



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

ENERGETICKÁ SAMOSTATNOST A OPTIMALIZACE SPOTŘEBY ENERGIE S VYUŽITÍM OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ A SYSTÉMOVÉ INSTALACE V DOMÁCNOSTI

ENERGY INDEPENDENCE AND OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION WITH USE RENEWABLE
SOURCES AND SMART WIRING IN HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Kaděra

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Branislav Bátora, Ph.D.

BRNO 2017



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Jan Kaděra

ID: 173671

Ročník: 3

Akademický rok: 2016/17

NÁZEV TÉMATU:

Energetická samostatnost a optimalizace spotřeby energie s využitím obnovitelných zdrojů a systémové instalace v domácnosti

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Zdroje elektrické energie pro domácnost a možnost její akumulace
2. Možnosti řízení TZB pomocí systémové elektroinstalace
3. Návrh optimalizace systému z hlediska investičních a provozních nákladů
4. Zpracování projektové dokumentace (stupeň studie) s ekonomickým zhodnocením

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 6.2.2017

Termín odevzdání: 5.6.2017

Vedoucí práce: Ing. Branislav Bátora, Ph.D.

Konzultant:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

KADĚRA, J. *Energetická samostatnost a optimalizace spotřeby energie s využitím obnovitelných zdrojů a systémové instalace v domácnosti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 65 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Branislav Bátora, Ph.D..

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Energetická samostatnost a optimalizace spotřeby energie s využitím obnovitelných zdrojů a systémové instalace v domácnosti jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.“

V Brně dne: 1.6.2017

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Branislavu Bátorovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá optimalizací spotřeby elektrické energie v domácnosti a její energetickou samostatností. Jsou zde shrnuty dostupné zdroje elektrické energie pro domácnost a možnosti její akumulace. Dále je popsána funkce systémové elektroinstalace s porovnáním systémů na dnešním trhu. Detailněji se zabývá popisem řídicího systému FOXTROT od firmy TECO a.s. a možnostmi jeho uplatnění. Práce řeší optimalizaci úspor z hlediska investičního i provozního. V aktuálních cenách je zde provedeno srovnání spotřebičů dvou energetických tříd, porovnání jednotarifního a dvoutarifního účtování a dále jsou demonstrovány možnosti úspor v rámci osvětlovací soustavy, řízení teploty a rozdělení spotřebičů dle říditelnosti. Byl vytvořen kalkulátor doby návratnosti fotovoltaického systému, který na základě zadaných parametrů vypočte dobu návratnosti. Součástí práce je projektová dokumentace provedená jako stupeň studie typového objektu domácnosti, na kterém jsou demonstrovány zkoumané optimalizační možnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA: zdroje energie; akumulace; systémová elektroinstalace; optimalizace spotřeby; energetická samostatnost

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on optimization of electric energy consumption in household and its energetic independence. There is an overview of available energy sources for household and possibilities of its accumulation. Next, the function of system electrical wiring is described and compared with systems in today's market. In more detail, the thesis deals with description of FOXTROT control system developed by the company TECO a. s. and with possibilities of its application. The study describes savings optimization from both investment and operation perspective. A comparison of appliances of two energy classes in current prices is done, as well as a comparison of one-way and two-way pricing. Savings opportunities in lighting system, temperature control and appliance division according to their manageability are demonstrated. A calculator for photovoltaic system was created which provides return time of investment upon input parameters. A part of the thesis is a project documentation realized as a stage of a household object study, on which optimization opportunities are demonstrated.

KEY WORDS: energy sources; accumulation; system electrical wiring; consumption optimization; energetic independence

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	12
1 ÚVOD.....	13
2 ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE PRO DOMÁCNOST.....	14
2.1 ELEKTRICKÁ PŘÍPOJKA.....	14
2.2 FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA	15
2.2.1 FOTOVOLTAICKÝ ČLÁNEK	15
2.2.2 FOTOVOLTAICKÝ PANEL	15
2.2.3 ROZDĚLENÍ FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ PODLE ZAPOJENÍ	16
2.2.4 INVENTORY	16
2.2.5 DOMÁCÍ FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA.....	17
2.2.6 ZHODNOCENÍ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY	17
2.3 VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA.....	18
2.3.1 DĚLENÍ VĚTRNÝCH TURBÍN	18
2.3.2 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY V DOMÁCNOSTI	18
2.3.3 PŘEHLED VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN	20
2.4 VODNÍ ELEKTRÁRNA.....	21
2.4.1 MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA	21
2.4.2 TURBÍNY PRO MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY	22
2.4.3 ZHODNOCENÍ VODNÍ ENERGIE	23
2.5 ELEKTROCENTRÁLA	24
3 MOŽNOSTI AKUMULACE ENERGIE V DOMÁCNOSTI.....	25
3.1 ELEKTROCHEMICKÉ AKUMULÁTORY	25
3.1.1 OLOVĚNÉ AKUMULÁTORY	25
3.1.2 NIKL-KADMIOVÉ (Ni-Cd) AKUMULÁTORY.....	25
3.1.3 NIKL-METAL HYDRIDOVÉ (Ni-MH) AKUMULÁTORY.....	25
3.1.4 NIKL-ŽELEZNÉ (Ni-Fe) AKUMULÁTORY	25
3.1.5 LITHIOVÉ AKUMULÁTORY	26
3.1.6 BATERIE SODIUM – SULFUR (NAS)	26
3.1.7 PRŮTOKOVÁ BATERIE	26
3.2 PALIVOVÝ ČLÁNEK V KOMBINACI S VODÍKEM	27
3.3 SUPRAVODIVÉ INDUKČNÍ AKUMULÁTORY	27
3.4 SETRVAČNÍKOVÉ AKUMULÁTORY	27
3.5 TLAKOVÁ AKUMULACE	27
3.6 TESLA POWERWALL	28
3.7 VÝROBA BATERÍ V ČESKÉ REPUBLICE	28
3.8 SHRNUTÍ AKUMULACE.....	29
3.8.1 SROVNÁNÍ ELEKTROCHEMICKÝCH BATERÍ.....	29

4 SYSTÉMOVÁ ELEKTROINSTALACE.....	30
4.1 POROVNÁNÍ KLASICKÉ A SYSTÉMOVÉ INSTALACE	31
4.1.1 KLASICKÁ ELEKTROINSTALACE	31
4.1.2 SYSTÉMOVÁ ELEKTROINSTALACE	32
4.1.3 SHRNUTÍ.....	33
4.2 DĚLENÍ SYSTÉMOVÝCH ELEKTROINSTALACÍ	34
4.2.1 ROZDĚLENÍ DLE CENTRALIZACE.....	34
4.2.2 ROZDĚLENÍ DLE KOMPLEXNOSTI	34
4.2.3 ROZDĚLENÍ DLE TOPOLOGIE	34
4.2.4 ROZDĚLENÍ DLE OTEVŘENOSTI.....	35
4.3 SYSTÉMY NA DNEŠNÍM TRHU.....	36
4.3.1 SYSTÉM EIB/KNX.....	36
4.3.2 SYSTÉM INELS	36
4.3.3 SYSTÉM TECOMAT FOXTROT.....	36
4.3.4 SYSTÉM ABB-FREE HOME	36
4.3.5 SYSTÉM XCOMFORT	36
4.3.6 SYSTÉM LOXONE	37
4.3.7 SYSTÉM NIKOBUS	37
4.4 PŘEHLED SYSTÉMOVÝCH ELEKTROINSTALACÍ	37
4.5 ŘÍDÍCÍ SYSTÉM TECOMAT FOXTROT.....	38
4.5.1 O SYSTÉMU	38
4.5.2 STRUKTURA SYSTÉMU TECOMAT FOXTROT.....	38
4.5.3 KOMUNIKACE	40
4.5.4 OVLÁDÁNÍ	40
4.5.5 PROGRAMOVÁNÍ	40
4.5.6 MOŽNOSTI ŘÍZENÍ	41
4.5.7 SHRNUTÍ.....	41
5 OPTIMALIZACE SYSTÉMU.....	42
5.1 SPOTŘEBA V DOMÁCNOSTI.....	42
5.2 TOKY ENERGIÍ V DOMÁCNOSTI.....	43
5.2.1 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE	43
5.2.2 DISTRIBUČNÍ SÍŤ	43
5.2.3 AKUMULACE ELEKTŘINY.....	43
5.2.4 SPOTŘEBA V DOMĚ	43
5.3 OPTIMALIZACE	45
5.4 OPTIMALIZACE Z HLEDISKA INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ.....	45
5.4.1 ÚSPORNÉ SPOTŘEBIČE	45
5.4.2 DOBA NÁVRATNOSTI	46
5.4.3 NÍZKÝ TARIF	47
5.4.4 OPTIMALIZACE OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY.....	50
5.5 OPTIMALIZACE Z PROVOZŇÍHO HLEDISKA.....	51
5.5.1 ROZDĚLENÍ SPOTŘEBIČŮ Z POHLEDU ŘIDITELNOSTI.....	51
5.5.2 PROPOJENOST SYSTÉMŮ	53
5.5.3 ŘÍZENÍ TEPLoty	53
5.5.4 ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ	53
5.5.5 ZÁSADY PRO ÚSPORU ENERGIE.....	54

6 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE – STUDIE	55
6.1 PŘEDSTAVENÍ OBJEKTU.....	55
6.2 TECHNICKÉ VYBAVENÍ	55
6.2.1 ŘÍDÍCÍ SYSTÉM	55
6.2.2 FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM.....	56
6.2.3 SPOTŘEBIČE	56
6.2.4 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....	56
7 ZÁVĚR.....	57
POUŽITÁ LITERATURA	58
SEZNAM PŘÍLOH	61
PŘÍLOHA A	62
PŘÍLOHA B.....	64
PŘÍLOHA C	65

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 2-1 Odporový a vztlakový princip [8].....</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 2-2 Darrierova turbína [11].....</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 2-3 Turbína Energy ball [11]</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 4-1 Klasická elektroinstalace [25]</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 4-2 Systémová elektroinstalace [25].....</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 4-3 Závislost nákladů na výkonnosti elektroinstalace [26].....</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 4-4 Přehled topologií.....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 5-1 Rozdělení spotřeby elektrické energie v domácnosti [38].....</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 5-2 Toky energií v domácnosti.....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 5-3 Řiditelnost spotřebičů.....</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 5-4 Posloupnost příkazů nepřímého řízení pro pračku</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 5-5 Úspora energie v osvětlení s využitím řídicího systému [42].....</i>	<i>53</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 2-1 Srovnání střídačů Studer [5]</i>	<i>16</i>
<i>Tabulka 2-2 Srovnání fotovoltaických panelů [6] [7].....</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka 2-3 Srovnání větrných elektráren [12] [13].....</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 2-4 Přehled turbín s doporučeným spádem a průtokem</i>	<i>23</i>
<i>Tabulka 3-1 Tesla PowerWall [23].....</i>	<i>28</i>
<i>Tabulka 3-2 Srovnání baterií [3]</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 4-1 Porovnání klasické a systémové elektroinstalace</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 4-2 Přehled systémových elektroinstalací</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 5-1 Srovnání chladniček dvou energetických tříd [39]</i>	<i>45</i>
<i>Tabulka 5-2 Přehled dvoutarifních sazeb pro domácnost.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabulka 5-3 Stávající světelné zdroje.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 5-4 Úsporné světelné zdroje.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 6-1 Spotřebiče s vyšším odběrem použité v domácnosti</i>	<i>56</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

zkratka/symbol	název
A	ampér
AC	střídavá soustava
CFox	označení sběrnice modulů
CIB	sběrnice s rychlou garantovanou odezvou
DC	stejnoseměrná soustava
DIN lišta	lišta normovaného rozměru
EPSNET	druh komunikační sítě
HDO	hromadné dálkové ovládání
Hz	hertz
K	kelvin
kg	kilogram
l	litr
LiFePO	lithium-železo-fosfát
Li-ion	lithium-iont
m	metr
m ²	metr čtvereční
NaS	sodík-síra
Ni-Cd	nikl-cadmium
Ni-Fe	nikl-železo
Ni-MH	nikl-metalhydrid
OZE	obnovitelné zdroje energie
PLC	programovatelný logický automat
RFox	bezdrátová rádiová sběrnice
s	sekunda
TCL2	označení sběrnice
UTP	druh kabelu - kroucená dvojlinka (unshielded twisted pair)
V	volt
VA	voltampér
VBr	vanad-bromid
W	watt
Wh	watthodina
Wp	watt-peak

1 ÚVOD

V dnešní době si cenu energií určují velcí dodavatelé. Pro domácnosti odkázané na tyto distributory je zde nejistota ceny, a jsou povinny platit částku, kterou si určuje smluvní strana. Existuje i možnost, stát se téměř nezávislým na těchto firmách díky vlastní výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Elektrickou energii spotřebovávají téměř všechny domácnosti. V dnešní době je na vzestupu možnost hybridního řešení, kdy převážná většina spotřebované energie je vyrobena z obnovitelných zdrojů a v případě nedostatku je možnost odběru z distribuční sítě. Investice do zařízení se může zdát vysoká, ale po několika letech provozu je investovaná částka vrácena a my si tak můžeme užívat čistou, nezávislou energii. Spotřeba elektrické energie stále roste a skladování velkých objemů je náročné. Proto je důležité její využití co nejefektivnějším a nejehospodárnějším způsobem.

V dnešní době jsou klasické elektroinstalace nahrazovány systémovou. Jedná se o inteligentní řízení systémů díky vzájemnému propojení a komunikaci. Na základě předem naprogramovaných funkcí a algoritmů pomáhá s řízením, ovládním spotřebičů a směřováním toků energie. Díky tomu je spotřebováno pouze aktuálně nutné množství energie s vysokou hodnotou využití.

V následujícím textu jsou shrnuty možnosti zdrojů energie pro domácnosti a její dostupné možnosti akumulace. Porovnání klasické a systémové elektroinstalace vysvětluje, proč je výhodnější využít právě systémovou elektroinstalaci. Dále je popsán řídicí systém FOXTROT od firmy Teco a.s. pomocí kterého jsou řízeny různé procesy na celém světě. Možnosti optimalizace jsou rozděleny z pohledu investičního a provozního. Stupeň studie je vypracován pro typový objekt domácnosti. Díky využití optimalizačních technologií je jeho spotřeba a závislost na distribuční síti minimální.

2 ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE PRO DOMÁCNOST

V dnešní době je převážná většina domácností napojena na distribuční síť, ze které odebírají elektřinu pro svou potřebu. Domácnosti platí za spotřebovanou energii, plus poplatek distribuční sítě a mají zajištěnou potřebu elektrické energie. S rostoucími cenami energií se domácnosti a spotřebitelé elektrické energie chtějí čím dál více stát energeticky samostatnými a nezávislymi odběrateli od velkých distribučních firem. Touha po nezávislosti vede k pořizování zařízení, které elektrickou energii dokáže maximálně efektivně vyrábět a spotřebovávat. Hlavními předpoklady pro nezávislost jsou velká úspora paliva, snížení ekologické zátěže a nízké pořizovací a provozní náklady.

Vývoj technologií pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů, postoupil za poslední léta na takový stupeň technické dokonalosti, že jsou vyřešeny mnohé problémy s jeho zapojením do energetických soustav. Současně poklesly ceny počátečních nákladů natolik, že si je může pro svou potřebu pořídit každý, aniž by finančně vykrvácel.

2.1 Elektrická přípojka

Jeden z možných způsobů získávání elektrické energie je napojení odběrného místa do distribuční soustavy pomocí elektrické přípojky. V takovém případě je elektřina odebírána a inkasována od dodavatele elektrické energie, který nám garantuje pravidelnou dodávku energie dle naší potřeby. V tomto případě dodavatel vyrábí elektrickou energii převážně z neobnovitelných zdrojů.

