšiřující modul pro komunikaci s protokolem ZigBee. Centrální jednotka bude komunikovat se všemi IoT zařízeními systému.

Chytrý vypínač bude nahrazovat klasický vypínač na stávajícím elektroinstalačním vedení ve zdi, což umožní ovládat osvětlení i manuálně, a zároveň jej integrovat do automatizačních scénářů chytré domácnosti. Nahrazené budou pouze v pokojích s jedním vstupem, kde nebudou instalovány chytré žárovky, tedy ložnice, koupelna a dva dětské pokoje. S centrální jednotkou bude propojen prostřednictvím protokolu ZigBee, jež se přidává jako doplněk /plugin v Home Assistantu.

Pohybový senzor musí být umístěn v místnosti, která nemá jediný vchod, tak aby zabíral pohyb v celé místnosti pro průběžnou kontrolu přítomnosti člena domácnosti. V místnostech, kde je pouze jeden vstup může být senzor umístěn tak, aby zabíral pouze pohyb dovnitř a ven z místnosti a tím zajišťoval aktivaci a deaktivaci, při vstupu či odchodu. Systém IoT zařízení bude rozvržen následovně.

V obývacím pokoji bude vyměněno pět žárovek na lustru za smart žárovky a spolu s nimi bude instalován jeden pohybový senzor, který bude monitorovat celý prostor. Tento senzor bude zařazen do skupiny „Obývací pokoj“, stejně jako smart žárovky. To zajistí, aby senzor spíнал lustr v obývacím pokoji.

Kuchyň bude řešena stejným způsobem, tedy nahrazením pěti žárovek za smart žárovky a jedním pohybovým senzorem, který bude zabírat celou místnost. Také zde budou dva senzory na okno. Následně budou zařazeny do skupiny „Kuchyň“ s žárovkami a senzorem pohybu.

Předsín bude mít pohybový senzor u vchodových dveří tak, aby měl přehled nad celou chodbou. Navíc zde bude i dveřní senzor, který bude sloužit pro detekci odchodu uživatelů. I zde budou instalovány chytré žárovky v počtu 4 žárovek a všechna zařízení zařazena do skupiny „Předsín“.

Chodba bude mít pohybový senzor téměř na konci tak, aby snímal všechny vstupy do chodby. Bude osazena osmi chytrými žárovkami jako náhrada za normální žárovky. Zde žádné senzory na oknech nebudou. Opět zařízení budou ve skupině „Chodba“.

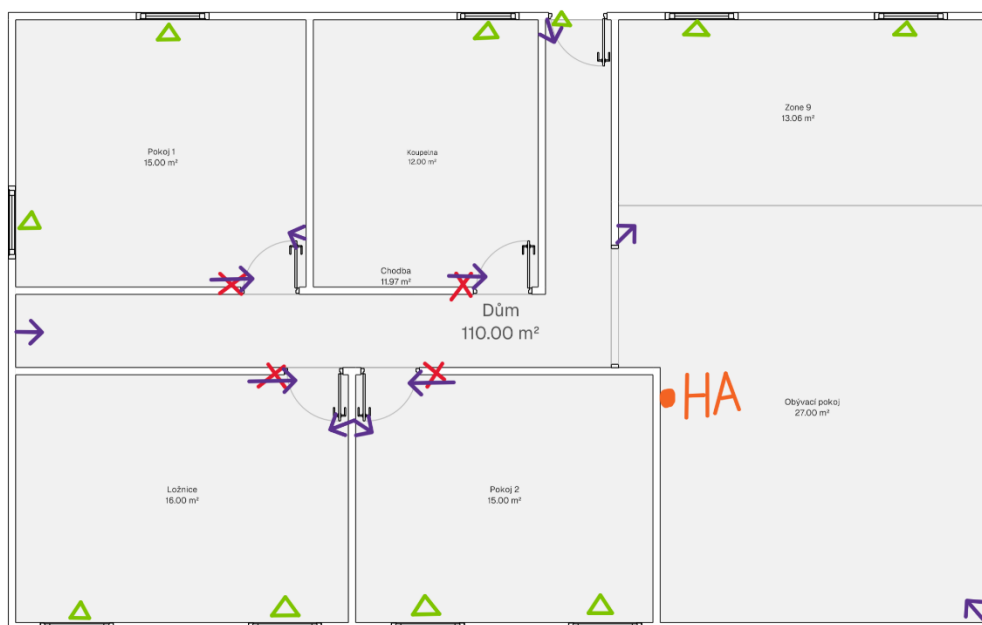
Koupelna bude mít jeden pohybový senzor i jeden senzor na okna. Jak už bylo zmíněno, v tomto případě může být pohybový senzor daný tak, aby snímal pouze pohyb ve dveřích. Samozřejmě je jeden chytrý vypínač a zařazení do skupiny „Koupelna“.

Ložnice a Pokoje jsou speciální v tom, že v nich členové domácnosti spí. Pokud by pohybový senzor zabíral pouze vstup, tak by se vytvořil problém. Více již vysvětleno v části Automatizace – Ložnice a dětský pokoj. Použité tedy budou pohybové senzory dva, jeden na snímání dveří a druhý pro snímání pokoje. Celkový počet je tudíž 6 pohybových a 6 okenních senzorů pro tři pokoje. Také budou zařízení přidána do skupin dle jména místnosti.

Díky tomu zapojení budou pokryty a připraveny všechny místnosti pro nastavení automatizace osvětlení a termoregulace.

Termoregulace bude řešena výměnou klasického termostatu za zvolený chytrý termostat. Tento termostat bude napojen na řídicí systém vytápění a připojen k Home Assistantu přes WiFi. To zajistí možnost integrace termostatu do automatizačních procesů.

Obrázek 2 - Grafické zobrazení rozmístění IoT prvků



Zdroj: Vlastní zpracování

V obrázku 2 je zobrazeno rozmístění jednotlivých zařízení. Zelené trojúhelníčky jsou dveřní a okenní senzory. Fialové šipky jsou senzory pohybu a směr šipky ukazuje, jak je senzor natočen. Červené křížky označují chytré vypínače a oranžový bod označuje pozici Home Assistanta.

4.7 Rozšíření modelu řešení IoT o fotovoltaickou elektrárnou

V této části bude řešení s IoT rozšířeno o fotovoltaickou elektrárnu s baterií. Možnost interakce s elektrárnou bude implementována v podobě doplňku do Home Asistenta, kde díky dalším doplňkům budou vytvořené automatizace pro řízení elektřiny.

4.7.1 Výběr fotovoltaické elektrárny a její parametry

Tento návrh převezme rozložení a nastavení zařízení popsané v kapitole „Návrh modelu řešení s IoT“ a dále je rozšíří o integraci fotovoltaické elektrárny.

Montáž fotovoltaické elektrárny je technicky náročnější proces, a proto je lepší si vybrat odbornou firmu pro její návrh a realizaci. Pro realizaci fotovoltaické elektrárny v tomto modelu byla vybrána firma S-Power. Oproti konkurenci byla firma vybrána z důvodu dobrého hodnocení a dlouhého působení na trhu. (S-Power TOP, 2025)

Na svých webových stránkách nabízí několik druhů instalací. Byl zvolen balíček S-Power TOP SolarEdge z důvodu co největší možné produkce elektrické energie. Díky tomu výrazně přispěje k soběstačnosti domácnosti. Tento balíček obsahuje fotovoltaickou elektrárnu o výkonu 10kWp s počtem 20 panelů SolarEdge 440 Wp. Střídač SolarEdge Home Hub 10 kW 3fázový hybridní asymetrický, který slouží k převodu stejnosměrného proudu vyrobeného panely na střídavý proud, nízkonapěťové baterie SolarEdge s kapacitou 10.24 kWh a SolarEdge Wallbox 22 kW pro dobíjení elektromobilu. (S-Power TOP, 2025)

Výrobce také udává, že komponenty jsou připraveny na novou legislativu ČR. SolarEdge prý také splňuje požadavky Zákona o kybernetické bezpečnosti (Zákon č. 181/2014 Sb.) a evropské normy NIS2, což má zabezpečovat systém maximální ochranou dat a ochranou komunikace mezi jednotlivými částmi systému. (S-Power TOP, 2025)

Výrobce také nabízí mobilní aplikaci mySolarEdge, která umožňuje sledovat výrobu a spotřebu energie a ovládat její funkce odkudkoli. Díky chytré regulaci SolarEdge One je možné monitorovat výkon elektrárny až na úroveň jednotlivých panelů, což umožňuje rychlou diagnostiku případných problémů. Systém nabízí sledování výroby, spotřeby a stavu baterií v reálném čase a dokáže automaticky detekovat zastínění nebo poruchy na konkrétním panelu. Navíc poskytuje dálkové řízení výkonu a spotřeby, čímž uživateli umožňuje plně kontrolovat domácí energetiku. Funkce Sense Connect zajišťuje ochranu před přehříváním konektorů prostřednictvím real-time monitoringu teplotních změn, což přispívá k bezpečnosti celé instalace a předcházení vzniku požáru. (S-Power TOP, 2025)

4.7.2 Doplnky pro řízení energetických toků

Doplněk SolarEdge do Home Assistanta umožňuje získávat detailní informace o fotovoltaickém systému SolarEdge a následně ho zapojit do chytré domácnosti. Pro implementaci tohoto doplnku je nutné mít identifikační číslo instalace a API klíč, což lze nalézt ve webovém rozhraní aplikace SolarEdge. V aplikaci se v sekci „Admin“ nachází možnost správy API přístupu, kde se klíč vygeneruje a uloží. Data jsou aktualizována každých 15 minut, aby se dodržel denní limit 300 dotazů za den. Díky funkci automatického objevení je zařízení SolarEdge automaticky identifikováno Home Assistantem. Tento doplněk byl vybrán, protože je vytvořen přímo pro systém od společnosti dodávající celou fotovoltaickou elektrárnu. (SolarEdge, 2025)

Do Home Assistantu je nainstalován doplněk „Czech Energy Spot Prices“, který je vytvořen komunitním tvůrcem. Kód a další informace o doplnku se nachází na GitHubu. Doplněk pravidelně poskytuje aktuální informace o spotových cenách elektřiny v České republice, založené na datech z OTE. Uživatel si může zvolit zobrazování ceny v EUR či CZK podle aktuálního kurzu ČNB. Zvolena byla kvůli dostupnosti spotových cen v CZK a přesných dat z OTE. (Homeassistant_cz_energy_spot_prices, 2025)

Doplněk „Solar Production Forecastsolar“, v Home Assistantu umožňuje předpovídat výrobu elektřiny ze solárních panelů na základě historických dat a předpovědi počasí. Pro správnou konfiguraci je třeba zadat údaje o poloze, úhlu sklonu a orientaci panelů a celkový výkon všech panelů. Tento doplněk informuje o odhadované výrobě energie v různých časových intervalech, jako je výroba na dnešní den, zbývající výroba, výroba v příští hodině či aktuální výkon. Byl zvolen díky komplexitě a přesnosti výsledků. (Forecast Solar, 2025)

Díky kombinaci těchto doplňků je možné nastavit automatizaci, která dynamicky reaguje na aktuální podmínky a umožňuje uživatelům efektivně plánovat spotřebu energie a nastavovat automatizační scénáře podle aktuálních tržních podmínek. Například při nízkých spotových cenách a vysoké předpokládané výrobě elektřiny se spustí nabíjení baterií nebo se aktivují energeticky náročnější zařízení, může se jednat o nabíjení elektromobilu nebo ohřev vody a další. Zatímco při vysokých cenách se omezuje spotřeba z distribuční sítě a využívá se elektřina z baterií. Také se může přebytečná elektřina prodávat do sítě. Takové automatizace zvyšují efektivitu celého systému, snižují náklady a přispívají k energetické soběstačnosti domácnosti.

4.7.3 Princip fungování automatizace

Princip automatizace spočívá ve využití dvou doplňků, SolarEdge a Czech Energy Spot Prices, které spolupracují na jednom úkolu. Tím je, aby automatizace zajišťovala prodej přebytečné elektrické energie do sítě a byl realizován zisk. Prodej probíhá vždy, pokud je spotová cena vyšší než určitá cena v Kč za kWh. Pokud spotová cena klesne pod určitou hranici, tak se prodej elektřiny zastaví. Ceny jsou nastaveny tak, aby pokrývaly všechny poplatky za přenos energie v síti a amortizaci domácí sítě.

Nastavení prodeje za určité ceny je ale nedostatečné, protože vytváří během dne útlum, kdy elektrárna omezí výrobu, jelikož je spotová cena nízká a baterie již plně nabitá. Elektřina se tak využívá pouze na aktuální spotřebu domácnosti, přičemž zbývající potenciál zůstává nevyužitý. Tento problém částečně eliminuje třetí doplněk do Home Assistanta, který díky předpovědi počasí umí na další den odhadnout množství vyrobené energie, a tím lze naplánovat, kdy energii ukládat do baterie nebo prodat do sítě.

Důležité je zmínit, že poplatků je celá řada a mohou se proměnlivě měnit jak v závislosti na čase, tak v závislosti na zákaznické smlouvě. Příložená tabulka zobrazuje strukturu osvětlující množství poplatků, z kterých se skládá celková cena elektřiny.

Tabulka 2 - Z čeho se skládá cena elektřiny?

Fixní částka	Proměnlivá částka
poplatek za OPM	silová elektřina
poplatek za příkon jističe	služby obchodu
poplatek OTE	distribuční poplatek
	daň z elektřiny
	systémové služby
	podpora OZE

Zdroj: Vlastní zpracování na základě předlohy, (Z čeho se skládá cena elektřiny?, 2023)

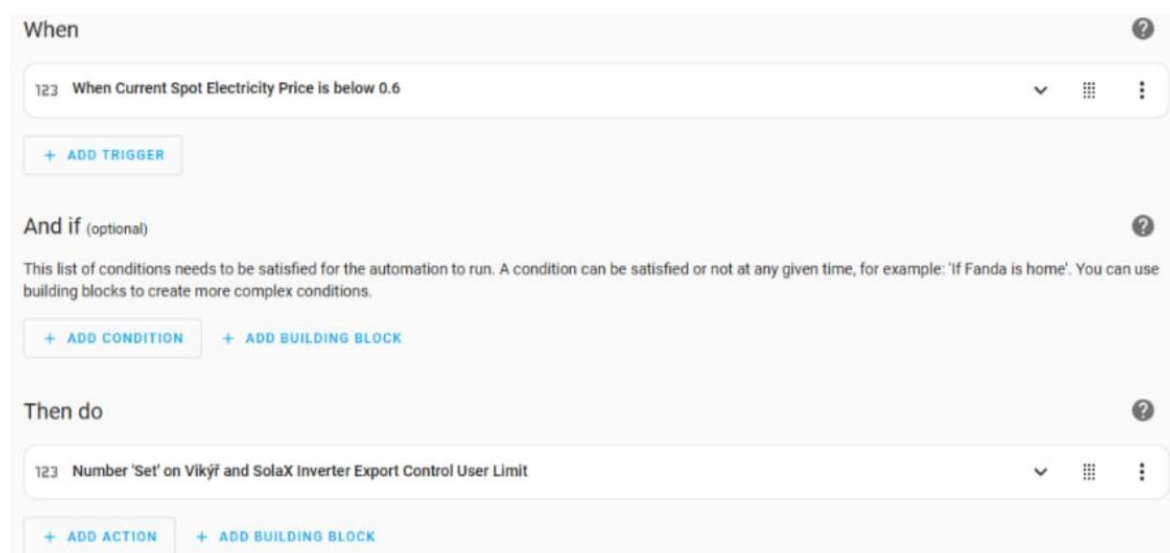
4.7.4 Implementace a rozšíření automatizace

Zastavení prodeje přetoků

Pokud je splněna podmínka, že spotová cena elektřiny klesne pod 0,60 Kč/kWh, Home Assistant automaticky nastaví maximální možnou hodnotu dodávání elektřiny do sítě na nulu. Provede to tak, že vloží předepsanou hodnotu do uživatelem specifikované entity. Tímto je zamezeno nevýhodnému prodeji za nízké ceny, které by nepokryly poplatky a amortizaci.