„Elektrická přípojka slouží jako spojovací článek mezi distribuční sítí nízkého napětí a samotným odběrným místem, nejčastěji jde o spojení mezi rozvodným zařízením distributorské společnosti a hlavní domovní skříní.“ podle [1]

V dnešní době je vybudována rozlehlá distribuční síť po celé České republice. Připojení do sítě lze uskutečnit téměř kdekoli na území České republiky. Potíže mohou nastat v horských oblastech kvůli nepřístupnému terénu, chráněnému území nebo povětrnostním podmínkám. V takovýchto oblastech je možné se setkat s problémem připojení odběratele k distribuční síti a přívod elektrické energie se musí řešit jinými způsoby. Pokud se člověk rozhodne stavět dům na pozemku, ke kterému není zavedena elektrická přípojka, musí podat žádost o připojení k distribuční soustavě a poté uzavře smlouvu s dodavatelem elektrické energie.

Bude-li přípojka do 50 metrů od stávajícího rozvodu, je v České republice podle zákona zdarma. Pokud ale jde o přípojku nad 50 metrů, musí za ni zaplatit majitel nemovitosti částku, která odpovídá její délce. Po vybudování přípojky je nutné pro zahájení odběru elektřiny uzavřít smlouvu s dodavatelem. Celkovou spotřebovanou energii nám měří elektroměr, pomocí kterého nám dodavatelská firma účtuje poplatky za energii. [1]

Budování přípojky, včetně nutného papírování zabere mnoho času, a proto je nutné mít tento úkol včas na paměti ještě před zahájením stavby.

2.2 Fotovoltaická elektrárna

Fotovoltaika je v dnešní době jeden z nejvíce využívaných obnovitelných zdrojů elektrické energie pro domácnosti. Fotovoltaika je technologie pro přímou přeměnu slunečního záření na elektřinu. Je považována za trvale udržitelnou technologii, především díky nejdostupnějšímu obnovitelnému zdroji energie na Zemi, který představuje sluneční záření. Výroba elektřiny ze slunce se provádí bez pohyblivých součástí. Technologický vývoj v tomto odvětví jde dopředu a s ním roste také účinnost panelů, klesá jejich cena a zvyšuje se životnost.

Množství vyrobené energie závisí na:

- Technologii výroby fotovoltaických panelů
- Intenzitě dopadajícího světla
- Ploše, na kterou světlo dopadá

Elektřinu vyrobenou fotovoltaickými panely je možno využít v domácnosti a přebytky skladovat v akumulátorech, popřípadě vracet do distribuční sítě. Fotovoltaika se skvěle doplňuje s domácími spotřebiči, jako jsou pračky, myčky, sušičky, chytré sekačky na trávu. Je to dáno tím, že tyto spotřebiče se mohou zapnout v době kdy je přebytek elektrické energie, kterou člověk zrovna nevyužívá.

Fotovoltaická elektrárna je soubor solárních panelů, střídače, podpůrných a jistících prvků a kabeláže. [2]

2.2.1 Fotovoltaický článek

Základním principem článku je fotoelektrický jev. „Fotony slunečního záření dopadající na přechod P-N svou energií vyvrážejí z krystalické mřížky elektrony, které se stávají volnými a jsou zárodkem elektrického proudu. Je jisté, že ne všechny fotony uvolní elektrony. Princip je znám již dlouho, ovšem až při současném technologickém pokroku je možné získanou energii efektivně využít.“ podle [2]

Nejvyužívanějším materiálem pro výrobu fotovoltaických článků je křemík. V dnešní době neustále probíhá vývoj a výzkum nových technologií pro zlepšení účinnosti a snížení ceny fotovoltaických článků.

Z dlouhodobého hlediska můžeme fotovoltaické články rozdělit do čtyř generací. Jednotlivé generace se liší např. obsahem křemíku a také účinností. [3]

2.2.2 Fotovoltaický panel

Panel se skládá z fotovoltaických článků, které tvoří fotodiody. Zajišťuje přeměnu slunečního záření na elektrickou energii pomocí fotoelektrického jevu. Panely jsou naskládány vedle sebe a tvoří plochy fotovoltaické elektrárny.

2.2.3 Rozdělení fotovoltaických systémů podle zapojení

2.2.3.1 Systém Grid-off

Tento ostrovní režim se používá převážně tam kde není dostupná veřejná síť. Skládá se z fotovoltaických modulů, akumulátorové baterie a regulátoru dobíjení. V takovém systému můžeme připojit spotřebiče odebírající stejnosměrný proud a jsou určeny na 12 nebo 24 V. Běžné síťové spotřebiče 230 V/~50 Hz můžeme také připojit, ale musí být napájené přes síťový střídač. Takovýto systém se hodí převážně na chaty nebo objekty, které neslouží k trvalému pobytu, protože dodává malé množství energie. [3]

2.2.3.2 Hybridní systémy

Hybridní systém je kombinace klasické síťové elektrárny a ostrovního režimu. V tomto systému se veškerá vyrobená energie využije v místě výroby. V případě přebytku energie dokáže hybridní inteligentní měnič přeměrovat přebytečnou energii do předem určených energeticky náročných spotřebičů. [3]

2.2.3.3 Systémy připojené k elektrické síti

Výhodou těchto systémů je, že veškerá vyrobená energie se zpracuje. Vyrobená elektrická energie je z větší části využita pro vlastní spotřebu a přebytek je poslán do distribuční sítě nebo je celý systém napojen na distribuční síť a vše je do této sítě posíláno. [3]

2.2.4 Inventory

Fotovoltaické panely vyrábí stejnosměrný proud, který je nutné přeměnit na střídavé napětí rozvodné sítě. K tomu nám slouží střídač tzv. inventor či měnič. Rozlišujeme střídače pro použití v ostrovních systémech a střídače pro solární zařízení spojená se sítí. Zařízení by mělo dodávat co nejvyšší výkon s minimem ztrát. Základní parametry střídače jsou účinnost, nominální výkon na AC a DC straně, maximální vstupní napětí, rozsah napětí, ve kterém by měl být střídač schopen optimálně pracovat a maximální vstupní proud. Beztransformátorový střídač má o trochu vyšší účinnost, ale neobsahuje galvanické oddělení oproti transformátorovému. Zařízení s větším počtem výkonových dílů jsou vhodná v oblastech s častou změnou klimatu. Inventory jsou schopné poskytovat informace o výrobě vlastní energie. [4]

2.2.4.1 Srovnání střídačů STUDER

Tabulka 2-1 Srovnání střídačů Studer [5]

Typ	Napětí baterie	Stálý výkon	Výkon 30 min při 25°C	Rozpětí vstupního napětí	Výstupní napětí	Účinnost	Cena
	[V] DC	[VA]	[VA]	[V] DC	[V] AC	[%]	[Kč]
XTS 900-12	12	500	900	9,5-17	Čistá sinusoida 230 V AC (+/- 2%)/ 120 V AC	93	26 000,-
XTS 1200-24	24	650	1200	19-34		93	28 000,-
XTS 1400-48	48	750	1400	38-68		93	28 000,-
XTM 1500-12	12	2000	1500	9,5-17		93	48 500,-
XTM 3500-24	24	3000	3500	19-34		94	57 500,-
XTM 4000-48	48	3500	4000	38-68		96	58 000,-
XTH 3000-12	12	2500	3000	9,5-17		93	80 500,-

2.2.5 Domácí fotovoltaická elektrárna

Nejlepší umístění panelů je střecha budovy, kdy nezabíráme plochu užitečné půdy. Pro sklon střechy či konstrukce je nejlepší mít úhel $35^\circ - 45^\circ$ od vodorovné roviny, ale samozřejmě záleží na okolních podmínkách. Solární elektrárnu se snažíme orientovat co nejvíce k jižní světové straně. Z velikosti vyráběných panelů víme, že 1 kWp zabere přibližně $6,5 - 7 \text{ m}^2$. Dá se předpokládat, že elektrárna s výkonem 1 kWp v našich podmínkách dokáže vyrobit 980 kWh – 1100 kWh elektrické energie za rok. Pokud budeme mít systém s instalovaným výkonem do 10 kW a energii budeme používat pro vlastní účely, není nutné zřizování licence pro výrobu elektřiny. Účinnost výroby energie z fotovoltaiky je okolo 15 % z dopadajícího záření.

2.2.6 Zhodnocení fotovoltaické elektrárny

Pro stavbu fotovoltaické elektrárny se musí vždy vycházet z aktuálního místa, zkušeností a dostupných prostředků. Plocha, kde má být fotovoltaická elektrárna vybudována může být střecha budovy, plášť budovy nebo volné prostranství. Pro domácí účely je nejvhodnější umístění fotovoltaických panelů na střechu budovy, popř. integrací do pláště budovy. Je důležité si uvědomit, že životnost dnes vyrobených panelů se udává okolo 25 let. Samozřejmě záleží na okolních podmínkách a panely mohou vydržet i delší dobu. Fotovoltaické panely postupem času ztrácí účinnost. Pokles o 10 % účinnosti můžeme předpokládat u panelů po 10 letech provozu. Se zdokonalováním výrobního procesu a používaných technologií lze ale předpokládat, že toto číslo se bude s postupem času snižovat. V dnešní době se již začínají objevovat nové krytiny střech, které mají v sobě již zabudované fotovoltaické články. Jejich nevýhodou je ale zatím vyšší pořizovací cena oproti panelům, které se uchycují na konstrukci, nad stávající krytinou. Kombinací takovéto krytiny, chytrých spotřebičů, elektromobilu a vhodného akumulátoru se můžeme dostat až na energeticky soběstačnou domácnost.

V tabulce 2-2 můžeme vidět srovnání několika fotovoltaických panelů. Pokud máme ideální orientaci a sklon, popřípadě se nám panely samy natačí za sluncem, je lepší použít monokrystalické panely. Jsou tedy vhodnější při přímém osvětlení. Polykrystalické panely dokáží lépe zpracovat difúzní záření. Životnost a výkonnost panelů je ale téměř stejná.

Tabulka 2-2 Srovnání fotovoltaických panelů [6] [7]

Typ	Krystaly	Výkon	Účinnost	Napětí naprázdno	Proud naprázdno	Velikost	Cena
		[Wp]	[%]	[V]	[A]		
Sunny-150P	poly	150	15	22,2	8,32	1	3 000
BENQ AUO PM060P00	poly	260	16	31,2	8,34	1,61	5 000
BENQ PM060MW2	mono	290	17,8	39,7	9,05	1,63	6 000
RECOM RCM-350-6MA	mono	350	17,9	38,2	9,16	1,96	6 200
SHARP ND-RC250	poly	250	15,2	37,5	8,76	1,64	5 000
PANASONIC VBHN 330SJ47	mono	330	19,7	69,7	6,07	1,67	11 600
AmeriSolar AS-P60 260	poly	260	16	38,2	8,47	1,63	5 500
IBC PolySol 260CS	poly	260	15,9	38,1	8,98	1,64	5 000

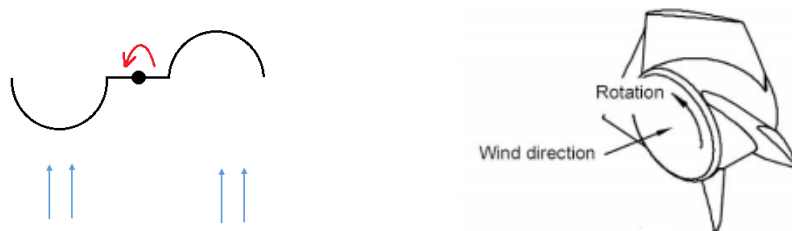
2.3 Větrná elektrárna

Jednou z možností získávání elektrické energie je schopnost využití větrné energie k pohonu elektrického generátoru. Vítr vzniká v atmosféře na základě rozdílů atmosférických tlaků jako důsledek nerovnoměrného ohřívání zemského povrchu. Rychlost a směr proudění větru je v blízkosti země ovlivňován členitostí povrchu. Větrnou energii lze považovat za obnovitelný přírodní zdroj, ale její nevýhodou je velice obtížná predikovatelnost. Větrná turbína převádí sílu proudícího vzduchu působícího na listy rotoru na rotační mechanickou energii. Elektrickou energii nám vyrábí elektrický generátor, který je poháněn právě rotační mechanickou energií z větru. Listy rotoru mají speciálně tvarovaný profil a pracují na principu vztlakové nebo odporové síly.

2.3.1 Dělení větrných turbín

- Podle principu fungování
 - Odporové
 - Vztlakové
- Podle osy otáčení rotoru
 - Horizontální
 - Vertikální

Z historického hlediska jsou odporové turbíny starší než vztlakové. Principem jsou odporové turbíny jednodušší, ale vzhledem k nízké účinnosti jsou dnes na většině místech instalovány turbíny vztlakové. U těchto turbín se využívá síly vznikající na rotorovém listu při obtékání vzduchem. Pokud má elektrárna horizontální turbínu, musí vždy směřovat proti směru větru. Toto natočení se u menších elektráren provádí pomocí směrové lopatky, která celé soustrojí otočí do směru největší rychlosti větru. U vertikální turbíny není nutné měnit směr. Oproti horizontálním je jejich účinnost menší o 10 % a také jejich pořizovací cena je vyšší. Hlavní výhodou těchto vertikálních turbín je, že nepotřebují měnit směr, zabírají menší prostor, a hlavně jsou méně hlučné. [8]



Obrázek 2-1 Odporový a vztlakový princip [8]

2.3.2 Větrné elektrárny v domácnosti

Pro domácí použití jsou vhodné mikro zdroje s kapacitou do 10 kW. Taková malá větrná elektrárna se dá využít pro vytápění domů, ohřev vody nebo napájení baterií či domácích spotřebičů. Velikostně mívá vrtule turbíny průměr okolo 3 m. Česká republika, svou polohou, nepatří mezi státy, které by byly ovívány pravidelným a silným větrem. V tomto mají výhodu země, které mají přístup k mořskému pobřeží a mohou využívat sílu mořského větru. Rozběhová rychlost většiny malých elektráren je kolem 2,5 – 3,5 m/s. Samozřejmě platí, že čím větší rychlost větru, tím je turbína účinnější. Aby byly schopné dodávat udávaný jmenovitý výkon, je potřeba vyšší rychlost větru, která se liší dle typu turbíny. Místo pro instalaci větrné elektrárny velice ovlivňuje její výkon, který bude schopna dodávat. Pro stavbu je důležité mít povolení od stavebního úřadu a také souhlas sousedů. V dnešní době je pro domácí využití odrazující především vysoká cena a malý výkon.

2.3.2.1 Energy ball

Tato větrná elektrárna, která připomíná svým tvarem balón, je vhodná pro městské prostředí nebo osídlené oblasti. Je složena z 6 rotorových listů, které jsou vytvarované do tvaru balónu. Díky tomuto tvaru odpadává provozní hluk, který je u ostatních turbín vyvolán vlivem proudění vzduchu. Při průměrné rychlosti větru 7 m/s je schopna ročně vyprodukovat až 500 kWh. Hlavní výhodou tohoto balónku, který má průměr rotoru 1,1 m, je schopnost generovat energii již od rychlosti větru 3 m/s. [9]

2.3.2.2 Darrieova turbína

Větrná turbína pracující na vztlakovém principu. Staví se ve vertikálním směru, takže osa otáčení je kolmá na směr větru. Nevýhodou této turbíny je složitá regulace a potřeba rychlosti větru aspoň 5 m/s. Svou konstrukcí odpadá nutnost natáčení podle větru.