Výsledkem však je omezení výroby elektřiny pouze na množství, které je domácnost schopna aktuálně spotřebovávat nebo nabít do baterie, což vede ke snížení celkového využití fotovoltaické elektrárny v době nízkých tržních cen.

Obrázek 3 - Automatizace zastavení prodeje přetoků



Zdroj: Vlastní zpracování

Povolení prodeje přetoků

Povolení přetoků do sítě probíhá stejným způsobem jako zastavení prodeje, akorát nastaví maximální hodnotu. Tedy pokud je spotová cena vyšší než 0,60 Kč/kWh, Home Assistant nastaví hodnotu dodávání elektřiny do sítě na maximum. To znamená, že veškerá nově vyrobená elektřina je nabídnuta k prodeji. To umožňuje prodávat přebytky a realizovat zisk. Nastavení je znázorněno na následujícím obrázku.

Obrázek 4 - Automatizace povolení prodeje přetoků

The screenshot shows an automation configuration in Home Assistant. It is titled 'When' and contains the following steps:

- When:** A trigger condition 'When Current Spot Electricity Price is above 0.6'.
- And if (optional):** A section for additional conditions, currently empty.
- Then do:** An action 'Number 'Set' on Vikýř and SolaX Inverter Export Control User Limit'.

Buttons for '+ ADD TRIGGER', '+ ADD CONDITION', '+ ADD BUILDING BLOCK', and '+ ADD ACTION' are visible throughout the interface.

Zdroj: Vlastní zpracování

Rozšíření automatizace o řešení útlumu výroby

Rozšířená automatizace částečně řeší nedostatky předchozího nastavení popsané výše. Jejím principem je, že se baterie začnou dobíjet až ve chvíli, kdy je prodejní cena elektřiny pro uživatele nevýhodná. Do té doby se veškerá vyrobená elektřina nabízí k prodeji, místo aby se baterie dobíjela.

Home Assistant půl hodiny po východu slunce vyhodnotí dvě podmínky. Zda lze na základě odhadů očekávat výrobu nad 25 kWh a zároveň zda je aktuální spotová cena elektřiny vyšší než 0,60 Kč/kWh. Pokud jsou obě podmínky splněny, systém nastaví prioritu přetoků do sítě. V tomto režimu se nadbytečná energie prodává, místo aby se ukládala do baterií. Baterie tedy zůstává vybitá z nočního odběru.

Obrázek 5 - Nastavení prodeje při předpokládané výrobě

The screenshot shows an automation configuration in Home Assistant. It is titled 'When' and contains the following steps:

- When:** A trigger condition 'When the sun rises offset by 00:30:00'.
- And if (optional):** A section containing three conditions:
 - 'If Předpokládaná výroba dnes is above 25'
 - 'If Zbývá vyrobiť dnes is above 25'
 - 'If Current Spot Electricity Price is above 0.6'
- Then do:** An action 'Change SolaX Inverter Inverter5 Charger Use Mode option'.

Buttons for '+ ADD TRIGGER', '+ ADD CONDITION', '+ ADD BUILDING BLOCK', and '+ ADD ACTION' are visible throughout the interface.

Zdroj: Vlastní zpracování

Tento režim trvá až do chvíle, kdy cena elektřiny klesne pod 60 haléřů, nebo pokud zbývá dle odhadů vyrobit pouze 20 kWh elektřiny. V takovém případě se systém automaticky přepne zpět do původního režimu a začne dobíjet baterie.

Hodnota 20 kWh slouží jako rezerva pro zajištění dobití baterie a pokrytí spotřeby domácnosti přes noc, kdy fotovoltaika nevyrábí. Hodnota 25 kWh je stanovena jako rezerva kvůli možné nepřesnosti odhadu denní produkce elektřiny.

Obrázek 6 - Zastavení prodeje při poklesu ceny / předpokládané produkce

The screenshot displays a configuration interface for an automation rule. It is divided into three main sections: 'When', 'And if (optional)', and 'Then do'.
1. **When**: This section contains two trigger conditions. The first is '123 When Zbývá vyrobit dnes is below 20'. The second is '123 When Current Spot Electricity Price is below 0.6'. Below these is a button labeled '+ ADD TRIGGER'.
2. **And if (optional)**: This section includes a descriptive text: 'This list of conditions needs to be satisfied for the automation to run. A condition can be satisfied or not at any given time, for example: 'If Fanda is home'. You can use building blocks to create more complex conditions.' Below the text are two buttons: '+ ADD CONDITION' and '+ ADD BUILDING BLOCK'.
3. **Then do**: This section contains one action: 'Change SolaX Inverter Inverter5 Charger Use Mode option'. Below this action are two buttons: '+ ADD ACTION' and '+ ADD BUILDING BLOCK'.
Each section has a help icon (question mark) in the top right corner.

Zdroj: Vlastní zpracování

5 Zhodnocení a doporučení

5.1 Výsledek IoT návrhu

Výsledkem práce je návrh uceleného IoT systému pro modelovou domácnost, který zahrnuje výběr konkrétních zařízení, jejich rozmístění, nastavení automatizace a možnosti rozšíření o fotovoltaickou elektrárnu. Návrh demonstruje způsob, jak lze propojit různé prvky domácnosti pomocí centrálního řídicího systému a jakým způsobem lze jednotlivé části integrovat do funkčního celku.

5.2 Náklady na pořízení IoT a fotovoltaické elektrárny

Cena pořízení řešení s IoT

Na základě zvolených zařízení byla sestavena tabulka (Tabulka 3), kde je vypočítána celková částka pro nákup modelového řešení. Celková cena navrženého řešení vychází na 22 650 Kč. Tato částka zahrnuje pořízení centrální jednotky Home Assistant Green včetně komunikačního rozšíření ZBT-1, potřebný počet chytrých vypínačů, senzorů pohybu, senzorů na dveře a okna, chytrých žárovek (dva druhy) a jednoho centrálního termostatu.

Uvedená částka představuje jednorázovou investici, která umožňuje pokrytí základní automatizace v oblasti světla a termoregulace běžného rodinného domu a zároveň ponechává prostor pro případná budoucí rozšíření systému.

Tabulka 3 - Celková cena za všechna zařízení

	Potřebných kusů celkem	Cena za jeden kus	Cena celkem
Home Assistant green	1	2 499 Kč	2 499 Kč
Home Assistant Connect ZBT-1	1	999 Kč	999 Kč
Chytré vypínače – Tesla Smart Switch ZigBee	4	399 Kč	1 596 Kč
TechToy Smart Bulb RGB 6W E14 ZigBee	17	299 Kč	5 083 Kč
TechToy Smart Bulb RGB 4,7W GU10 ZigBee	5	299 Kč	1 495 Kč
Tesla Smart Motion Sensor	11	499 Kč	5 489 Kč
Tesla Smart Sensor Window and Door	10	419 Kč	4 190 Kč
Meross MTS200BHK	1	1 299 Kč	1 299 Kč
Celková cena:			22 650 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Cena pořízení řešení s fotovoltaikou

Firma S-Power nenabízí veřejný ceník k zvolené fotovoltaické elektrárně s bateriovým uložištěm. Běžně se ceny obdobných elektráren pohybují v rozmezí 300 až 500 tisíc Kč. Významnou část ceny tvoří baterie, avšak je možné čerpat různé dotační podpory pro výstavbu domácí fotovoltaické elektrárny. Výše podpory se liší v závislosti na výkonu systému, velikosti akumulace, času a dalších parametrech.

5.3 Vyhodnocení spotřeby navržených IoT zařízení

Dodatečná spotřeba zvolených IoT zařízení činí 17 Wh. Tato hodnota představuje souhrnnou spotřebu zařízení ve Standby režimu, vypočítanou na základě informací z technické dokumentace. Pokud předpokládáme, že žárovky pracují 24 hodin denně v režimu Standby, roční spotřeba činí 148,92 kWh.

Hodnota 17 Wh je orientační, jelikož žárovky mají proměnlivou spotřebu v závislosti na době svícení. Hodnota se proto v praxi liší podle návyků uživatelů a denního režimu. Součet spotřeb zařízení bez započítání žárovek je 6 Wh. Tato hodnota zahrnuje pouze centrální jednotku, vypínače a termostat, jejichž roční spotřeba tvoří 52,56 kWh.

Zjištěné hodnoty ukazují, že samotný provoz systému nezpůsobuje významnou energetickou zátěž, což je důležité z pohledu celkové efektivity návrhu. Z toho také vyplývá, že systém s velkým počtem chytrých žárovek je náročnější na spotřebu, a to kvůli více zařízení v Standby. Pokud by byly nahrazeny chytrými vypínači Standby, spotřeba by byla několikrát menší. V takovém případě by ale nastal pokles v uživatelském komfortu, protože by systém přišel o funkci stmívání světla.

Tabulka 4 - Spotřeba vybraných IoT zařízení.

	Potřebných kusů celkem	Standby Spotřeba (Wh)	Celková spotřeba (Wh)
Home Assistant green	1	3	3
Home Assistant Connect ZBT-1	1	0	0
Chytré vypínače – Tesla Smart Switch ZigBee	4	0,5	2
TechToy Smart Bulb RGB 6W E14 ZigBee	17	0,5	8,5
TechToy Smart Bulb RGB 4,7W GU10 ZigBee	5	0,5	2,5
Tesla Smart Motion Sensor	11	0	0
Tesla Smart Sensor Window and Door	10	0	0
Meross MTS200BHK	1	1	1
Celková spotřeba (Wh)			17

Zdroj: Vlastní zpracování

5.4 Výsledky automatizací pro fotovoltaickou elektrárnu

V rámci práce byly postupně navrženy dvě varianty. První varianta umožnila jednoduchý prodej za výhodné spotové ceny. Druhá varianta rozšířila tento systém o predikci výroby na další den a tím zvýšila počet hodin, kdy systém vyrábí a prodává energii.

Výsledek automatizace pro ziskový prodej

Níže uvedený graf (Obrázek 7) lze interpretovat tak, že během dne dochází k postupnému nárůstu výroby elektřiny. Žlutá křivka ukazuje nárůst výroby, který je způsoben intenzivnějším slunečním svitem a tím, že vyrobenou elektřinu bylo možné spotřebovat, respektive uložit do baterie, která se vybila přes noc.

Křivka výroby energie roste přibližně do dvanácté hodiny, kdy v důsledku vysoké intenzity slunečního svitu dochází ke zvýšení výroby elektrické energie z fotovoltaických elektráren. To vede k poklesu spotové ceny elektřiny, v reakci na to systém automaticky pozastaví její prodej do distribuční sítě a dojde k utlumení výroby fotovoltaické elektrárny, protože domácnost není schopna v tento moment spotřebovat vyráběné množství elektřiny. Jakmile intenzita slunečního svitu poklesne a výroba elektřiny se sníží, spotová cena opět vzroste a systém obnoví prodej přebytků. Díky tomu se vypne útlum elektrárny a začne vyrábět opět na maximum.

Modrá křivka zobrazuje množství elektřiny, které je dodáváno do distribuční sítě. Z toho vyplývá, že jakmile dojde ke splnění podmínek pro automatizaci prodeje, přebytečná energie je exportována do sítě. Výkyvy v modré křivce jsou způsobeny změnami v aktuální spotřebě v domácnosti, poptávce na trhu a také aktivací automatizace při určité ceně.

Obrázek 7 - Graf produkce elektřiny



Zdroj: Vlastní zpracování

Kvůli tomuto výsledku byla elektrárna rozšířena o automatizaci s předpovědí výroby energie pro následující den, aby bylo možné snížit dobu během které je produkce elektrárny utlumena.

Výsledek rozšířené automatizace

Díky rozšířené automatizaci se podařilo minimalizovat dočasný pokles ve výrobním výkonu, který je na obrázku 8 v podobě žluté křivky patrný jako mezera uprostřed dne. Tento výpadek bývá běžně způsoben nedostatečným odběrem vyrobené energie a následným utlumením elektrárny. Automatizace umožnila efektivněji řídit spotřebu a akumulaci, čímž se zvýšilo využití vyrobené elektřiny a celkový čas maximální produkce elektrárny.

Z grafu na obrázku 9 je patrné, že se elektrická energie, dle předpokladů, od rána prodává do distribuční sítě a baterie se začínají dobíjet až v pozdějších hodinách, kdy už je spotová cena příliš nízká pro prodej.

Obrázek 8 - Graf s automatizací prodeje



Zdroj: Vlastní zpracování

Obrázek 9 - Graf s rozšířenou automatizací



Zdroj: Vlastní zpracování

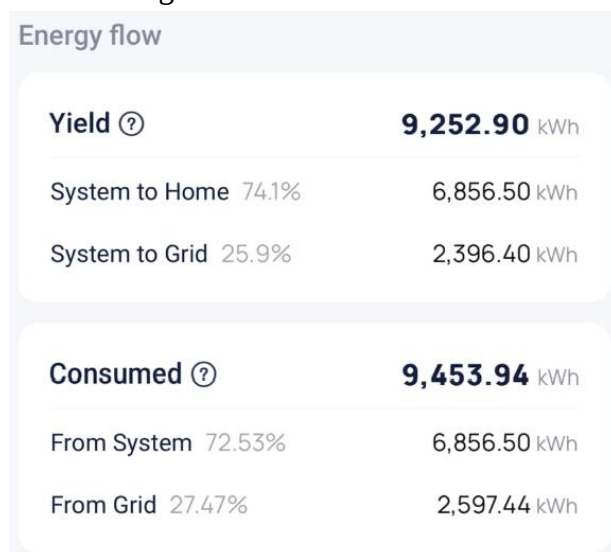
Díky tomuto rozšíření je možné částečně eliminovat období, kdy byl systém limitovaný předchozím nastavením, a umožnit tak jeho efektivnější provoz přibližně o hodinu denně. Díky tomu lze urychlit návratnost investice do prvků automatizace i do fotovoltaické elektrárny.

Statistika spotřeby domácnosti a prodeje do sítě

Na základě níže zobrazené statistiky na obrázku 10 a 11 energetického toku je zřejmé, že část vyrobené elektřiny byla prodána do distribuční sítě (2 396,4 kWh), zatímco domácnost odebírala značné množství energie zpět ze sítě (2 597,44 kWh).