2.3.2.3 Savoniova turbína

Princip, na kterém tato turbína pracuje využívá rozdíl odporu vzduchu vyduté a vypuklé polokoule. „Vydutá polokoule má téměř čtyřnásobný odpor než koule vypuklá. Tento jev má za následek, že výslednice sil není nulová a dochází k roztočení turbíny. Savoniova turbína je využívána dvěma způsoby. Prvním z nich je využití jako větrné turbíny a druhým způsobem jako vodní turbíny.“ podle [10]

Mezi výhody Savoniovy turbíny je její jednoduchá konstrukce a jednoduchý tvar lopatek, což značně snižuje cenu. Rotor je na turbíně připevněn ve vertikálním směru. Náběhová rychlost se pohybuje již od 2 – 3 m/s. Největší nevýhodou je její malá účinnost, která se pohybuje okolo 20 %. Modifikací Savoniovy turbíny je turbína se šroubovítým tvarem lopatek. [10]



Obrázek 2-2 Darrieova turbína [11]



Obrázek 2-3 Turbína Energy ball [11]

2.3.3 Přehled větrných elektráren

Dnes existuje mnoho výrobců, kteří se zabývají výrobou, prodejem či realizací na klíč malých větrných elektráren vhodných pro instalaci na zahradě nebo na střeše domu. V elektrárnách, jež dosahují výkonu do 1 kW se používají stejnosměrné generátory, které vytváří napětí 12 V nebo 24 V. Pomocí měniče lze poté transformovat napětí na hodnotu 230 V, kterou můžeme využít pro většinu spotřebičů nebo energii akumulovat do baterií. Ve větrné elektrárně s výkonem větším než 1 kW můžeme najít asynchronní generátor. [11]

V tabulce 2-3 můžeme vidět srovnání několika větrných elektráren na trhu. Rotor může být poskládan z lopatek, které jsou umístěné v kole nebo ze samostatných listů. Rozběhová rychlost větru udává nejmenší rychlost větru, při které elektrárna začíná vyrábět energii. Maximální rychlost je nejvyšší rychlost větru, při které může elektrárna fungovat bez poškození. Pokud vítr dosáhne větší rychlosti je nutné elektrárnu odstavit. Dodávaný jmenovitý výkon je jen v případě, že elektrárnu roztáčí alespoň jmenovitá rychlost větru. Větrné elektrárny jsou vybaveny regulátory a měniči, které hlídají maximální rychlost otáčení rotoru a správnou velikost výstupního napětí. Většina elektráren vyrábí stejnosměrné napětí, elektrárny v tabulce, které mají hodnotu napětí 120 V a vyšší jsou střídavé.

Tabulka 2-3 Srovnání větrných elektráren [12] [13]

Typ	Průměr rotoru	Rozběhová rychlost větru	Maximální rychlost větru	Napětí	Jmenovitý výkon	Jmenovitá rychlost větru	Cena
	[m]	[m/s]	[m/s]	[V]	[W]	[m/s]	[Kč]
Rutland 1200	1,22	2,5	20	12/24	500	15	45 800
Rutland 504	0,51	3	20	12	48	15	19 000
Rutland 1803-2	1,8	3	20	12/24	840	15	72 500
AIR X 400	1,15	3,6	49	12/24	400	12,5	27 500
JPS-200	0,68	3	20	12/24/48	200	12	15 000
JPT-100 DIY	0,68	3	20	12	100	12	15 000
Aeolos H-500 W	1,7	2,2	45	24	500	6,5	26 000
Energy Ball V100	1,1	3	40	120	500	7	110 000
SKYSTREAM 3.7	3,72	4,5	63	120/240	2400	13	220 000
DS 300 W	1,24	3	60	12	300	13,5	63 000
DS 1500 W	2,8	3	60	240	1500	12	380 000
DS 3000 W	4	3	60	240	3000	12	523 000
WT6500	1,8	3	68	120/240	1500	14	200 000

2.4 Vodní elektrárna

Vodní elektrárna je považována za perspektivní obnovitelný zdroj. Energie vodního toku byla využívána již ve starověku, kdy voda poháněla čerpadla pro závlahu. Ve středověku se používala pro pohon mlýnů, pil a hamrů. K výrobě ekologicky čisté elektřiny se začala využívat v polovině 20. století. Vodní elektrárna přeměňuje energii proudícího toku na elektřinu prostřednictvím turbíny, která pohání generátor. Potenciál vodních toků pro stavby velkých vodních elektráren v České republice s výkonem nad 10 MW je již vyčerpán. Možností pro stavbu malých elektráren s výkonem v řádu desítek až stovek kW je ale ještě mnoho. Výstavba takových malých elektráren nevyžaduje masivní zásah do krajiny, ani velké investiční náklady. Výhodou malé vodní elektrárny oproti solární či větrné elektrárně je, že je schopna dodávat elektrickou energii téměř nepřetržitě. Vyrobena energie je spotřebována v místě výroby, tím nevznikají ztráty způsobené dálkovým přenosem.

2.4.1 Malá vodní elektrárna

Malé vodní elektrárny patří k neekologičtějším energetickým zdrojům. Neprodukují žádné emise ani odpady do ovzduší, nedevastují krajinu a povrchové či podzemní vody těžbou a dopravou paliv a surovin. Jsou nezávislé na dovozu surovin a nemají velké požadavky na údržbu. Největší omezení pro stavbu vodní elektrárny je vhodný výběr správné lokality. Pro domácí malou vodní elektrárnu, která slouží pro napájení domácnosti, lze nejčastěji uvažovat elektrárnu průtočného typu. Negativní vliv mohou mít elektrárny na ekosystémy toků, z kterých vodu využívají. Jedná se především o vytvoření překážky bránící migraci ryb a vodních živočichů. Uvažovat o výstavbě vodní elektrárny můžeme v případě, že vlastníme pozemek, přes který vede nebo je v jeho blízkosti potok či řeka. Nejdůležitější vlastností je průtok vodního toku a využitelný spád, který se může měnit v závislosti na ročním období a úhrnu srážek. Při návrhu je důležité počítat právě s proměnlivým průtokem vlivem suchého nebo naopak deštivého počasí. Turbína je s generátorem spojena napřímo nebo přes převodovku či řemenový převod dorychla. Jako generátor se v malých vodních elektrárnách používá nejvíce asynchronní generátor, někdy se lze setkat také se synchronním. [14]

Stavbu malé vodní elektrárny nám může znepříjemnit jednání s úřady. Pro výstavbu je potřeba mnoho povolení – povolení k nakládání s vodami, stavební povolení a jiné. Dále je nutné si zřídit licenci od Energetického regulačního úřadu jako provozovatel domácí malé vodní elektrárny. Při schvalovacích procesech bude posuzován stav na příslušném vodním toku a také návrh projektu. [15]

2.4.2 Turbíny pro malé vodní elektrárny

Účinnost vodních turbín se pohybuje v rozmezí 80 – 90 %. Výběr nejlepší vodní turbíny je velice individuální dle lokality, spádu a průtoku vodního toku, potřebného výkonu a pořizovacích nákladů. Existují případy nevhodně vybraného typu turbíny pro dané podmínky. Tím výsledná účinnost výrazně klesá nebo dokonce je nevyhovující pro provoz. Z ekonomických a ekologických důvodů se musí obejít bez vysokých hrází, které by zajistily lepší vlastnosti spádu a stálou zásobu vody.

2.4.2.1 Bánkiho turbína

Tato turbína je konstrukčně jednoduchá a dosahuje účinnosti 70 – 80 %. Konstrukčně připomíná mlýnské kolo. Je tvořena oběžným kolem, které je tvořeno dvěma kruhovými deskami, mezi kterými jsou jednoduché lopatky. Její účinnost je zvýšena tím, že voda roztáčí turbínu nadvakrát. Nejdříve při vstupu usměrněný proud vody předává turbíně okolo 79 % energie z celkového výkonu. Podruhé vstupuje voda do lopatek na protější straně lopatkového věnce a předá zbylých 21 % z celkového výkonu turbíny. Mezi její hlavní přednosti patří jednoduché zpracování, dobrá regulovatelnost a schopnost pracovat i bez zatížení. Turbína je vhodná pouze tehdy, kdy její průměr je nejméně 5krát menší než spád, který musí být aspoň 2 m. Potřebný průtok se pohybuje od 20 l/s a výše. [16]

2.4.2.2 Šneková turbína

Její princip je založen na principu Archimédova šroubu. Přitékající voda působí svou hmotností po celé dráze svého klesání na závitý šnekovnice. Použití je vhodné tam, kde je malý spád, který se pohybuje od 1 – 10 m se značným kolísáním průtoku. Takováto turbína bývá napojena na asynchronní generátor, který dokáže dodávat výkon až do 500 kW. Regulace se provádí množstvím vody, jež turbínou protéká. [17]

2.4.2.3 Vrtulová turbína

Hlavní výhodou této turbíny je jednoduché spouštění bez složitých příprav. Je vhodná jako hnací stroj pracující do stálé zátěže, kterou můžou představovat vhodné akumulátory. Možnosti regulace jsou omezené, neboť turbína je opatřena pouze hlavní klapkou, která celou turbínu buď odstaví nebo uvede do provozu. Je vhodná pro spády od 1,5 do 4 m a její maximální výkon je 1,5 kW. [16]

2.4.2.4 Bezlopatková turbína SETUR

Bezlopatková turbína využívá v praxi hydrodynamický princip. Do válcové komory ústí kolmo k ose hřídele přívodní potrubí. Ve spodní části komory je zúžené místo, ve kterém visí na dlouhém tenkém a pružném hřídeli koule s gumovým povrchem. Koule je přitahována ke stěně tím více, čím rychleji mezi ní a stěnou proudí kapalina. Vstupující voda způsobí mírnou rotaci koule, která je zavěšena pružně. V místě, kde je koule blíž ke stěně, vzroste rychlost vody a klesne tlak, protože se koule dotýká stěny a současně se odvaluje. Vlivem celkového proudění se koule, spojená s hřídelí a následně s generátorem přes převodovku, dostane do rotace. Turbína dokáže vyrábět energii s účinností 55 – 80 % v místech, kde jiné zařízení z technických a ekonomických důvodů nemohou být vůbec instalována. Tato turbína má využití již od rozdílu hladin vodního toku 0,5 až 15 m při průtoku 2 - 20 l/s. [16]

2.4.2.5 Další typy turbín

Jako další turbíny pro malé vodní elektrárny lze použít různé modifikace Kaplanovy nebo Peltonovy turbíny. Každá má své specifika a vzhledem k hydrostatickým a geologickým podmínkám v České republice je velice obtížné najít stavební místo kde bychom elektrárny s těmito turbínami postavili a mohli je použít jako malé zdroje energie. Kaplanova turbína je použitelná pro spády od 1 m, nicméně potřebuje průtoky okolo 100 l/s. Peltonova turbína nepotřebuje tak velký průtok, je schopná pracovat od 1,5 l/s, ale potřebuje zase velký spád. Proto je nahrazována Bánkiho turbínou. [16]

2.4.3 Zhodnocení vodní energie

Získávání energie z vody je jedna z možností využití obnovitelných zdrojů v domácnosti. Jak již bylo řečeno její výhodou je, že není závislá na střídání dne a noci. Nicméně je těžké najít vhodnou lokalitu, aby se oplatila investice do celého soustrojí. Zlepšení na trhu můžou přinést turbíny, které by pracovaly s nízkým spádem a průtokem. Takovou cestou se snaží jít bezlopatková turbína. Má velice široké rozpětí ve velikosti spádu a průtoku, od kterého se odvíjí výsledný výkon, který může být až 1kW. Její pořizovací cena je okolo 50 000,- Kč. Celkový výkon závisí na velikosti průtoku a také na účinnosti použitého generátoru. Pro stavbu vodní elektrárny je odrazující i celková pořizovací cena, která v sobě zahrnuje jak výrobu turbíny, tak i práci s úpravou terénu pro vybudování elektrárny blízko říčního toku.

Tabulka 2-4 Přehled turbín s doporučeným spádem a průtokem

Turbína	Spád	Průtok
	[m]	[l/s]
Bánkiho	2 - 30	>20
Šneková	1 - 10	<10
Vrtulová	1,5 - 4	>20
Bezlopatková	0,5 - 15	2 - 20

2.5 Elektrocentrála

Napájení domácnosti přes elektrocentrálu není zrovna ekologické a je to ten směr, kterým bychom se neměli ubírat. Nicméně v některých případech se bez tohoto zdroje bohužel neobejdeme. Dnes se elektrocentrály využívají především jako záložní zdroje v případě výpadku proudu. Další využití, kdy je toto řešení nutné, může nastat v situaci ostrovního režimu. Obloha přes den byla zatažená a nebylo příliš mnoho slunečního svitu, proto fotovoltaické kolektory nedodaly potřebnou energii pro dobíjení akumulátorů a ty jsou teď zčásti vybité. Vodní elektrárnu nemáme a vítr zrovna nefouká. Proto nám nezbývá nic jiného než přistoupit k zapnutí elektrocentrály, která nám dodá do domácnosti elektrickou energii a my můžeme dále pracovat se spotřebiči.

Elektrocentrála se skládá ze spalovacího motoru, který roztáčí generátor a ten vyrábí potřebnou elektřinu. Jako palivo se používá benzín nebo nafta. Pro výběr vhodné elektrocentrály je rozhodující, jak často ji budeme používat a její energetický výkon, který je schopna poskytnout. Výkon elektrocentrál se pohybuje již od 0,6 – 12 kVA. U levných strojů se můžeme setkat s problémem kolísavého výstupního napětí, jež může být i okolo 5 %. U dražších modelů lze počítat i s nižší spotřebou z důvodu výroby dle aktuální spotřeby energie. Spotřeba samotné elektrocentrály se pohybuje okolo 1 litru paliva na motohodinu u výkonu 0,6 – 1 kVA. Pro výkony 5 – 6 kVA je spotřeba okolo 2 litry na motohodinu. Je důležité počítat také s místem, kde budeme elektrocentrálu mít uloženou. Měly by to být prostory odhlučněné, dobře větrané nebo vybavené odvodem spalin, které jsou v blízkosti odběru. Pro provoz elektrocentrály pro vlastní potřebu není nutné mít nějaké povolení či licence. [18]

3 MOŽNOSTI AKUMULACE ENERGIE V DOMÁCNOSTI

Pokud domácnost investuje do výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů je nutné tuto energii vhodně využívat. Problém nastává v době, kdy zdroje pracují naplno a my nemáme tuto energii kde využít. Proto je nutné přebytky energie vhodně skladovat, aby byla možnost jejího použití právě v době, kdy zdroje nejsou schopny pokrýt dodávku energie. Pro tyto účely nám slouží akumulační systémy, které budou popsány v následující kapitole.

3.1 Elektrochemické akumulátory

Nejrozšířenější možností akumulace energie je skladování v akumulátorech, které pracují na chemickém principu. Články v bateriích mají většinou nízké napětí, a proto pro dosažení vyšších hodnot jsou sériově pospojovány. Na trhu jsou různé typy, které se liší svými vlastnostmi např. použitým materiálem nebo elektrolytem.

3.1.1 Olověné akumulátory

Tento typ akumulátorů je vývojově nejstarší. Elektrody jsou olověné a elektrolyt tvoří kyselina sírová. Jsou schopny poskytnout vysoké nárazové proudy. Pro dobíjení fotovoltaickými články jsou olověné akumulátory přizpůsobené pro dlouhou životnost i při častém vybíjení na úkor velikosti nárazového proudu. Výhodou je jeho nízká pořizovací cena a dobrá účinnost, která se pohybuje okolo 80 %. Mezi největší nevýhodu patří jeho samovybíjecí vlastnost. Rychlost samovybíjení roste se stářím akumulátoru. Akumulátor by neměl být ponechán dlouhou dobu v podbitém či zcela vybitém stavu. Jsou charakteristické nízkým poměrem energie/hmotnost, který činí asi 30 – 40 Wh/kg. Životnost olověných baterií se podle hloubky vybíjení pohybuje mezi 500 – 800 cykly nebo okolo 5 let. [19]

3.1.2 Nikl-kadmiové (Ni-Cd) akumulátory

Oproti olověným jsou vývojově novější a dosahují lepšího poměru energie/hmotnost 40 – 60 Wh/kg. Kladná elektroda je tvořena oxidem nikelnatým v nabitém stavu a hydroxidem nikelnatým ve vybitém stavu. Elektrolyt je tvořen hydroxidem draselným. Mezi hlavní přednosti tohoto typu akumulátoru patří odolnost, spolehlivost a dlouhá životnost (10 let). Akumulátorům nevádí hluboké vybíjení. Jejich vlastností je také paměťový efekt, takže baterie by měla být před každým nabitím zcela vybita, což prakticky není ve všech situacích možné. Oproti olověným jsou dražší a z ekologického hlediska obsahují jedovaté kadmium. [19]

3.1.3 Nikl-metal hydridové (Ni-MH) akumulátory

Svou stavbou jsou velice podobné akumulátorům nikl-kadmiovým. Největší výhodou představují nahrazení jedovatého kadmia vhodnějším prvkem. Ve srovnání s Ni-Cd mají dvojnásobnou kapacitu při stejné velikosti.