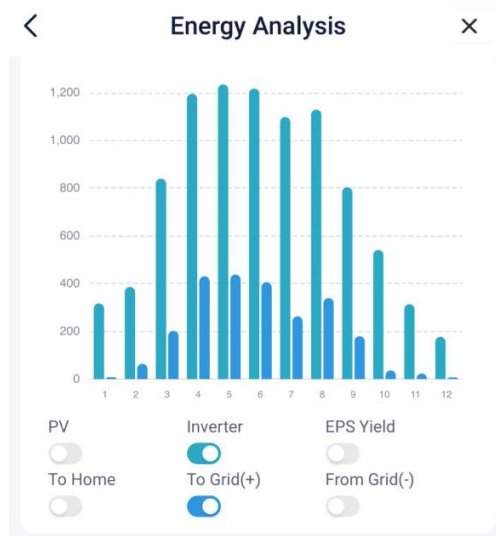
Tento jev poukazuje na potenciální prostor pro zefektivnění systému. V ideálním případě by měla být vyrobená energie spotřebována přímo v domácnosti v reálném čase, čímž by se minimalizovala nutnost zpětného nákupu elektřiny za vyšší cenu. Návrh pro zlepšení optimalizace bude popsán dále v části Možnosti zlepšení.

Obrázek 10 - Distribuce energie za rok



Zdroj: Vlastní zpracování

Obrázek 11 - Přehled distribuce za rok



Zdroj: Vlastní zpracování

5.5 Přínosy navržených řešení a možnosti zlepšení

Přínosy

Navržený systém přináší hned několik výhod:

- Snížení energetické náročnosti díky optimalizaci vytápění, skrze sledování stavu dveří, oken a pohybu v domácnosti.
- Zvýšení komfortu pomocí automatizace osvětlení a vytápění dle přítomnosti osob.
- Nízká dodatečná spotřeba IoT zařízení.
- Prodloužená výroba fotovoltaické elektrárny, díky doplňku předpovědi výroby
- Možnost škálování a budoucího rozšíření systému o další IoT prvky, díky open source a široké podpoře komunikačních protokolů

Možnosti zlepšení

Navržený IoT systém lze dále optimalizovat několika způsoby. Prvním zlepšením může být nahrazení senzorů pohybu v místnostech s více vstupy za senzory detekce přítomnosti, které ale jsou finančně náročnější. Další možností je integrace senzoru světla, díky kterému by bylo možné automatizaci Denního a nočního režimu řídit podle skutečných lokálních světelných podmínek, namísto stávajícího řízení podle časů východu a západu slunce.

Pro zefektivnění využití elektrické energie z fotovoltaické elektrárny by bylo možné systém dále rozšířit o automatizované spouštění energeticky náročných spotřebičů, například pračky, myčky, bojleru nebo dobíjení elektromobilu, v době nízké spotové ceny, kdy se nevyplatí elektřinu prodávat do distribuční sítě. Tím by došlo k lepšímu využití vyrobené energie a snížila by se potřeba nakupovat energii zpět ze sítě.

6 Závěr

Bakalářská práce se zabývala problematikou možnosti využití IoT v oblasti spotřeby energií. V teoretické části byly charakterizovány důležité IoT technologie jako jsou architektury, komunikační protokoly a komponenty. Dále byl představen princip fungování IoT v moderní energetice, zejména v kontextu Smart Grids. Důraz byl kladen na přehled možností pro řízení spotřeby, integraci IoT s obnovitelnými zdroji a na celkovou bezpečnost těchto systémů.

Na základě teoretických poznatků byla v praktické části navržena modelová domácnost a následně realizován návrh dvou IoT systémů. Návrhu systémů předcházela výběr konkrétních zařízení a definice automatizačních scénářů. První návrh zahrnoval automatizaci osvětlení a termoregulace. Druhý návrh byl dále rozšířen o integraci fotovoltaické elektrárny s bateriovým úložištěm. Součástí návrhu byla i implementace funkcí řízení spotřeby, ukládání a prodeje energie s využitím dat o spotových cenách elektřiny a předpovědi výroby ze solárních panelů.

Z výsledků prvního návrhu vyplynulo, že nasazení IoT prvků a automatizačních scénářů v oblasti osvětlení a termoregulace, může přispět ke zvýšení komfortu v domácnosti za relativně nízké pořizovací náklady. Také spotřeba samotného IoT systému byla nízká a výrazně nenavýšovala celkovou spotřebu domácnosti. Z celkového pohledu se ukázalo, že výběr správných komponent, nízká Standby spotřeba a vhodná automatizace jsou klíčové vlastnosti pro dosažení takového výsledku. V druhé variantě návrhu, kde byl systém rozšířen o řízení přetoků do sítě, bylo výsledkem zvýšení celkového času, kdy se elektřina prodávala do sítě. Tento výsledek byl dosažen díky propojení Home Assistanta s doplňky pro řízení fotovoltaického systému, predikci výroby elektrické energie a sledování cen dle aktuální tržní situace. Celkově tak bylo dosaženo vyšší míry efektivity celého systému a to ukazuje, že vhodně nastavený řídicí systém může nejen automatizovat provoz domácnosti, ale také maximalizovat využití vyrobené energie a zrychlit návratnost celého systému.

Práce tak představuje konkrétní možnosti praktického využití návrhů pro zvýšení komfortu a energetickou optimalizaci. Také ukazuje, jak lze kombinací jednotlivých IoT prvků dosáhnout funkčního řešení pro chytrou domácnost, ale i pro širší systém řízení energie.

7 Seznam použitých zdrojů

ABU, Sayem M., M.A. HANNAN, M.S. HOSSAIN LIPU, M. MANNAN, Pin Jern KER, M.J. HOSSAIN a T.M. Indra MAHLIA, 2023. State of the art of lithium-ion battery material potentials: An analytical evaluations, issues and future research directions. *Journal of Cleaner Production* [online]. **394** [cit. 2025-02-23]. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2023.136246

AL-EZZI, Athil S. a Mohamed Nainar M. ANSARI, 2022. Photovoltaic Solar Cells: A Review. *Applied System Innovation* [online]. **5**(4) [cit. 2025-03-14]. ISSN 2571-5577. Dostupné z: doi:10.3390/asi5040067

AL-SARAWI, Shadi, Mohammed ANBAR, Kamal ALIEYAN a Mahmood ALZUBAIDI, 2017. Internet of Things (IoT) communication protocols: Review. In: *2017 8th International Conference on Information Technology (ICIT)* [online]. IEEE, s. 685-690 [cit. 2024-11-14]. ISBN 978-1-5090-6332-1. Dostupné z: doi:10.1109/ICITECH.2017.8079928

ANSARI, Aamir Nizam, Mohamed SEDKY, Neelam SHARMA a Anurag TYAGI, 2015. An Internet of things approach for motion detection using Raspberry Pi. In: *Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things* [online]. IEEE, s. 131-134 [cit. 2025-03-14]. ISBN 978-1-4799-7534-1. Dostupné z: doi:10.1109/ICAIIOT.2015.7111554

ATZORI, Luigi, Antonio IERA a Giacomo MORABITO, 2010. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks* [online]. **54**(15), 2787-2805 [cit. 2024-12-11]. ISSN 13891286. Dostupné z: doi:10.1016/j.comnet.2010.05.010.

AUGUSTIN, Aloÿs, Jiazi YI, Thomas CLAUSEN a William TOWNSLEY, 2016. A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. *Sensors* [online]. **16**(9) [cit. 2024-11-15]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s16091466

AWASTHI, Akshay, Huw O.L. READ, Konstantinos XYNOS a Iain SUTHERLAND, 2018. Welcome pwn: Almond smart home hub forensics. *Digital Investigation* [online]. **26**, S38-S46 [cit. 2025-02-12]. ISSN 17422876. Dostupné z: doi:10.1016/j.diin.2018.04.014

AYAN, Onur a Belgin TURKAY, 2020. IoT-Based Energy Efficiency in Smart Homes by Smart Lighting Solutions. In: *2020 21st International Symposium on Electrical Apparatus & Technologies (SIELA)* [online]. IEEE, s. 1-5 [cit. 2025-02-10]. ISBN 978-1-7281-4346-0. Dostupné z: doi:10.1109/SIELA49118.2020.9167065

BAGDE, Sejal, et al. Internet of things (IOT) based smart switch. *Journal of IoT in Social, Mobile, Analytics, and Cloud*, 2021, 3.2: 149-162.

Baterie pro fotovoltaiku: proč jsou důležité, jaký typ vybrat a jaká je jejich cena? Voltaico [online]. 2024 [cit. 2024-05-04]. Dostupné z: [https://voltaico.cz/blog/baterie-pro-fotovol taiku-proc-jsou-dulezite-jaky-typ-vybrat-a-jaka-je-jejich-cena](https://voltaico.cz/blog/baterie-pro-fotovol-taiku-proc-jsou-dulezite-jaky-typ-vybrat-a-jaka-je-jejich-cena)

BEDI, Guneet, Ganesh Kumar VENAYAGAMOORTHY, Rajendra SINGH, Richard R. BROOKS a Kuang-Ching WANG, 2018. Review of Internet of Things (IoT) in Electric Power and Energy Systems. *IEEE Internet of Things Journal* [online]. 5(2), 847-870 [cit. 2024-11-19]. ISSN 2327-4662. Dostupné z: doi:10.1109/JIOT.2018.2802704

BORLASE, Stuart, ed., c2013. *Smart grids: infrastructure, technology, and solutions*. Boca Raton: CRC Press. Electric power and energy engineering. ISBN 978-1-4398-2905-9.

BRAIN, Marshall; BRYANT, Charles W.; PUMPHREY, Clint. How batteries work. *Battery Arrangement and Power—HowStuffWorks*, <http://electronics.howstuffworks.com/everyday-tech/battery6.htm/printable>, accessed Dec, 2015, 14.

CAMERON, Che a Kang LI, 2018. Low-Cost, Extensible and Open Source Home Automation Framework. In: LI, Kang, Minrui FEI, Dajun DU, Zhile YANG a Dongsheng YANG, ed. *Intelligent Computing and Internet of Things* [online]. Singapore: Springer Singapore, s. 408-418 [cit. 2025-03-14]. Communications in Computer and Information Science. ISBN 978-981-13-2383-6. Dostupné z: doi:10.1007/978-981-13-2384-3_38

Cloud Computing [online], 2023. 3rd ed. Elsevier [cit. 2024-11-07]. ISBN 9780323852777. Dostupné z: doi:10.1016/C2020-0-02233-4

ČESKO. § 7 odst. 2 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí - znění od 1. 7. 2017. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2025 [cit. 16. 1. 2025]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17#p7-2>

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Jak bydlí domácnosti podle výsledků Sčítání lidu 2021. Praha: Český statistický úřad, 2024. ISBN 978-80-250-3552-8.

DOMÍNGUEZ-BOLAÑO, Tomás, Omar CAMPOS, Valentín BARRAL, Carlos J. ESCUDERO a José A. GARCÍA-NAYA, 2022. An overview of IoT architectures, technologies, and existing open-source projects. *Internet of Things* [online]. 20 [cit. 2025-03-14]. ISSN 25426605. Dostupné z: doi:10.1016/j.iot.2022.100626

EDU, Jide S., Jose M. SUCH a Guillermo SUAREZ-TANGIL, 2021. Smart Home Personal Assistants. *ACM Computing Surveys* [online]. 2021-11-30, 53(6), 1-36 [cit. 2025-02-25]. ISSN 0360-0300. Dostupné z: doi:10.1145/3412383

EEA, Obnovitelné zdroje energie snižují emise skleníkových plynů v EU, 2015. In: EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *European environment agency* [online]. 2017 [cit. 2025-01-16]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/cs/highlights/obnovitelne-zdroje-energie-snizuji-emise>

EL-AFIFI, Magda I., Bishoy E. SEDHOM, Sanjeevikumar PADMANABAN a Abdelfattah A. ELADL, 2024. A review of IoT-enabled smart energy hub systems: Rising, applications, challenges, and future prospects. *Renewable Energy Focus* [online]. 51 [cit. 2025-03-14]. ISSN 17550084. Dostupné z: doi:10.1016/j.ref.2024.100634

FAKTA O KLIMATU, 2022. *Elektrina v ČR: výroba, spotřeba a emise* [online]. [cit. 2025-01-15]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/elektrina-cr>

FANG, Xi, Satyajayant MISRA, Guoliang XUE a Dejun YANG, 2012. Smart Grid — The New and Improved Power Grid: A Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* [online]. **14**(4), 944-980 [cit. 2024-12-11]. ISSN 1553-877X. Dostupné z: doi:10.1109/SURV.2011.101911.00087

FARAHANI, Shahin, c2008. *ZigBee wireless networks and transceivers*. Burlington: Newnes. ISBN 978-0-7506-8393-7.

FIBARO, 2025. *Home Center 3* [online]. [cit. 2025-03-08]. Dostupné z: <https://www.fibaro.com/cz/products/home-center-3/>

FORD, Rebecca, Marco PRITONI, Angela SANGUINETTI a Beth KARLIN, 2017. Categories and functionality of smart home technology for energy management. *Building and Environment* [online]. **123**, 543-554 [cit. 2025-02-14]. ISSN 03601323. Dostupné z: doi:10.1016/j.buildenv.2017.07.020

Forecast Solar, 2025. In: KK-C.DEV. *Forecast.solar* [online]. [cit. 2025-03-14]. Dostupné z: https://www.home-assistant.io/integrations/forecast_solar/

Fotovoltaická elektrárna pro rodinný dům S-Power TOP SolarEdge, 2025. In: S-POWER. *S-power* [online]. [cit. 2025-03-14]. Dostupné z: <https://www.s-power.cz/fotovoltaicka-elektrarna-s-power-top/>

FRIESS, Peter a Ovidiu VERMESAN, 2022. *Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds* [online]. New York: River Publishers [cit. 2024-11-14]. ISBN 9781003337966. Dostupné z: doi:10.1201/9781003337966

FUGGETTA, Alfonso, 2003. Open source software—an evaluation. *Journal of Systems and Software* [online]. **66**(1), 77-90 [cit. 2025-03-14]. ISSN 01641212. Dostupné z: doi:10.1016/S0164-1212(02)00065-1

GRATTAN, K.T.V. a T. SUN, 2000. Fiber optic sensor technology: an overview. *Sensors and Actuators A: Physical* [online]. **82**(1-3), 40-61 [cit. 2025-03-14]. ISSN 09244247. Dostupné z: doi:10.1016/S0924-4247(99)00368-4

HANES David, Gonzalo SALGUEIRO, Patrick GROSSETETE, Robert BARTON a Jerome HENRY. *IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things*. Indianapolis, IN: Cisco press, 2017. ISBN 1-58714-456-5..