3.1.4 Nikl-železné (Ni-Fe) akumulátory

Svými vlastnostmi jsou podobné Ni-Cd akumulátorům. Jejich životnost je až 15 let a jsou odolnější proti přebíjení a hlubokému vybíjení. Další výhodou je, že nemají schopnost paměťového efektu. Jejich účinnost se pohybuje mezi 73 až 87 %. Z ekologického pohledu jsou výhodné, protože obsahují nezávadné železo namísto olova nebo kadmia.

3.1.5 Lithiové akumulátory

Lithiové akumulátory se řadí svou hmotností k nejlehčím a vysoce účinným akumulátorům elektrické energie. Jejich životnost může dosahovat až 5000 cyklů. Na kilogram jejich hmotnosti připadá velké množství energie. Netrpí sulfatací a neobsahují paměťový efekt, takže je můžeme kdykoliv dobít a neovlivníme tím jejich životnost. Baterie jsou velice rychle nabity. Nevýhody jsou spojeny právě s dobíjením, které musí mít přesné hodnoty nabíjecího proudu. Proto jsou tyto baterie vybaveny balancérem, který sleduje a nabíjí každý článek vhodnou charakteristikou.

Lithium-železo-fosfátové (LiFePO) akumulátory jsou momentálně velmi perspektivní a svými vlastnostmi vysoce konkurují olověným akumulátorům. Napětí jednoho článku je 3,2 V. Jejich chemické složení je vysoce stabilní a v případě zkratu či přebíjení nedojde k explozi či vzplanutí. Lithium-Iontové (Li-ion) akumulátory jsou známy především z mobilních zařízení. Články můžeme spojovat do větších celků. Jejich zacházení si vyžaduje pozornost, protože obsahují hořčík, který při hoření vytváří vlastní kyslík. Jejich cena se pohybuje okolo 15 000,- Kč/kWh. [20]

3.1.6 Baterie Sodium – Sulfur (NaS)

Sodíkovo - sírová baterie v porovnání s olověnou baterií má více než jedenáctinásobný poměr hustoty energie na jednotku hmotnosti. Jsou to řádově stovky Wh/kg. Účinnost sodíkové baterie se pohybuje v rozmezí 86 – 95%. Svou velikostí jsou 3x menší než olověné akumulátory. Jejich nabíjení je velmi rychlé a nevedí jim ani vysoké krátkodobé přetížení. Jsou vyrobeny z levných materiálů a jsou určeny převážně pro provoz nabíjení/vybíjení. Nevýhodou je jejich provozní teplota okolo 300 °C. Jejich transport je obtížný, neboť vnitřní roztavené složky musejí během provozu zůstat v klidu. Životnost sodíkové baterie je 15 let, což spolu s nízkými provozními náklady představuje jedno z nejvhodnějších řešení používaných pro akumulaci systémů. [3]

3.1.7 Průtoková baterie

Průtokové baterie představují poměrně novou technologii. Je to další možnost, jak uchovat elektrickou energii pomocí chemických reakcí. V této baterii je energie uložena pomocí elektrolytů umístěných v nádržích. Baterie je sestavena ze dvou nádrží, přičemž jedna slouží jako zásobník negativního elektrolytu a druhá jako zásobník pozitivního elektrolytu. Nejvhodnější princip pro akumulaci elektrické energie z obnovitelných zdrojů představuje průtoková baterie pracující na principu elektrochemické oxidace a redukce vanadu – VBr. Její hlavní výhodou je v tom, že její počet nabíjecích a vybíjecích cyklů je neomezený. Elektrolyt je tvořen vanadovou solí v různých oxidačních stavech a koncentrovanou kyselinou sírovou. Baterii stačí jednoduchá údržba a kontrola a neobsahuje žádné nebezpečné kovy. Její účinnost je až 85 %. Pomocí velkých VBr je možno realizovat akumulaci kapacity elektrizační soustavy o výkonu v řádu až 100 MW. Mezi nevýhody můžeme zařadit její velikost, vyšší cenu a také vysokou teplotu, která vzniká při chemických reakcích. [3]

3.2 Palivový článek v kombinaci s vodíkem

Jednou z možností akumulace je přeměna vody elektrolýzou na vodík. Elektrolýza je jev, při kterém dochází k chemickým změnám na elektrodách vlivem průchodu elektrického proudu kapalinou. V době, kdy je přebytek energie, přeměníme energii vody právě pomocí elektrolýzy. Na elektrodách nám vzniknou bublinky vodíku a kyslíku. Vyrobený vodík můžeme následně přeměnit pomocí palivového článku na elektrickou energii, nebo spálením v kotli pro výrobu páry. Problém nastává v ceně a ve zpětné konverzi na elektrickou energii, kdy účinnost tohoto procesu je pouze 30 %. Účinnost lze zvýšit využitím produkovaného tepla např. k výrobě horké páry. Skladování velkého množství vodíku je obtížné. Výhoda tohoto systému je bezporuchovost, čistota a jeho provoz bez emisí.

3.3 Supravodivé indukční akumulátory

Tyto akumulátory dokáží uchovat elektrickou energii díky bezztrátovému přenosu elektrického proudu v magnetickém poli cívky protékané proudem. Supravodivost je možné vyvolat v řadě kovů, slitin či ve speciální keramice při teplotách kdy helium kapalné (4 K), ale i v teplotách kapalného vodíku a dusíku (77 K). Toto se využívá např. u supravodivých akumulátorů UPS, které obsahují supravodivou cívku v kapalném heliu nabíjenou přes usměrňovač. Využití supravodičů je využíváno jen pro specifické účely z důvodů vysokých nákladů, nízké kapacity a technických problémů při chlazení systémů. [21]

3.4 Setrvačnickové akumulátory

Setrvačnickový akumulátor je schopen uschovat velké množství energie v podobě kinetické energie pomocí setrvačnickových kol otáčejících se vysokou rychlostí. Součástí rotoru je motorgenerátor, který setrvačnick roztačí nebo při brzdění vytváří elektrický proud. Vše je řízeno elektronikou, tudíž setrvačnickový akumulátor pracuje bezpečným a téměř bezúdržbovým chodem. Dodávanou energii na roztáčení setrvačnicku lze ve zlomku sekundy přepnout na energii dodávanou pomocí setrvačnicku do sítě. Oproti elektrochemickým akumulátorům mají menší rozměry a hmotnost pro výkony v řádu set kW. Další výhodou oproti chemickým akumulátorům je jeho ekologičnost, protože se neskládá z žádné nebezpečné látky. Jeho množství cyklů, není omezeno chemickými pochody. Negativem proti tomu je ale vyšší pořizovací cena. Jeho účinnost dosahuje hodnoty přes 90 %. Setrvačnický jsou dnes nasazovány v průmyslu, kde slouží pro překonání krátkodobého výpadku sítě a v budoucnu by mohly akumulací systémy se setrvačnický nahradit některé typy baterií. Další využití můžeme očekávat v automobilech, které svým brzděním ztrácí část své energie, která by mohla být využita právě v setrvačnických. [22]

3.5 Tlaková akumulace

Jednou z možností akumulace nadbytečné elektrické energie je její uskladnění do stlačeného plynu. Přeměníme tak elektrickou energii pomocí kompresoru na tlakovou energii vzduchu. Plyny díky svým vlastnostem jsou více stlačitelné než pevné látky nebo kapaliny, proto jsou vhodné pro uskladnění v plynném skladu. Ten může tvořit stará štola, jeskyně, důl nebo v menších případech ocelový kontejner. Zde je objem stálý a množství uskladněné energie v objemu je určené tlakem a teplotou. Jednou z nevýhod tohoto systému je změna teplot vzduchu. Při kompresi se vzduch zahřívá, při expanzi se vzduch ochlazuje. V době špičky je stlačený vzduch použit pro plynovou turbínu, která nám vytváří potřebnou elektrickou energii.

3.6 Tesla PowerWall

Velkou pozornost si v dnešní době zaslouží baterie od společnosti Tesla. Aktuálně firma vyrábí již druhou generaci s názvem Tesla PowerWall 2. Kapacita lithium-iontového akumulátoru je 13,5 kWh a je navržen pro provoz v domovních podmínkách zátěže. Akumulátor nemusí sloužit pouze pro zálohu a akumulaci získané energie z obnovitelných zdrojů, ale může být použit také pro oddálení odběru z rozvodné sítě. Zařízení je složeno z bateriové soupravy, o nabíjení se stará zabudovaný inverter a vodním chlazením je regulována teplota. Tesla PowerWall 2 dokáže dodávat souvislým výkonem 5 kW a ve špičce až 7 kW elektrické energie. Účinnost baterie je vyšší než 90 % a provozní teplota se pohybuje od -20 °C až do 50 °C. Spojit můžeme až 10 takovýchto zařízení. Pokud by nám výkon nestačil, můžeme si pořídit od stejného výrobce výrobek PowerPack, který dokáže akumulovat až 210 kWh energie. Výrobce začínal s baterií PowerWall 1, kterou nabízí ve dvou velikostech akumulované energie. [23]

Tabulka 3-1 Tesla PowerWall [23]

	Energie	Výkon		Účinnost	Záruka	Váha	Rozměry	Cena
		Špičkový	Souvislý					
	[kWh]	[kW]	[kW]	[%]	[let]	[kg]	[mm]	[Kč]
PowerWall 1	7/10	3,3	2	92	10	100	1300x860x180	75 000/ 87 500
PowerWall 2	13,5	7	5	> 90	10	125	1150x755x155	137 500

3.7 Výroba baterií v České republice

Jednou z velice perspektivních firem v oblasti uchovávání energie v akumulátorech je česká společnost HE3DA s.r.o., která se zabývá výzkumem a vývojem bateriových technologií a jejich uváděním na trh. Společnost vyvinula a vlastní patent na baterie s 3D prostorovými elektrodami na bázi lithiových nanomateriálů. Právě díky využití nanomateriálů dokážou baterie energii uchovávat dlouhodobě bez větších ztrát a jejich rozměry jsou malé. Na 1 kg baterie připadá 180 W energie. Další výhodou je 99 % recyklovatelnost použitých materiálů. Uplatnění baterií je především v energetice a automobilovém průmyslu. Společnost již baterie vyrábí na menší lince v Praze, nicméně rychle expanduje a v roce 2018 by měla být spuštěna další linka na Karvinsku. Velkosériovou výrobou by se cena baterií mohla dostat na 2500,- Kč za 1 kWh. [24]

3.8 Shrnutí akumulace

Skladování elektrické energie představuje jeden z největších problémů. Neexistuje žádný systém, který by dokázal energii schovat pro následné použití beze ztrát a se 100 % účinností. Pro uchování velkého množství elektrické energie je využíváno přečerpávacích elektráren. Naopak pro krátkodobé výpadky či výkyvy v napájecí síti mohou dobře posloužit superkondenzátory, které dokážou dodat velké množství energie ovšem po krátkou dobu. Pro domácí použití je nejvýhodnější použití elektrochemických baterií, které jsou nabíjeny přebytečnou energií z obnovitelných zdrojů.

Pro akumulací systémy jsou důležité tyto vlastnosti:

- Velikost a kapacita, kterou nám udává hustota energie
- Maximální výkon, který může poskytnout a jak rychle dokáže potřebnou energii uvolnit
- Doba, po kterou může energii uchovat a kolik energie se při tom ztratí
- Účinnost a její ztráta s časem
- Investiční náklady a cena za akumulovanou kWh
- Počet cyklů a životnost
- Bezpečnost provozu, údržba, vliv na prostředí

Budoucnost skladování energie patří firmám, jež vytvářejí velké elektrochemické baterie, které jsou již vybaveny systémy proti přebíjení a podbití a kapacity dosahují až hodnoty 10 kWh.

3.8.1 Srovnání elektrochemických baterií

Tabulka 3-2 Srovnání baterií [3]

Technologie	Počet cyklů	Specifická energie	Energetická hustota	Specifický výkon
		[Wh/kg]	[Wh/l]	[W/kg]
Olovo-kyselinové	800	30 - 40	50 - 80	200
Nikl-kadmiové	1000	40 - 60	45 - 100	150
Nikl-metalhydrid	900	65	220	850
Nikl-železo	1000	30	60	100
Lithium-iontové	>2000	100	80 - 150	180 - 250
Sodíkovo-sírové	1000	150	170	240
Průtoková VBR	< 12000	10 - 85	10 - 33	-

4 SYSTÉMOVÁ ELEKTROINSTALACE

Systémová elektroinstalace slouží pro řízení a ovládání veškerých systémů a procesů, které můžeme v bytech, rodinných domech či průmyslových budovách najít. Je to nový směr elektroinstalace, který je znám také pod pojmem inteligentní elektroinstalace. Objekt se po zavedení systémové elektroinstalace stává „inteligentním“ a zajišťuje tak optimální vnitřní prostředí pro komfort osob prostřednictvím stavební konstrukce, techniky prostředí, řídicích systémů, služeb a managementu. Tato instalace zahrnuje komplexní řízení domu s provázaností na všechny instalované prvky v domě, které jsou pomocí elektrické energie napájené nebo řízené. Hlavní předností těchto systémů je provázanost a vzájemná komunikace po sběrnici mezi jednotlivými technologiemi – topení, klimatizace, ohřev teplé vody, žaluzie, osvětlení, zásuvky, zabezpečovací systém, vrata a další systémy. S příchodem systémové instalace se už nemusíme strachovat, jestli jsme vypnuli spotřebiče, snížili teplotu v místnosti, zhasnuli světla, zavřeli vchodové dveře nebo vrata do garáže. Systém nám pomáhá tyto úkoly hlídat a ovládat za nás. S rozvojem chytrých mobilních zařízení se nám rozvíjejí možnosti ovládání, ke kterým také patří funkce dálkového ovládání domácnosti přes internet. Systémová elektroinstalace dokáže uspořit peníze a také zpříjemnit drahocenný čas, který může člověk strávit se svými přáteli.

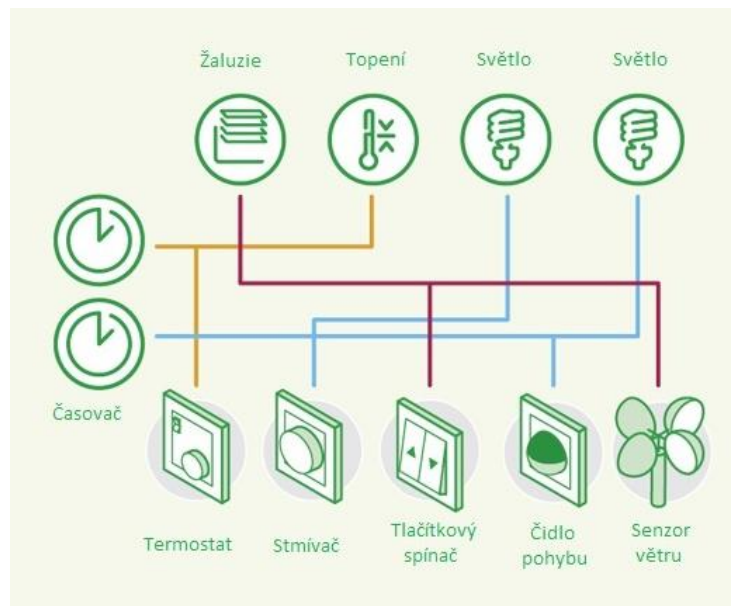
Inteligentní elektroinstalace komplexně řeší použití samostatných technologií do jednoho funkčního celku. Projektování sběrnic je jednoduché a přehledné. Složitost u této instalace přichází s připojováním senzorů, akčních členů a naprogramováním řídicího systému. Instalace v sobě spojuje klasická zařízení a postupy s technologiemi řídicích systémů slaboproudých zařízení. Díky automatizaci několika funkcí na základě jednoho povelu vytváří pro člověka příjemné prostředí, které může jednoduše ovládat.