HIERTZ, Guido, Dee DENTENEER, Lothar STIBOR, Yunpeng ZANG, Xavier COSTA a Bernhard WALKE, 2010. The IEEE 802.11 universe. *IEEE Communications Magazine* [online]. **48**(1), 62-70 [cit. 2024-11-14]. ISSN 0163-6804. Dostupné z: doi:10.1109/MCOM.2010.5394032

Home Assistant Green, 2025. In: *Home Assistant* [online]. [cit. 2025-03-14]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/green>

Homeassistant_cz_energy_spot_prices, 2025. In: GITHUB, INC. *GitHub* [online]. 15.1.2025 [cit. 2025-03-14]. Dostupné z: https://github.com/rnovacek/homeassistant_cz_energy_spot_prices

HOSSEIN MOTLAGH, Naser, Mahsa MOHAMMADREZAEI, Julian HUNT a Behnam ZAKERI, 2020. Internet of Things (IoT) and the Energy Sector. *Energies* [online]. **13**(2) [cit. 2025-03-14]. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:10.3390/en13020494

CHAKRABORTY, Arindom, Monirul ISLAM, Fahim SHAHRIYAR, Sharnali ISLAM, Hasan U. ZAMAN, Mehedi HASAN a Iouliia SKLIAROVA, 2023. Smart Home System: A Comprehensive Review. *Journal of Electrical and Computer Engineering* [online]. 2023-3-21, **2023**, 1-30 [cit. 2025-02-25]. ISSN 2090-0155. Dostupné z: doi:10.1155/2023/7616683

CHEN, Songqing, Tao ZHANG a Weisong SHI, 2017. Fog Computing. *IEEE Internet Computing* [online]. **21**(2), 4-6 [cit. 2024-11-08]. ISSN 1089-7801. Dostupné z: doi:10.1109/MIC.2017.39

IBRAHIM, H, A ILINCA a J PERRON, 2008. Energy storage systems—Characteristics and comparisons. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. **12**(5), 1221-1250 [cit. 2024-12-11]. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2007.01.023

INGALLS, Sam, 2022. Mesh Networking and Mesh Wi-Fi. In: *ServerWatch* [online]. May 16, 2022 [cit. 2024-11-12]. Dostupné z: <https://www.serverwatch.com/networking/mesh-networking/>

JIXUAN ZHENG, David Wenzhong GAO a LI LIN, 2013. Smart Meters in Smart Grid: An Overview. In: *2013 IEEE Green Technologies Conference (GreenTech)* [online]. IEEE, s. 57-64 [cit. 2024-12-11]. ISBN 978-0-7695-4966-8. Dostupné z: doi:10.1109/GreenTech.2013.17

KARALE, Ashwin, 2021. The Challenges of IoT Addressing Security, Ethics, Privacy, and Laws. *Internet of Things* [online]. **15** [cit. 2025-02-25]. ISSN 25426605. Dostupné z: doi:10.1016/j.iot.2021.100420

KAUR, Chamandeep, 2020. The Cloud Computing and Internet of Things (IoT). *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology* [online]. 2020, 19-22 [cit. 2024-11-07]. ISSN 2394-4099. Dostupné z: doi:10.32628/IJSRSET196657.

KEPUSKA, Veton a Gamal BOHOUTA, 2018. Next-generation of virtual personal assistants (Microsoft Cortana, Apple Siri, Amazon Alexa and Google Home). In: *2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)* [online]. IEEE, s. 99-103 [cit. 2025-03-09]. ISBN 978-1-5386-4649-6. Dostupné z: doi:10.1109/CCWC.2018.8301638

KHALID, Muhammad, 2024. Smart grids and renewable energy systems: Perspectives and grid integration challenges. *Energy Strategy Reviews* [online]. **51** [cit. 2024-12-11]. ISSN 2211467X. Dostupné z: doi:10.1016/j.esr.2024.101299

KIM, Hyung-Sin, Sam KUMAR a David E. CULLER, 2019. Thread/OpenThread: A Compromise in Low-Power Wireless Multihop Network Architecture for the Internet of Things. *IEEE Communications Magazine* [online]. **57**(7), 55-61 [cit. 2024-11-15]. ISSN 0163-6804. Dostupné z: doi:10.1109/MCOM.2019.1800788

KITARONKA, Sefu. Lead-acid battery. *no. January*, 2022.

LAMNATOU, Chr., D. CHEMISANA a C. CRISTOFARI, 2022. Smart grids and smart technologies in relation to photovoltaics, storage systems, buildings and the environment. *Renewable Energy* [online]. **185**, 1376-1391 [cit. 2024-12-11]. ISSN 09601481. Dostupné z: doi:10.1016/j.renene.2021.11.019

LAVRIC, Alexandru, Adrian I. PETRARIU a Valentin POPA, 2019. Long Range SigFox Communication Protocol Scalability Analysis Under Large-Scale, High-Density Conditions. *IEEE Access* [online]. **7**, 35816-35825 [cit. 2024-11-15]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2019.2903157

LI, Shancang, Li Da XU a Shanshan ZHAO, 2015. The internet of things: a survey. *Information Systems Frontiers* [online]. **17**(2), 243-259 [cit. 2024-12-11]. ISSN 1387-3326. Dostupné z: doi:10.1007/s10796-014-9492-7

LIYANAGE, Madhusanka, An BRAEKEN, Pardeep KUMAR a Mika YLIANTTILA, ed., 2020. *IoT Security* [online]. Wiley [cit. 2025-02-28]. ISBN 9781119527923. Dostupné z: doi:10.1002/9781119527978

LOXONE Miniserver Go, 2025. LOXONE. *Loxone shop* [online]. [cit. 2025-03-08]. Dostupné z: <https://shop.loxone.com/cscz/product/100336-miniserver-go>

LU, Jiakang, Tamim SOOKOOR, Vijay SRINIVASAN, Ge GAO, Brian HOLBEN, John STANKOVIC, Eric FIELD a Kamin WHITEHOUSE, 2010. The smart thermostat. In: *Proceedings of the 8th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems* [online]. New York, NY, USA: ACM, 2010-11-03, s. 211-224 [cit. 2025-02-13]. ISBN 9781450303446. Dostupné z: doi:10.1145/1869983.1870005

MADAKAM, Somayya, R. RAMASWAMY a Siddharth TRIPATHI, 2015. Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications* [online]. **03**(05), 164-173 [cit. 2024-11-05]. ISSN 2327-5219. Dostupné z: doi:10.4236/jcc.2015.35021.

MASTNÝ, Petr, 2011. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-04937-2.

MITALI, J., S. DHINAKARAN a A.A. MOHAMAD, 2022. Energy storage systems: a review. *Energy Storage and Saving* [online]. **1**(3), 166-216 [cit. 2025-01-16]. ISSN 27726835. Dostupné z: doi:10.1016/j.enss.2022.07.002

MOCRII, Dragos, Yuxiang CHEN a Petr MUSILEK, 2018. IoT-based smart homes: A review of system architecture, software, communications, privacy and security. *Internet of Things* [online]. **1-2**, 81-98 [cit. 2025-02-25]. ISSN 25426605. Dostupné z: doi:10.1016/j.iot.2018.08.009

MORENO ESCOBAR, Jesús Jaime, Oswaldo MORALES MATAMOROS, Ricardo TEJEIDA PADILLA, Ixchel LINA REYES a Hugo QUINTANA ESPINOSA, 2021. A Comprehensive Review on Smart Grids: Challenges and Opportunities. *Sensors* [online]. **21**(21) [cit. 2024-12-11]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s21216978

OMETOV, Aleksandr, Oliver MOLUA, Mikhail KOMAROV a Jari NURMI, 2022. A Survey of Security in Cloud, Edge, and Fog Computing. *Sensors* [online]. **22**(3) [cit. 2025-03-14]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s22030927.