Vložené peníze do systémové elektroinstalace se nám z části vrací zpět. Díky regulaci teploty, kdy například při otevření okna systém sám vypne topení nebo naopak v letních dnech zatahuje žaluzie, aby klimatizace nemusela ochlazovat teplejší vzduch vyhřátý od slunce. Úspora přichází také se spínáním vybraných spotřebičů v době nízkého tarifu elektrické energie nebo automatickým vypnutím rozsvíceného světla v případě, že čidlo neregistruje pohyb v místnosti. Další zhodnocení vložené investice se nám projevuje v navýšení hodnoty nemovitosti, právě díky zavedené systémové elektroinstalaci.

4.1 Porovnání klasické a systémové instalace

4.1.1 Klasická elektroinstalace

V klasické konvenční elektroinstalaci, která je provedena nejčastěji měděnými, popř. hliníkovými kabely, je funkce každého vypínače předem pevně daná obvodem, pro který je určený. To představuje pevné neměnné zapojení, ve kterém se spíná přímo příslušný spotřebič. Pokud bude chtít uživatel udělat změnu, je nutné položení nových kabelů, které jsou spojeny se stavebními úpravami. Když uživatel zjistí, kolik by tato změna dala práce, raději si zvykne na stávající řešení. Na obrázku 4-1 můžeme vidět klasickou elektroinstalaci, která se skládá ze samostatných obvodů pro světlo, topení a ovládání žaluzií.



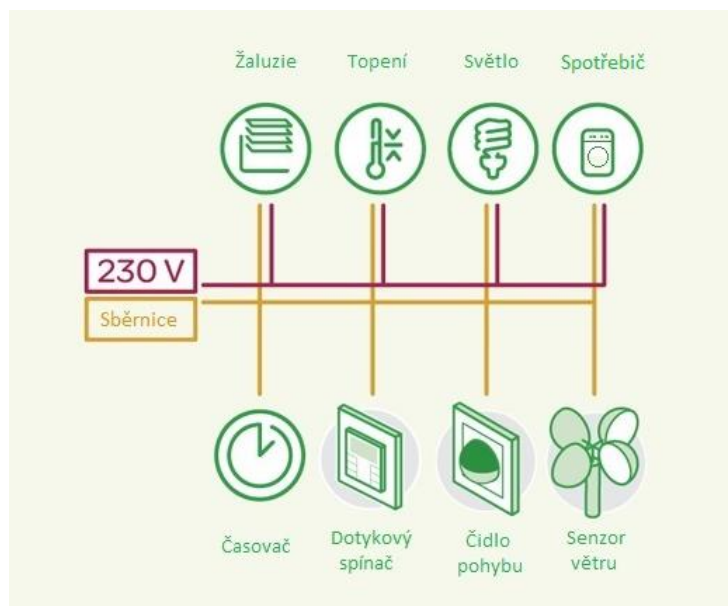
Obrázek 4-1 Klasická elektroinstalace [25]

4.1.2 Systémová elektroinstalace

Hlavní odlišností systémové elektroinstalace je, že se ovládacím prvkem nespíná přímo příkon do spotřebiče, ale posílají se pouze povely pro spínání. Instalace se skládá ze tří hlavních prvků – senzory, aktory a centrální jednotka. Senzory detekují požadavky na systém a ovládají části instalace. Aktory realizují požadavky sensorů, sepnutím daného silového obvodu. Pro propojení se používá kabel, který se skládá ze čtyř nestíněných kroucených párů vodičů – UTP kabel (Unshielded Twisted Pair). Vedení kabelů v systémové instalaci je provedeno přes sběrnice, které se sbíhají do jednoho rozvaděče, ve kterém je signál od vypínače zpracován a dále dle naprogramování je proveden úkol. Systémová instalace tedy umožňuje lepší flexibilitu při změně konfigurace prvků instalace i s ohledem na budoucí rozšíření. [25]

Na obrázku 4-2 můžeme vidět zapojení systémové elektroinstalace, kdy jednotliví účastníci jsou vzájemně propojeni sběrnice kabelem. Ovládací prvky jsou připojeny na dvojvodičové vedení a na silnoproudý rozvod jsou připojena jen koncová zařízení.

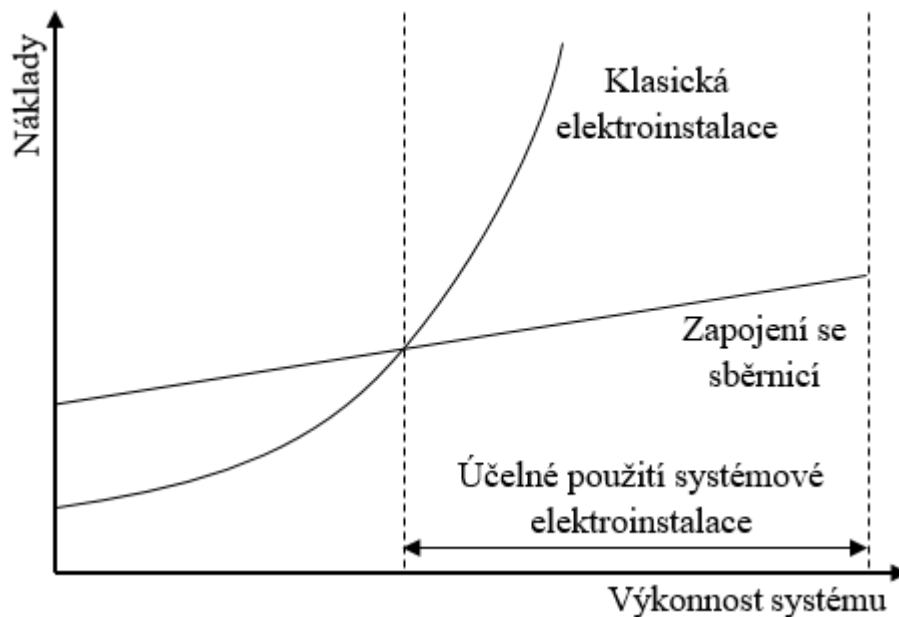
Z hlediska komfortu nám instalace poskytuje například stmívací funkce a programování světelných scén. Vytvořit příjemné prostředí může pomoci regulace teploty v budově, která je hlídána čidly a udržována dle předem nastavených hodnot. Domácnost lze řídit přehledným dotykovým displejem, který je zabudován ve zdi, nebo pomocí zařízení, která jsou připojena k internetu. Do instalace můžou být zahrnuti také bezpečnostní čidla, která sledují přítomnost osob v objektu, únik plynů nebo začínající požár. Díky připojení kamer do instalace můžeme aktivitu v objektu sledovat přes mobilní telefon.



Obrázek 4-2 Systémová elektroinstalace [25]

4.1.3 Shrnutí

Na obrázku 4-3 můžeme vidět graf, který naznačuje závislost nákladů na výkonnosti elektroinstalace. Pro jednoduché instalace, kdy máme v místnosti dva světelné okruhy, je vhodná klasická elektroinstalace díky jednoduchosti a finanční nenáročnosti. Pokud máme v domě systémy se složitým ovládáním, právě řízení pomocí systémové instalace nám usnadní správu nad všemi systémy v domě a cenově vyjde výhodněji než složitá klasická elektroinstalace. Systémová elektroinstalace představuje vyšší komfort při obsluze zařízení a lepší možnosti regulace toků elektrické energie oproti klasické elektroinstalaci.



Obrázek 4-3 Závislost nákladů na výkonnosti elektroinstalace [26]

Tabulka 4-1 Porovnání klasické a systémové elektroinstalace

	Klasická elektroinstalace	Systémová elektroinstalace
+	<p>Vhodná pro jednoduché instalace</p> <p>Finančně nenáročná pro jednoduché instalace</p> <p>Velký počet realizačních firem na trhu</p>	<p>Komfort</p> <p>Automatizace</p> <p>Bezpečnost</p> <p>Úspora energií</p> <p>Rozšiřitelnost</p> <p>Dálkové řízení</p> <p>Zvýšení hodnoty nemovitosti</p>
-	<p>Nevhodná pro složité instalace</p> <p>Finančně náročná pro složité instalace</p> <p>Nepřehlednost při velkém počtu kabelů</p> <p>Problém při změně funkce vypínače</p> <p>Problém se vzájemným propojením</p>	<p>Finančně náročná</p> <p>Malý počet realizačních firem</p> <p>Velikost rozvaděče</p> <p>Možnost dálkového zneužití ovládacích systémů</p> <p>Potřeba „chytrých“ ovládacích zařízení</p>

4.2 Dělení systémových elektroinstalací

4.2.1 Rozdělení dle centralizace

Centralizovaný systém

V tomto systému jsou činnosti řízeny na základě povelů řídicí jednotky, která je nadřazena ostatním prvkům elektroinstalace. Veškerá zařízení jsou na tuto řídicí jednotku připojena samostatně ve hvězdicovém zapojení. Nevýhodou u tohoto zapojení je nefunkčnost celého systému v případě poruchy řídicího systému. Uplatňuje se spíše v menších objektech.

Decentralizovaný systém

Zde jsou všechny zařízení připojena na sběrnici, po které spolu komunikují. Nadřazené hlavní centrální řízení zde není. Navzájem komunikujících řídicích jednotek je zde několik a jsou rozmístěny po celé budově. Použití je výhodné pro velké objekty a haly, kde je vyžadována vyšší spolehlivost provozu.

Hybridní systém

Jedná se o kombinaci centralizovaného a decentralizovaného systému. Vstupy (senzory) jsou zapojeny na sběrnici a výstupy jsou hvězdicově připojeny na řídicí jednotku.

4.2.2 Rozdělení dle komplexnosti

Komplexní systém je určen pro řízení více úloh a technologií. Pro ovládání pouze jedné oblasti zařízení (osvětlení, topení, vzduchotechnika) jsou zde systémy specializované.

4.2.3 Rozdělení dle topologie

Lineární

Všechny prvky jsou připojeny na průběžnou sběrnici, která probíhá od jednoho účastníka k druhému.

Sériová

Prvky jsou zapojovány za sebou a odbočky nejsou dovoleny. Porucha jednoho zařízení znamená výpadek celého systému.

Kruhová

Jedná se o lineární topologii s tím rozdílem, že konce sběrnice jsou spojeny.

Hvězdicová

Každý účastník je připojen zvlášť k řídicí jednotce. Hvězdicová topologie je spolehlivá, ale je zde větší spotřeba kabelů.

Stromová

Jedná se o kombinaci spojení do hvězdy a lineární topologie. Ovládací prvky jsou umístěny ve větvích, které jsou napojeny na hlavní sběrnici. Stromová topologie umožňuje plynulý provoz celé sítě v případě výpadku některé z větví.

4.2.4 Rozdělení dle otevřenosti

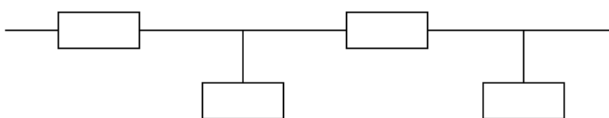
Otevřený

Tento systém je podložen veřejně dostupným standardem, a tak lze do systému připojit jakékoliv zařízení podporující tento protokol.

Uzavřený

Systém jednoho výrobce. Specifikace komunikace a fungování nejsou veřejně přístupné a kompatibilní s ostatními prvky jiných výrobců. Tyto systémy jsou vhodné pro menší budovy.

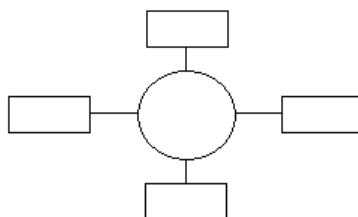
Lineární topologie



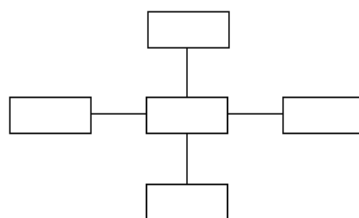
Sériová topologie



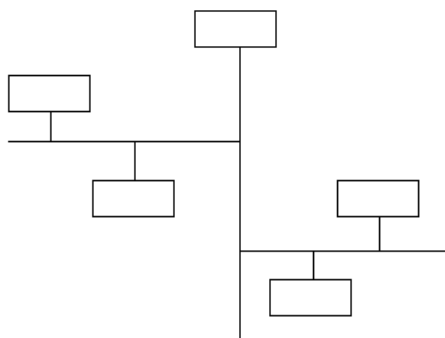
Kruhová topologie



Hvězdicová topologie



Stromová topologie



Obrázek 4-4 Přehled topologií

4.3 Systémy na dnešním trhu

Jak již bylo řečeno systémová elektroinstalace je v dnešní době velice žádaná. Lidem se líbí možnost úspory, jsou pohodlní a více si váží svého volného času. Na trhu jsou firmy jak národní, tak celosvětové a je jen na uživateli jakou si zvolí cestu. Firmy používají různé komunikační a programovací cesty pro propojení systému. Někdy se může jevit levnější národní firma jako levnější řešení nicméně po pár letech může firma zaniknout a požadovaný servis již nemá kdo poskytnout. Proto je nutné si pečlivě vybrat ověřené firmy s dlouholetou praxí, velkými zkušenostmi s rozsáhlou podporou.

4.3.1 Systém EIB/KNX

Systém KNX je jediným celosvětovým standardizovaným systémem pro automatizaci budov. Jedná se o plně decentralizovaný systém, který navzájem komunikuje skrze otevřený protokol. Všechny prvky elektrické instalace jsou propojeny pomocí sběrnice technologie. Díky tomuto jsou schopny spolu přímo komunikovat a ve vzájemných vazbách kontrolovat chod všech technologií v budově. Přenos dat probíhá formou digitalizovaných telegramů. [27]

4.3.2 Systém INELS

Tento systém je produktem české firmy ELKO EP, která se postupem času dostala na celosvětový trh. Mezi jeho největší přednosti v porovnání s jinými patří jeho nízká cena. Jedná se o sběrnice centralizovaný systém určený především pro použití v domácnostech a kancelářích. Tento inteligentní sběrnice systém pracuje s komunikačním protokolem EPSNET, který se vyskytuje pouze u tohoto systému, takže jeho spolupráce s jinými systémy je omezená. [28]

4.3.3 Systém TECOMAT FOXTROT

Programovatelné automaty TECOMAT FOXTROT představují malé kompaktní automaty s možností modulárního rozšíření. Jedná se o PLC – průmyslový logický automat, ke kterému můžeme připojovat další krabičkové moduly. Jsou určeny pro řízení technologií v nejrůznějších oblastech průmyslu i v jiných odvětvích. Komunikace je realizována sériovými přenosy. Podporují přenosy pomocí sítí Ethernet nebo průmyslové sítě EPSNET. [29]

4.3.4 Systém ABB-free home

Systém je produktem společnosti ABB a zaměřuje se především na menší podniky a domácnosti. Lze zapojit jak centralizovaně, tak také decentralizovaně. Při decentralizované instalaci jsou jednotlivé prvky již předdefinovány a je ihned možné ovládat domovní elektroinstalaci. Další konfiguraci je možné upravit přes aplikace v PC nebo mobilním telefonu, stejně jako nastavení při centralizované struktuře. [30]

4.3.5 Systém xComfort

Jedná se o bezdrátovou spolehlivou elektroinstalaci od firmy Eaton. Je vhodný pro nové budovy, ale stejně tak i pro instalaci dodatečné elektroinstalace. XComfort komunikuje bezdrátově na frekvenci 868,3 MHz. Díky absenci kabelů je zde možnost umístění ovladačů a senzorů na jakémkoliv místě i s případnou změnou. Komponenty jsou napájeny vlastní baterií, která má vysokou životnost díky přenosu signálu v řádech milisekund. U vypínačů to je až 10 let, u teplotních čidel 5 – 7 let životnosti. [31]

4.3.6 Systém Loxone

Loxone představuje spojení unikátního softwaru a moderní architektury. Systém je otevřený a je připraven na nové technologie a možnosti. O řízení se stará Loxone Miniserver, který je vyvíjen přímo pro potřeby domácnosti. Jeho konfigurace je snadná skrz software Loxone Config. Zařízení jsou propojena po sběrnici, která má stromovou topologii. K dispozici jsou dva řídicí servery, a to drátový nebo bezdrátový. [32]

4.3.7 Systém NIKOBUS

Částečně decentralizovaný uzavřený systém, který je určený pro byty a domy. Na jednu řídicí jednotku může být zapojeno až 256 senzorů. Přes komunikující sběrnici se posílají pouze povely zapnout/vypnout. Základní nastavení se provádí manuálně, složitější programování provádíme přes počítač. Nikobus je cenově výhodný systém u kterého jsou všechny výstupy napojeny přímo na řídicí a spínací jednotky. [33]

4.4 Přehled systémových elektroinstalací

Tabulka 4-2 Přehled systémových elektroinstalací

	Centralizovaný	Decentralizovaný	Částečně decentralizovaný	Otevřený	Uzavřený
KNX		x		x	
INELS	x				x
TECOMAT FOXTROT			x	x	
ABB FREE - HOME	x	x			x
xCOMFORT		x			x
LOXONE			x	x	
NIKOBUS			x		x

4.5 Řídící systém Tecomat Foxtrot

V následující kapitole bude přiblížen a popsán řídicí systém Tecomat Foxtrot od firmy TECO a.s. Systémy společnosti Teco jsou díky mimořádné spolehlivosti, výjimečným vlastnostem a výhodné ceně velice oblíbené na celém světě.