PILLAN, Margherita, Fiammetta COSTA a Marco AUREGGI, 2019. The Complexity of Simple Goals: Case Study of a User-Centred Thermoregulation System for Smart Living and Optimal Energy Use. *Sustainability* [online]. **11**(13) [cit. 2025-02-13]. ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su11133632

QI, Qinglin a Fei TAO, 2019. A Smart Manufacturing Service System Based on Edge Computing, Fog Computing, and Cloud Computing. *IEEE Access* [online]. **7**, 86769-86777 [cit. 2024-11-09]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2019.2923610

RAHMAN, Taibur a Swarnendu Kumar CHAKRABORTY, 2018. Provisioning Technical Interoperability within ZigBee and BLE in IoT Environment. In: *2018 2nd International Conference on Electronics, Materials Engineering & Nano-Technology (IEMENTech)* [online]. IEEE, s. 1-4 [cit. 2024-11-14]. ISBN 978-1-5386-5550-4. Dostupné z: doi:10.1109/IEMENTECH.2018.8465272

SEHRAWAT, Deepti a Nasib Singh GILL, 2019. Smart Sensors: Analysis of Different Types of IoT Sensors. In: *2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)* [online]. IEEE, s. 523-528 [cit. 2025-01-31]. ISBN 978-1-5386-9439-8. Dostupné z: doi:10.1109/ICOEI.2019.8862778

SERGIO, Lapenna, 2022. What is Internet of Things (IoT)? 139+1 definitions since 1999. In: *Real Technologies* [online]. [cit. 2024-11-02]. Dostupné z: <https://www.rtsrl.eu/blog/what-is-internet-of-things-iot/>.

SERRONI, Serena, Marco ARNESANO, Giuseppe PANDARESE, Milena MARTARELLI a Gian MARCO REVEL, 2021. IoT infrared sensor for continuous monitoring of building envelope thermal performances. In: *2021 6th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)* [online]. IEEE, 2021-9-8, s. 1-6 [cit. 2025-03-14]. ISBN 978-953-290-112-2. Dostupné z: doi:10.23919/SpliTech52315.2021.9566448

SETZ, Brian, Sebastian GRAEF, Desislava IVANOVA, Alexander TIESSEN a Marco AIELLO, 2021. A Comparison of Open-Source Home Automation Systems. *IEEE Access* [online]. **9**, 167332-167352 [cit. 2025-03-14]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2021.3136025

SINGH, Amandeep; BANSAL, R. K.; JHA, Neetu. Open source software vs proprietary software. *International Journal of Computer Applications*, 2015, 114.18.

SIVARAMAN, Vijay, Hassan Habibi GHARAKHEILI, Clinton FERNANDES, Narelle CLARK a Tanya KARLIYCHUK, 2018. Smart IoT Devices in the Home: Security and Privacy Implications. *IEEE Technology and Society Magazine* [online]. **37**(2), 71-79 [cit. 2025-03-14]. ISSN 0278-0097. Dostupné z: doi:10.1109/MTS.2018.2826079

SolarEdge, 2025. In: OPEN HOME FOUNDATION. *Home Assistant* [online]. [cit. 2025-03-14]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/integrations/solaredge/>

STOJMENOVIC, Ivan, Sheng WEN, Xinyi HUANG a Hao LUAN, 2016. An overview of Fog computing and its security issues. *Concurrency and Computation: Practice and Experience* [online]. **28**(10), 2991-3005 [cit. 2024-11-08]. ISSN 1532-0626. Dostupné z: doi:10.1002/cpe.3485

STOLOJESCU-CRISAN, Cristina, Calin CRISAN a Bogdan-Petru BUTUNOI, 2021. An IoT-Based Smart Home Automation System. *Sensors* [online]. **21**(11) [cit. 2025-02-25]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s21113784

SURYADEVARA, Nagender Kumar a Gyan Ranjan BISWAL, 2019. Smart Plugs: Paradigms and Applications in the Smart City-and-Smart Grid. *Energies* [online]. **12**(10) [cit. 2025-02-08]. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:10.3390/en12101957

VANDOME, Nick. *Smart Homes in easy steps: Master smart technology for your home*. In Easy Steps, 2018.

WANG, Ming, Guiqing ZHANG, Chenghui ZHANG, Jianbin ZHANG a Chengdong LI, 2013. An IoT-based appliance control system for smart homes. In: *2013 Fourth International Conference on Intelligent Control and Information Processing (ICICIP)* [online]. IEEE, s. 744-747 [cit. 2025-02-12]. ISBN 978-1-4673-6249-8. Dostupné z: doi:10.1109/ICICIP.2013.6568171

What is a protocol? | Network protocol definition, 2024. In: *CloudFlare* [online]. [cit. 2024-11-14]. Dostupné z: <https://www.cloudflare.com/learning/network-layer/what-is-a-protocol/>

What is IoT and how does it work?, © 2024. In: SAP. *SAP* [online]. [cit. 2024-11-04]. Dostupné z: https://www.sap.com/products/artificial-intelligence/what-is-iot.html?url_id=text-glo-404-reclink.

What is the Internet of Things (IoT)?, © 2024. In: INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION. *IBM* [online]. [cit. 2024-11-04]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/topics/internet-of-things>.

YASSEIN, Muneer Bani, Wail MARDINI a Ashwaq KHALIL, 2016. Smart homes automation using Z-wave protocol. In: *2016 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)* [online]. IEEE, s. 1-6 [cit. 2024-11-14]. ISBN 978-1-5090-5579-1. Dostupné z: doi:10.1109/ICEMIS.2016.7745306

YOUSSEF, Ahmed E. Exploring cloud computing services and applications. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 2012, 3.6: 838-847.

YU LIU, KIN-FAI TONG, XIANGDONG QIU, YING LIU a XUYANG DING, 2017. Wireless Mesh Networks in IoT networks. In: *2017 International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition* [online]. IEEE, s. 183-185 [cit. 2024-11-11]. ISBN 978-1-5090-6393-2. Dostupné z: doi:10.1109/iWEM.2017.7968828

Z čeho se skládá cena elektřiny?, 2023. In: DELTA GREEN. *Delta Green* [online]. 21.7.2023 [cit. 2025-03-14]. Dostupné z: <https://www.deltagreen.cz/blog/z-ceho-se-sklada-cena-elektriny>

ZEGEYE, Wondimu, Ahamed JEMAL a Kevin KORNEGAY, 2023. Connected Smart Home over Matter Protocol. In: *2023 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)* [online]. IEEE, 2023-1-6, s. 1-7 [cit. 2024-11-15]. ISBN 978-1-6654-9130-3. Dostupné z: doi:10.1109/ICCE56470.2023.10043520

ZRELLI, Amira, 2022. Hardware, Software Platforms, Operating Systems and Routing Protocols for Internet of Things Applications. *Wireless Personal Communications* [online]. 122(4), 3889-3912 [cit. 2025-02-26]. ISSN 0929-6212. Dostupné z: doi:10.1007/s11277-021-09116-5

8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Výkres půdorysu modelového domu.....	36
Obrázek 2 - Grafické zobrazení rozmístění IoT prvků	45
Obrázek 3 - Automatizace zastavení prodeje přetoků	49
Obrázek 4 - Automatizace povolení prodeje přetoků	50
Obrázek 5 - Nastavení prodeje při předpokládané výrobě	50
Obrázek 6 - Zastavení prodeje při poklesu ceny / předpokládané produkce.....	51
Obrázek 7 - Graf produkce elektřiny	54
Obrázek 8 - Graf s automatizací prodeje	55
Obrázek 9 - Graf s rozšířenou automatizací	56
Obrázek 10 - Distribuce energie za rok	57
Obrázek 11 - Přehled distribuce za rok.....	57

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Seznam vybraných zařízení.....	43
Tabulka 2 - Z čeho se skládá cena elektřiny?.....	48
Tabulka 3 - Celková cena za všechna zařízení.....	52
Tabulka 4 - Spotřeba vybraných IoT zařízení.	53

8.3 Seznam použitých zkratk

IoT	Internet of Things (Internet věcí)
WiFi	Wireless Fidelity (bezdrátová síť IEEE 802.11)
BLE	Bluetooth Low Energy
RGB	Red Green Blue (barevný model)
ČSÚ	Český statistický úřad
OTE	Operátor trhu s elektřinou
API	Application Programming Interface
FFD	Full Function Device
RFD	Reduced Function Device

Přílohy

Odkazovaný seznam příloh