4.5.1 O systému

„Tecomat Foxtrot je kompaktní modulární řídicí a regulační systém s výkonným procesorem, vyspělými komunikacemi, originálním dvou vodičovým a bezdrátovým propojením s prvky inteligentních elektroinstalací.“ podle [34]

Vytváří ideální základ pro budování univerzálního jádra moderní digitální domácnosti, která významně šetří energetické zdroje řízením energií v objektu. Díky výkonné procesorové jednotce s bohatými komunikačními schopnostmi, propracovanému systému vstupních a výstupních periférií nebo propojením s inteligentní elektroinstalací je považován za jeden z nejvhodnějších řídicích systémů dnešní doby. Jeho otevřenost umožňuje vytvořit řešení na míru, přizpůsobit logiku, upravit grafický vzhled a uzpůsobit možnosti ovládání. Systém se nezaměřuje pouze na jednu oblast použití, tudíž je komplexní a je schopen pracovat s jakýmkoliv kombinacemi zdrojů a spotřebičů tepla, chlazení a obnovitelnými zdroji ať už se jedná o fotovoltaiku či vodní elektrárnu. Umožňuje integraci oddělených částí technického zařízení budov do jednotné struktury s možností dálkového přístupu. V případě rozšíření staršího řídicího systému není nutné starý nahradit zcela novým. Díky kompatibilitě a stavebnicovému systému je schopen se přizpůsobit nebo rozšířit přesně dle potřeby. Je tedy připraven pro neomezené použití v řízení libovolných technologií. Díky svým možnostem se systém Foxtrot uplatňuje především v rodinných i bytových domech, rekreačních objektech, kancelářích, ale také v komerčních budovách či v průmyslových halách. [35]

4.5.2 Struktura systému Tecomat Foxtrot

Řídící systém se skládá ze základního modulu a periferních prvků. Periferní moduly jsou několika druhů:

- Rozšiřující vstupní/výstupní moduly
- Polohovací moduly
- Komunikační submoduly
- Komunikační moduly na sériovou sběrnici TCL2
- Řady CFox – moduly pro sběrnice instalaci
- Řada RFox – moduly pro bezdrátovou instalaci

4.5.2.1 Základní modul

Základní modul systému tvoří programovatelný automat Tecomat Foxtrot, který představuje malý kompaktní automat s možností modulárního rozšíření. Programovatelné automaty slouží pro řízení pracovních strojů a procesů. Prostřednictvím číslicových a analogových vstupů a výstupů získává a předává informace do řízeného zařízení. Algoritmus řízení je uložen v paměti jako posloupnost příkazů a je cyklicky vykonáván. Tecomat Foxtrot obsahuje centrální jednotku, komunikační kanály, různé vstupy a výstupy podle typu, indikační a ovládací prvky a případně vestavěný displej. Jednotlivé modely základních modulů se liší počtem nebo typem vstupů/výstupů a indikačními a ovládacími prvky. [36]

4.5.2.2 Rozšiřující vstupní/výstupní moduly

Tyto moduly umožňují navýšení počtu vstupů a výstupů základního modulu. Jedná se o rozšiřující moduly komunikační, dále moduly binárních vstupů a výstupů a analogové moduly. Připojení na základní jednotku je pomocí sběrnice TCL2. Díky tomu mohou být jednotlivé části systému Tecomat Foxtrot rozmístěny decentralizovaně tak, že jednotlivé moduly jsou umístěny přímo u ovládaných technologií a šetří tak silovou kabeláž. [36]

4.5.2.3 Polohovací moduly

Polohovací moduly slouží pro řízení polohy strojních zařízení pomocí servopohonů. Dle typu umožňují řízení 1 až 4 os. Jednotlivé osy mohou pracovat jako zcela nezávislé nebo s různými typy vzájemných závislostí pohybů os. [36]

4.5.2.4 Komunikační submoduly

Komunikační submoduly jsou určeny k osazení do volného slotu, který je uvnitř základního modulu. Používají se v případech, kdy je třeba přizpůsobit Foxtrot požadavku na komunikaci s jiným zařízením, vybaveným specifickým rozhraním nebo protokolem. [36]

4.5.2.5 Komunikační moduly na sběrnici TCL2

Komunikační moduly umožňují rozšíření centrální jednotky o další sériové kanály, skrze které probíhá komunikace mezi jednotlivými zařízeními. Nejedná se pouze o rozšíření pro drátovou komunikaci, ale jsou zde také moduly, které dokáží komunikovat bezdrátově například pomocí radiofrekvenčních signálů. Moduly jsou realizovány jako rozšiřující komunikační moduly na sběrnici TCL2. [36]

4.5.2.6 Moduly pro sběrnicovou instalaci

Do této kategorie spadá největší počet periferních prvků. Sběrnice CIB umožňuje připojit k systému Foxtrot sběrnicové moduly vyráběné pod označením CFox. K dispozici jsou stále se rozšiřující řady modulů uzpůsobených pro instalaci do interiéru, instalačních krabic, rozvaděčů nebo přímo do spotřebičů či svítidel. Představitelé modulů CFox jsou například interiérové moduly – nástěnné ovladače, termostaty, čidla, a dále moduly vestavné do instalační krabice nebo na DIN lištu – moduly spínání, stmívání, relé. [36]

4.5.2.7 Moduly pro bezdrátovou instalaci

Pro bezdrátovou instalaci a následnou komunikaci slouží rádiová sběrnice RFox. Moduly pro tuto instalaci jsou vyráběné také pod označením RFox. Bezdrátové moduly dělají Foxtrot univerzálním díky libovolnému poměru drátové komunikace a bezdrátové instalace. Rozšíření systému Foxtrot o bezdrátovou síť se provede připojením komunikačního modulu na sběrnici TCL2 a následným rozmístěním vstupních/výstupních modulů RFox po prostoru. Využití těchto modulů najdeme například u dálkových přepínačů, čidel kvality vzduchu a teploty nebo také u hlavíc pohonu ventilu pro topení. [36]

4.5.3 Komunikace

Důležitou vlastností Foxtrotu jsou komunikační schopnosti. Systém je otevřen a je plně kompatibilní pro propojení s jakýmkoliv systémem zavedeným v inteligentní budově. Snímané vstupy a ovládané výstupy připojujeme na periferní moduly, které jsou propojeny se základním modulem jednou ze tří využívaných sběrnic:

Sběrnice TCL2

Rychlá sběrnice TCL2 umožňuje navýšit počet vstupů a výstupů základního modulu. Jedná se o systémovou sběrnici, která má k dispozici omezený sortiment periferních modulů. [37]

Sběrnice CIB

Tato sběrnice je vyvinutá přímo firmou Teco a. s. Představuje kvalitní řešení dvoudrátové sběrnice s libovolnou topologií a řadou kvalitních programovaných funkcí. Poskytuje rychlou odezvu mezi senzorem a aktorem do 150 ms. Je určena pro velmi odolné a flexibilní připojení periferních modulů k základnímu modulu Foxtrot. Největší počet periferních prvků se připojuje právě přes tuto sběrnici. [37]

Sběrnice RFox

Jedná se o bezdrátovou sběrnici, která vysílá v rádiovém pásmu 868 MHz. Vysílací výkon je velmi malý a rádiová komunikace je minimalizována, takže sběrnice není zdrojem rušení. Z hlediska provozu bezdrátových sítí se dělí na moduly s trvalým nebo přerušovaným provozem. U trvalého provozu je napájení zajištěno stále naopak, u přerušovaného je napájení zajištěno baterií a v rámci úspor v době neaktivity přechází zařízení do režimu spánku. [37]

4.5.4 Ovládání

Skrze integrovaný ethernet port jsou data dostupná řadou standardizovaných protokolů. Ovládání probíhá klasickými nástěnnými vypínači na stěně nebo ovládacími zařízeními připojovanými přes IP port, která představují počítač, televize, AV multimediální systém, nástěnný dotykový panel nebo jakýkoliv prohlížeč skrz webové rozhraní a internetu. Programování a diagnostiku lze provést i na dálku po internetu, takže ve většině případů není nutný příjezd servisního pracovníka na místo realizace a oprava může být realizována v krátkém servisním čase. [37]

4.5.5 Programování

Společnost Teco si pro programování a nastavování systémů Tecomat vyvinula vlastní software, který umožňuje programování běžných i náročných aplikací systémů. Vzhledem k otevřenosti systému jsou zde možnosti programování nastavitelné dle potřeb. Programovací prostředí Mosaic je komplexní špičkový produkt, který využívá řadu moderních technologií. Umožňuje pohodlnou tvorbu a odladění programů, rozsáhlé projekty zahrnující velké množství řídicích systémů či vzdálených vstupních/výstupních modulů. V programovacím prostředí si může uživatel vybrat z předpřipravených funkcí pro všechny používané technologie, ale současně je zde možnost si libovolné funkce doprogramovat a přidat do knihoven pro další práci. Programování v Mosaic je jednoduché a nejsou potřebné znalosti programování. [37]

4.5.6 Možnosti řízení

Foxtrot řídí dům, reguluje teplo, světlo, elektrické spotřebiče nebo zařízení v závislosti na nastaveném programu, scénáři nebo dle čidel reagujících na světlo, teplotu, přítomnost, vítr nebo déšť. Dalo by se říct, že pomocí systému Foxtrot jdou ovládat všechny elektronické a logické systémy v domě. Rozsah možností ovládání je pouze na uživateli a jeho finančních možnostech.

- Světla – spínání, stmívání, světelné scény, spínané okruhy, simulace přítomnosti
- Topení, klimatizace, ventilace, ohřev vody – regulace teploty a vzduchu v závislosti na čase, venkovních podmínkách, kvality vzduchu, ohřev vody, akumulace energie v době nízkého tarifu
- Žaluzie, rolety, markýzy – ovládání podle kritérií (čas, venkovní osvětlení, počasí...), vytvoření příjemného světelného dojmu
- Garážová vrata, brány – ovládání a hlídání
- Hospodaření s dešťovou vodou a zavlažování zahrady
- Bazén, vírivka – ohřev vody, ovládání krytu, osvětlení, měření kvality vody
- Bezpečnostní systém, řízení přístupu – snímače pohybu, okenní a dveřní kontakty, detektor rozbití skla, snímač kouře, automatické zhasnutí v nepřítomnosti, přístup skrz karty, otisky
- Kamerový systém – ukládání video souboru, streamování přes web
- Elektrické spotřebiče – ovládání zásuvek na které jsou spotřebiče připojeny, sepnutí spotřebičů na základě podmínek, odložení startu
- Vzdálený přístup – uživatelské ovládání skrz internet, servis a diagnostika systému na dálku
- Smart metering – měření teplot, spotřeby energie, vody, kvality vzduchu, osvětlení, meteostanice
- Fotovoltaické a jiné zdroje elektrické energie, tepelná čerpadla
- Propojení s multimediálními a jinými systémy – audio, video, domácí uložiče
- Automatizace funkcí

4.5.7 Shrnutí

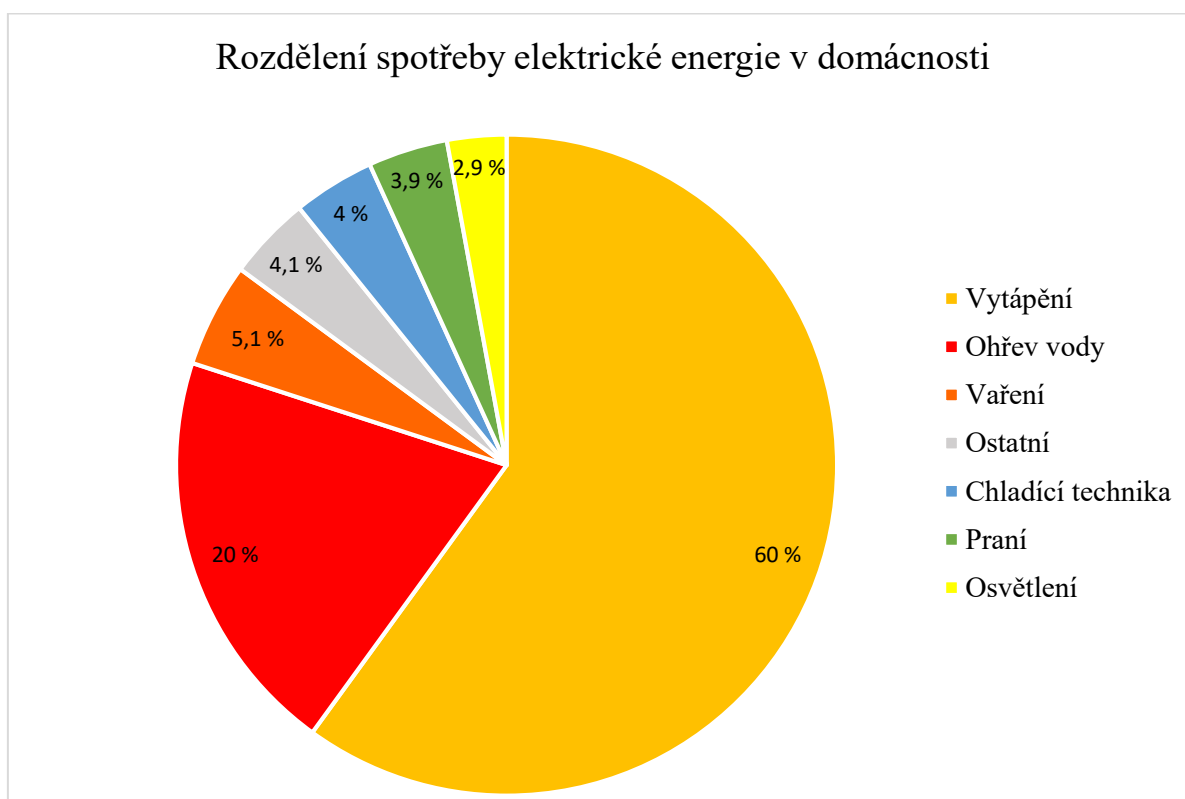
Řešení systému domácí automatizace s řídicím systémem Tecomat Foxtrot je cestou, jak splnit všechny požadavky uživatele bez kompromisu. Foxtrot automatizuje dům, je modulární, myslí na budoucnost, plně se přizpůsobí požadavkům je flexibilní a je také cenově dostupný. Zavedení automatizace přináší komfort, bezpečí, zábavu a úspory energií.

5 OPTIMALIZACE SYSTÉMU

V dnešní době je velice diskutovaným tématem rostoucí nedostatek zdrojů a změna klimatu. Proto jsou přijímány pravidla a směrnice, která mají za úkol snížit množství spotřebované energie. Provoz budovy, který představuje topení, chlazení a osvětlení představuje velký podíl na množství celkově spotřebované elektrické energie.

5.1 Spotřeba v domácnosti

Celková spotřeba elektrické energie v objektu se liší podle velikosti, počtu osob, technologie vytápění, času z hlediska dne a mnoho dalších aspektů. Spotřeba elektrické energie v domácnostech z dlouhodobého hlediska je kolísavá. Na jednu stranu se zvyšuje životní úroveň obyvatelstva, se kterou souvisí lepší vybavenost domácností moderními spotřebiči. Na stranu druhou kupovaná energie (elektrická, tepelná) stále zdražuje, a proto se lidé snaží s energií šetřit. Nejvíce energie v obytných budovách se spotřebovává pro vytápění a ohřev užitkové vody. Tepelné ztráty budovám klesají díky rekonstrukcím a zateplení. Elektrických spotřebičů ale v domácnostech stále přibývá a jejich účinnost roste jen pomalu. Průměrná roční spotřeba české domácnosti je 2500 kWh. [38]



Obrázek 5-1 Rozdělení spotřeby elektrické energie v domácnosti [38]

5.2 Toky energií v domácnosti

Na obrázku 5-2 je graficky ukázáno, jak mohou vypadat toky energií v domácnosti, která získává převážnou část energie z obnovitelných zdrojů a pro akumulaci energie využívá elektrochemické baterie a ohřev teplé vody.

5.2.1 Obnovitelné zdroje energie

Elektrická energie je získávána z obnovitelných zdrojů energie. Na střeše domu jsou nainstalované fotovoltaické panely, na řece vedle domu je vodní elektrárna a na zahradě máme stožár s větrnou turbínou. Takovéto řešení zdrojů energie by bylo ideální, nicméně je téměř nemožné skloubení všech těchto obnovitelných zdrojů. Proto musíme mít domácnost pojištěnou dalšími zdroji elektrické energie. Je samozřejmé, že ať se jedná o jakýkoliv obnovitelný zdroj elektrické energie, s jeho instalovaným výkonem nemůžeme počítat stále, protože je závislý na přírodních podmínkách. Řídící systém na základě dat z venkovní meteostanice a předpovědi počasí z internetu nám v tomto případě dokáže predikovat počasí. Toto může být velice přínosné pro plánování spotřeby a akumulace elektřiny. Již existuje systém, který na základě pohybu slunce dokáže nejefektivněji natáčet pohyblivé fotovoltaické panely, tím se jejich účinnost výrazně zvyšuje.

5.2.2 Distribuční síť

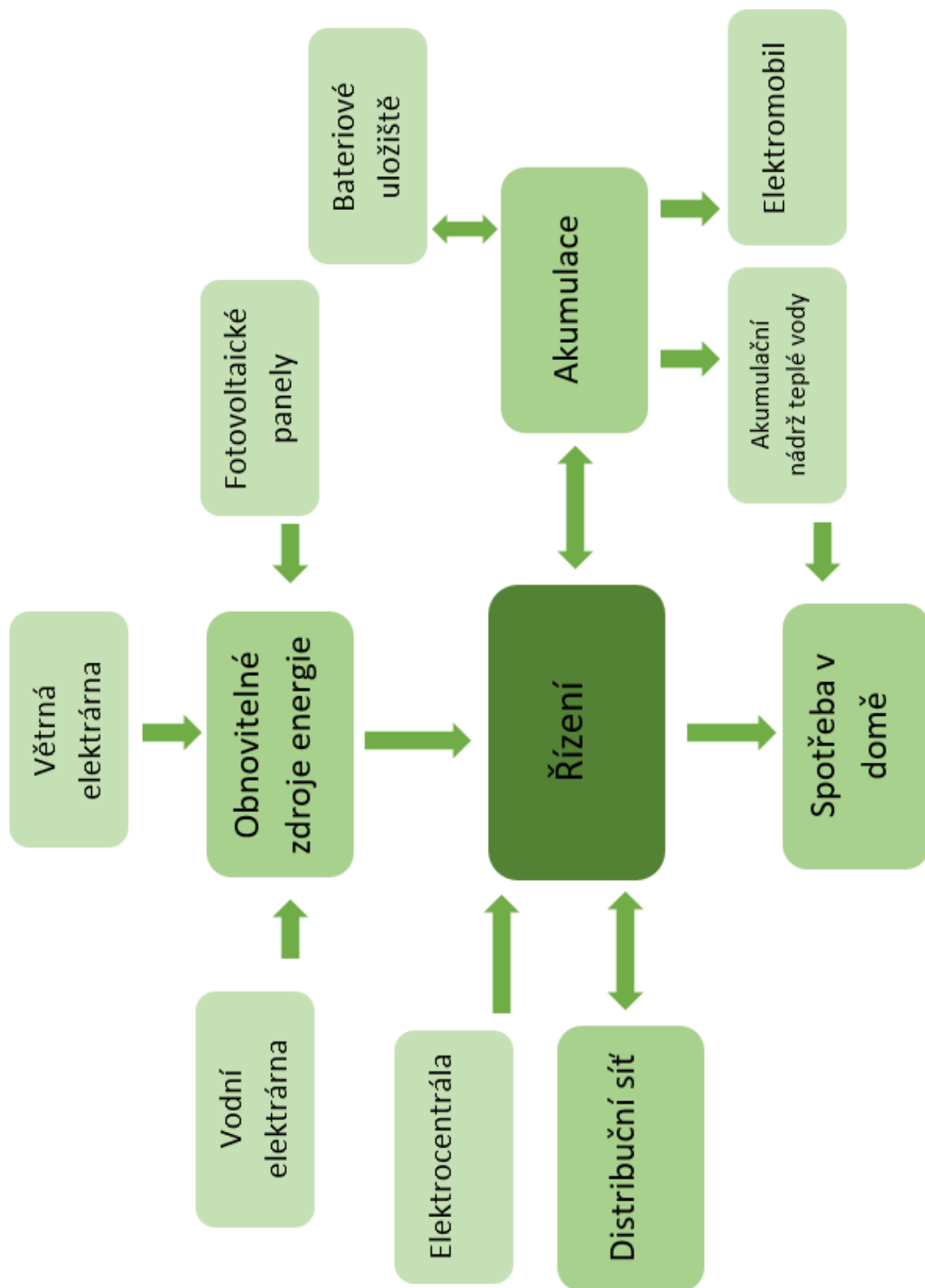
Každý člověk, který investuje peníze do obnovitelných zdrojů elektrické energie chce, aby energie odebíraná z distribuční sítě byla co nejmenší nebo žádná. Připojení na distribuční síť není jen o odběru elektřiny. V letních měsících, kdy je dostatek slunce a fotovoltaické panely vyrábí dostatek elektřiny, akumulátory jsou plně nabitě a elektromobil, který stojí v garáži, také hlásí plnou kapacitu baterie, můžeme elektrickou energii prodávat právě do distribuční sítě.

5.2.3 Akumulace elektřiny

Přebytky elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů můžeme buď skladovat v akumulátorech nebo prodávat do sítě. Výkupní cena v dnešní době není až tak vysoká, proto je dobré mít vlastní akumulační systém. V domech se nejvíce využívají elektrochemické akumulátory. Řídící systém sám hlídá a organizuje, kam elektřina z obnovitelných zdrojů půjde. Velikost kapacity baterií záleží na velikosti dodávané energie a spotřebě. Jednou z optimalizačních možností akumulace je využití přebytečné energie pro nabíjení baterie elektromobilu. Systém nám tedy vybere, zda je lepší automobil nabíjet z distribuční sítě nebo z přebytků elektřiny, na základě zadaného času připravenosti elektromobilu. Elektřinu můžeme také spotřebovávat v bojleru, ve kterém se změní na teplou vodu a my ji tak můžeme využít pro vytápění nebo jako užitkovou vodu.

5.2.4 Spotřeba v domě

Elektřina vyrobená z vlastních zdrojů, akumulovaná nebo koupená z distribuční sítě je využita pro potřeby domácnosti. Domácnost spotřebovává energii především pro uspokojení potřeb jejího uživatele. Spotřeba energie je řízena pomocí systémové instalace. Spotřebiče jsou rozděleny do skupin na říditelné a neříditelné podle možnosti okamžitého spuštění. Je nereálné, aby mrazák či lednička byla v chodu jen když je kapacita baterií nad 50 % své kapacity. Pro pračku nebo myčku toto řešení, ale už nereálné není. Je tak zcela běžné, že pračku naplníme večer a prádlo máme vyprané až další den. Systém sám vyhodnotil, že pro okamžitý provoz pračky by musel použít elektřinu z distribuční sítě což by bylo drahé, a proto pračku zapne až následující den, kdy podle předpovědi bude slunečné počasí, které zajistí dostatek čisté energie ze solárních panelů.



Obrázek 5-2 Toky energií v domácnosti

5.3 Optimalizace

Při optimalizaci systému se hledá nejlepší vhodné řešení nebo kombinace řešení, po jehož uskutečnění dosáhne systém výhod, které neměl. S optimalizací spotřeby nám může pomoci právě řídicí systém, který má přehled o veškeré spotřebě v domě a je tak schopen reagovat a řídit vzniklé situace, aby byla spotřeba energie co nejmenší. O tom, zda má být využita systémová elektroinstalace, lze rozhodnout v závislosti na tom, do které ze tříd podle energetické náročnosti má být objekt zařazen. Energetická náročnost budov se dělí celkem do čtyř tříd. Pro zařazení do určité energetické třídy musí objekt splňovat pravidla, která jsou dále rozdělena do čtyř podkategorií – řízení topení/chlazení, řízení ventilace/klimatizace, osvětlení a ochrana proti slunečnímu záření. V bytových jednotkách je nutné nejdříve co nejpodrobněji popsat činnost všech funkcí použitých v budově a teprve poté se rozhodnout jaký zvolit řídicí systém.

Pro optimalizaci spotřeby energie v budovách je důležité:

- Energie je spotřebovávána pouze v době, kdy je to skutečně nutné
- Je spotřebováno pouze aktuálně požadované množství energie
- Spotřebovaná energie je využita s největší účinností

5.4 Optimalizace z hlediska investičních nákladů

5.4.1 Úsporné spotřebiče

Výrobci zařízení mají povinnost uvádět hodnoty efektivnosti vyráběných elektrospotřebičů pomocí energetických tříd. Energetická třída spotřebiče určuje množství spotřebované elektrické energie a značí se písmeny A až G, která mohou být vylepšena až o tři plusy. V tabulce 5-1 můžeme vidět srovnání dvou kombinovaných chladniček. Vlastnostmi jsou si velice podobné, ale jedna je energetické třídy A+ a druhá A+++ . Porovnáním specifikací bylo zjištěno, že chladnička energetické třídy A+++ spotřebuje o 143 kWh elektrické energie méně. Pokud počítáme, že za 1 kWh zaplatíme 4,3 Kč, je roční úspora ve výši 615 Kč. Podle informací [39] je cena obou chladniček stejná, výhodnější je tedy koupit úspornější chladničku. Je nutné ale upozornit, že ceny úspornějších chladniček jsou někdy vyšší, a proto se úspory projeví až po několika letech provozu.

Tabulka 5-1 Srovnání chladniček dvou energetických tříd [39]

Typ výrobku		Kombinovaná chladnička třídy A+	Kombinovaná chladnička třídy A+++
		GORENJE RK 61 FSY2B	GORENJE RK 6193 LW
Energetická třída	[-]	A+	A+++
Příkon	[W]	120	120
Objem chladničky	[l]	227	227
Objem mrazničky	[l]	97	95
Rozměry	[cm]	185 × 60 × 64	185 × 60 × 64
Spotřeba za 24 h	[kWh]	0,81	0,42
Spotřeba za 1 rok	[kWh]	296	153
Úspora za rok	[kWh]	0	143
Úspora za rok	[Kč]	0	615

5.4.2 Doba návratnosti

Pokud uživatel investuje do techniky, měla by mu přinést výhody. Technika může přinést usnadnění a komfort v práci nebo také zkvalitnění a zlevnění služeb. Pokud investujeme, chceme vědět za jak dlouho se nám naše investice vrátí.

U investice do dražších úsporných spotřebičů nás zajímá, kdy se nám rozdíl ceny vrátí a zda se investice vůbec vyplatí. To samé platí i u fotovoltaických elektráren, které mohou některé uživatele odrazovat právě vyšší pořizovací cenou a dlouhou dobou návratnosti. Pro zjištění doby návratnosti fotovoltaické elektrárny byla v rámci práce navržena kalkulačka, která na základě vstupních parametrů dokáže určit dobu návratnosti. Obrázky z kalkulačky jsou součástí přílohy A. Samotný program se nachází na přiloženém CD.

5.4.2.1 Popis funkce kalkulátoru doby návratnosti

Vstupní hodnoty, které je třeba zadat jsou označeny žlutým podbarvením. Zeleně podbarvené buňky jsou dopočítávány. Na začátku je třeba zadat velikost plochy kde budou panely umístěny a výkon jednoho panelu. Dále je to hodnota spotřebované elektřiny za den, díky níž je vypočtena roční spotřeba elektřiny, a cena za kterou je 1 kWh účtována. Program počítá s 25 lety provozu elektrárny. Hodnota peněz vlivem inflace klesá. Je těžké předpovědět inflaci na 25 let dopředu, nicméně je nutné zadat aspoň přibližnou hodnotu meziroční inflace.

V další části jsou již dopočítávány hodnoty. Celkový počet panelů je vypočítán z celkové zadané plochy pro panely, která je podělena hodnotou $1,6 \text{ m}^2$, což představuje velikost jednoho panelu. Špičkový výkon je vypočten násobkem celkového počtu panelů a výkonem jednoho panelu. Pro cenu za fotovoltaiku je zde podle [7] počítáno že 1 kWp stojí 50 000 Kč. Konečnou cenu tvoří součet ceny za fotovoltaiku a další zadaná hodnota nákladů, jež je spojená s řízením toků energie nebo akumulací. Pokud nejsou k dispozici OZE je roční spotřeba elektřiny vynásobena zadanou nákupní cenou. Při využití fotovoltaiky je počítáno že 1 kWp instalovaného výkonu vyrobí v české republice 1000 kWh za rok. Díky využití technologie je předpoklad, že právě 70 % spotřebované energie je dodáváno z obnovitelných zdrojů a 30 % je kupováno z distribuční sítě. Roční úspora je vypočtena násobkem energie vyrobené přes fotovoltaický systém a nákupní ceny energie.

Ve výsledné tabulce je spočtena kalkulace po dobu 25 let. Ve sloupci celkových nákladů bez a s OZE jsou v každém řádku spočítané celkové náklady. U celkových nákladů s OZE tvoří první řádek cena za fotovoltaický systém plus poplatek za spotřebovanou elektřinu z distribuční sítě. V každém dalším řádku je připočtena cena předchozího se zahrnutím inflace. Ve sloupci ročních nákladů tvoří každý řádek cena, která se platí každý rok. Sloupec úspora a návratnost tvoří data pro výsledný graf doby návratnosti. Úspora je počítána rozdílem hodnot ročních nákladů bez OZE a s využitím OZE. Záporná hodnota úspory znamená investici, kladná naopak ušetřené peníze. Návratnost je počítána součtem částek návratnosti z předchozího roku a úspory ve stejném roce. První rok návratnosti je hodnota stejná jako u úspor. Výstupem kalkulátoru je graf, který vykresluje dobu návratnosti. Na ose x najdeme jednotlivé roky na ose y hodnotu peněz v Kč.

5.4.3 Nízký tarif

Při nízkém tarifu je spotřebovaná elektřina účtována za výrazně nižší částku než za běžných podmínek. Dříve to byly především noční hodiny, proto označení noční proud, dnes je ale nízký tarif rozprostřen do celého dne. Dodáván bývá v ty části dne, kdy je vyráběn přebytek elektrické energie a ta se nestíhá spotřebovávat. Každý distributor elektřiny si platnost a dobu nízkého tarifu určuje sám. Aktuální časy se liší podle lokality a na základě sjednaného tarifu. Aby bylo možné využívat levnější energii je potřeba mít sjednaný dvoutarifový produkt, ve kterém se střídá vysoký tarif s nízkým. Ke dvoutarifnímu elektroměru se do rozvaděče umísťuje samostatný sazbový spínač HDO – hromadné dálkové ovládání. Díky tomuto zařízení dochází k zapínání a vypínání určitých spotřebičů (přímotop, elektrický kotel, bojler, tepelné čerpadlo) a zároveň přepíná odběr elektřiny mezi vysokým a nízkým tarifem. Existují také elektroměry s dvoutarifní sazbou bez HDO přijímače. Doba nízkého tarifu je pak pevně daná časem a je v podstatě neměnná.

Při jednotarifové sazbě se platí stejná cena elektřiny po celý den. Ve dvoutarifní sazbě se cena elektřiny během dne mění podle toho, zda je odebírána v rámci vysokého nebo nízkého tarifu. Pro získání dvoutarifní sazby je nutné, aby objekt splňoval dané požadavky např. použití akumulčního spotřebiče pro ohřev teplé vody, vytápění přímotopy. Podle způsobu využití elektřiny se rozlišují druhy dvoutarifních sazeb a doba nízkého tarifu.

Tabulka 5-2 Přehled dvoutarifních sazeb pro domácnost

Dvoutarifní sazba	Platnost nízkého tarifu	Vhodné pro:
D25d	8 hodin	Domácnost s nižší spotřebou - akumulční ohřev vody (bojler)
D26d	8 hodin	Domácnost s vyšší spotřebou - akumulční ohřev vody či vytápění
D35d	16 hodin	Hybridní smíšené vytápění - akumulční vytápění + přímotop
D45d	20 hodin	Vytápění přímotopy
D55d	22 hodin	Vytápění s tepelným čerpadlem uvedeným do provozu do 31. 3. 2005
D56d	22 hodiny	Vytápění s tepelným čerpadlem uvedeným do provozu od 1. 4. 2005
D61d	Pá 12:00 – Ne 22:00	Ideální pro chaty a chalupy

5.4.3.1 Příklad výpočtu úspory při nízkém tarifu

Na následujícím příkladu bude vypočítána a následně porovnána cena za spotřebovanou elektrickou energii při použití jednoduchého a dvojitého tarifu. Propočtení je provedeno pouze na spotřebovanou energii bojlerem, z důvodu považování bojleru, v tomto případě, jako jedno z nejvíce využívaných zařízení při nízkém tarifu.

Máme čtyřčlennou domácnost, ve které byla v minulosti ohřívána teplá voda kotlem na tuhá paliva. Domácnost vyměnila kotel za elektrický bojler. Teplá voda je tak nyní ohřívána elektrickým bojlerem. Na základě [40] bylo zjištěno, že průměrná čtyřčlenná domácnost ročně spotřebuje 90 m³ teplé vody, pro její ohřev spotřebuje bojler 4,590 MWh elektrické energie.

Jednoduchý tarif D02d

Sazba	4,331	[Kč/kWh]
Jistič nad 3x20 A do 3x25 A	180,17	[Kč/měsíc]

$$\text{spotřeba [kWh]} \times \text{sazba [Kč/kWh]} = 4590 \times 4,331 = 19\,879 \text{ [Kč]} \quad (5.1)$$

$$\text{cena za příkon [Kč]} \times \text{měsíce [-]} = 180,17 \times 12 = 2\,162 \text{ [Kč]} \quad (5.2)$$

$$\text{celkem za rok: } 19\,879 \text{ [Kč]} + 2\,162 \text{ [Kč]} = 22\,041 \text{ [Kč]} \quad (5.3)$$

Dvoutarifní sazba D25d

Sazba nízký tarif	1,995	[Kč/kWh]
Sazba vysoký tarif	4,694	[Kč/kWh]
Jistič nad 3x20 A do 3x25 A	212,84	[Kč/měsíc]

Pouze nízký tarif

$$\text{spotřeba [kWh]} \times \text{sazba [Kč/kWh]} = 4590 \times 1,995 = 9\,157 \text{ [Kč]} \quad (5.4)$$

$$\text{cena za příkon [Kč]} \times \text{měsíce [-]} = 212,84 \times 12 = 2\,554 \text{ [Kč]} \quad (5.5)$$

$$\text{celkem za rok: } 9\,157 \text{ [Kč]} + 2\,554 \text{ [Kč]} = 11\,711 \text{ [Kč]} \quad (5.6)$$

Kombinace 70 % NT a 30 % VT

Je v celku nereálné idealizované řešení, že bojler bude v provozu pouze v době nízkého tarifu. Proto je nyní počítáno s tím, že 70 % spotřebované energie bojlerem je při nízkém tarifu a zbývajících 30 % je účtováno dle vysokého tarifu.

$$\text{spotřeba [kWh]} \times \text{sazba NT [Kč/kWh]} \times 70 [\%] = 4590 \times 1,995 \times 0,7 = 6\,281 \text{ [Kč]} \quad (5.7)$$

$$\text{spotřeba [kWh]} \times \text{sazba VT [Kč/kWh]} \times 30 [\%] = 4590 \times 4,694 \times 0,3 = 6\,464 \text{ [Kč]} \quad (5.8)$$

$$\text{cena za příkon [Kč]} \times \text{měsíce [-]} = 212,84 \times 12 = 2\,554 \text{ [Kč]} \quad (5.9)$$

$$\text{celkem za rok: } 6\,281 \text{ [Kč]} + 6\,464 \text{ [Kč]} + 2\,554 \text{ [Kč]} = 15\,299 \text{ [Kč]} \quad (5.10)$$

Úspora

$$\text{jednotarifní [Kč]} - \text{dvoutarifní [Kč]} = 22\,041 - 15\,299 = 6\,742 \text{ [Kč]} \quad (5.11)$$

$$100 [\%] \times \frac{6\,742 \text{ [Kč]}}{22\,041 \text{ [Kč]}} = 30,6 [\%] \quad (5.12)$$

Ceny za sazby jsou dle ceníku EON platné od 1.1.2017. K celkové ceně za spotřebovanou elektřinu jsou reálně přičítány další poplatky za služby poskytované distributorem. Tyto poplatky jsou ale u obou tarifů stejné, proto na konečný rozdíl cen vliv nemají. [41]

Z příkladu tedy můžeme vidět, že při užívání dvojtarifů můžeme ušetřit 31 % z celkové částky, kterou bychom zaplatili při jednotarifním účtování. Pokud tedy přejde domácnost na ohřev teplé vody pomocí elektrického bojleru, je výhodné přejít také na dvojtarifní účtování. Abychom dosáhli co největších úspor měli bychom na dobu nízkého tarifu přesunout i spouštění domácích spotřebičů. I obyčejná funkce odloženého startu u spotřebičů nám může přinést úsporu.

5.4.4 Optimalizace osvětlovací soustavy

Část elektrické energie v domácnosti spotřebovávají světelné zdroje. Z investičního hlediska lze úspory dosáhnout výměnou světelných zdrojů na úspornější použitím halogenových žárovek, kompaktních zářivek nebo LED zdrojů. Na trhu jsou k dostání ještě klasické žárovky. Svými vlastnostmi jsou velice přívětivé pro použití, nicméně jejich účinnost je velmi malá.

Pro příklad máme byt 2+1, který svítí převážně zastaralými světelnými zdroji. V tabulce 5-3 můžeme vidět všechny světelné zdroje, které jsou v bytě instalovány. Celkový příkon všech světelných zdrojů je 540 W. Uvažujeme-li, že denně budeme svítit hodinu, spotřebujeme 0,540 kWh a ročně tedy 197 kWh.

Tabulka 5-3 Stávající světelné zdroje

Pokoj	Světelný zdroj	Počet	Příkon	Celkový příkon
		[Ks]	[W]	[W]
Kuchyň	Žárovka	2	60	120
Obývací pokoj	Žárovka	2	40	80
	Kompaktní zářivka	1	40	40
Chodba	Kompaktní zářivka	2	60	120
Pokoj 1	Žárovka	2	40	80
WC	Halogenová žárovka	1	40	40
Koupelna	Žárovka	1	60	60
Celkový příkon všech světelných zdrojů [W]				540

Tabulka 5-4 Úsporné světelné zdroje

Pokoj	Světelný zdroj	Počet	Příkon	Celkový příkon
		[Ks]	[W]	[W]
Kuchyň	LED zdroj	2	10	20
Obývací pokoj	Halogenová žárovka	2	25	50
	Kompaktní zářivka	2	15	30
Chodba	Kompaktní zářivka	3	15	45
Pokoj 1	LED zdroj	2	8	16
WC	LED zdroj	1	8	8
Koupelna	LED zdroj	1	10	10
Celkový příkon všech světelných zdrojů [W]				179

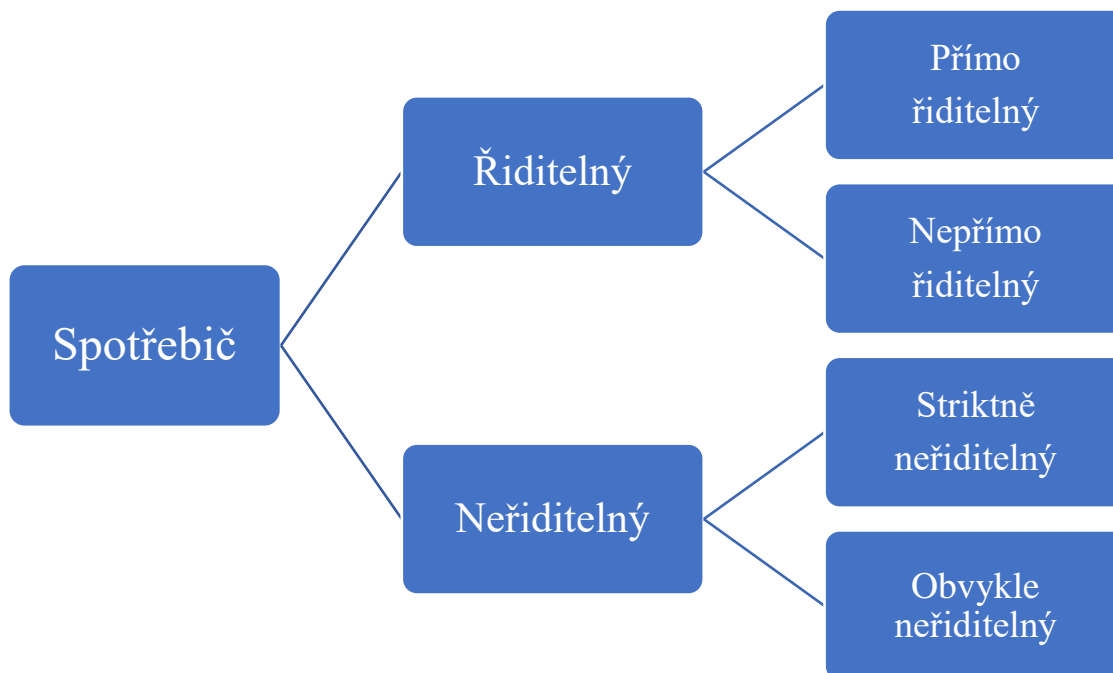
Výměna žárovek byla provedena při zachování hodnot světelného toku. Po výměně žárovek je celkový příkon všech světelných zdrojů v bytě 179 W, přičemž byly zachovány hodnoty osvětlenosti. Uvažujeme-li, že denně budeme svítit hodinu, spotřebujeme 0,179 kWh a ročně tedy 65 kWh.

Po optimalizaci světelných zdrojů jsme dosáhli rozdílem staré a nové roční spotřeby hodnoty 132 kWh ušetřené elektrické energie. Pokud budeme počítat, že za 1 kWh odebrané elektrické energie zaplatíme 4,3 Kč dosáhneme na roční úsporu 568 Kč. Je nutné ale upozornit, že pořizovací náklady moderních světelných zdrojů jsou dražší, a proto se jedná o dlouhodobější investici.

5.5 Optimalizace z provozního hlediska

5.5.1 Rozdělení spotřebičů z pohledu říditelnosti

Pod pojmem říditelnost si můžeme představit zapínání/vypínání spotřebičů. Každý spotřebič je říditelný. Musíme si ale uvědomit, že některé spotřebiče vyžadují stálý přísun elektrické energie a přerušení dodávky proudu může znamenat určitou ztrátu. Pro řízení je důležité, abychom neubrali hodnotu zařízení plynoucí z využití elektřiny. Spotřebiče tedy můžeme rozdělit na říditelné a neříditelné, jak ukazuje obrázek 5-3.



Obrázek 5-3 Říditelnost spotřebičů

5.5.1.1 Říditelný

Říditelný spotřebič je takový, jehož start může být odložen v čase při zachování přidané hodnoty z jeho využití. Není u něj kladen důraz na jeho okamžitou reakci a hodnotu připravenosti. Spotřebič je do jisté míry svým účinkem nezávislý na napájení.

- **Přímé řízení**

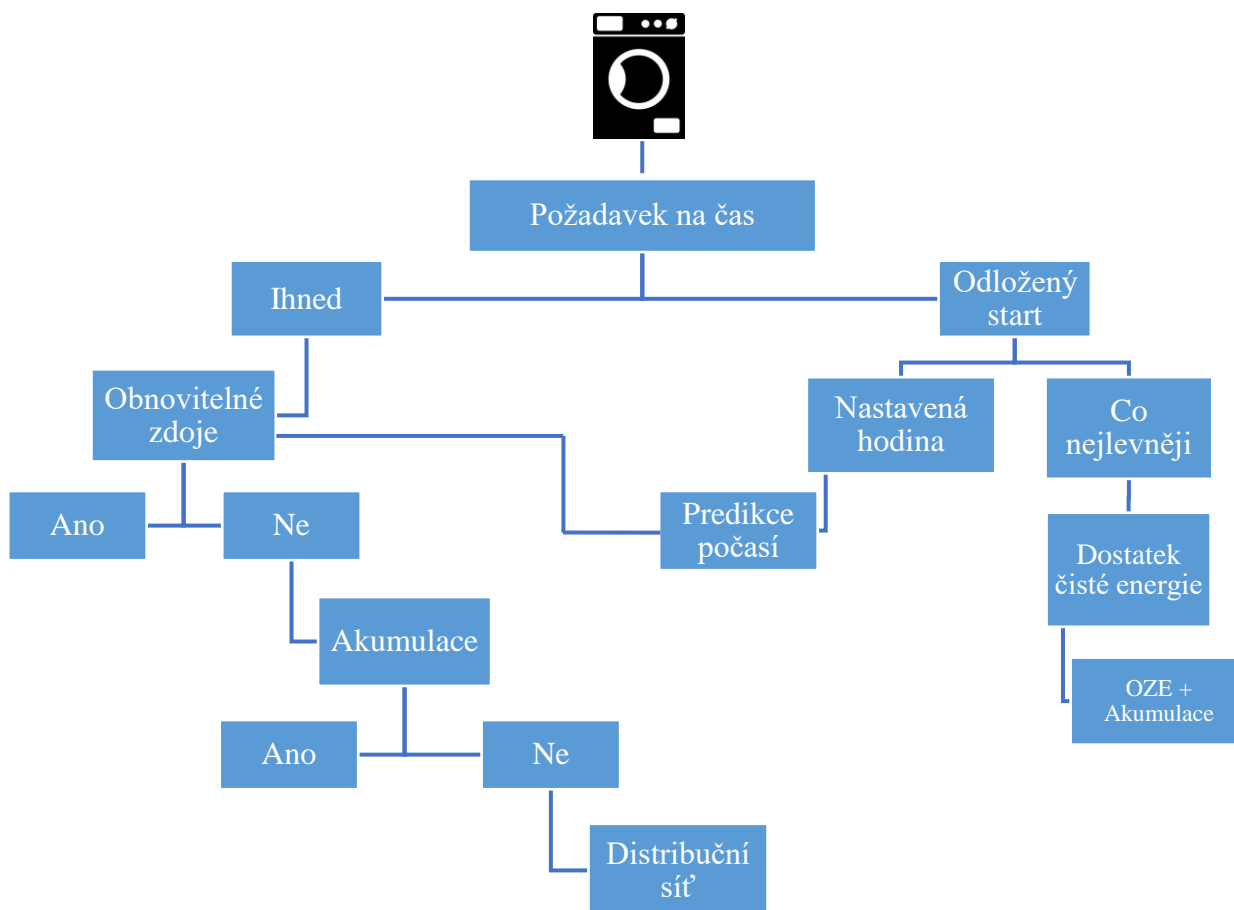
Takovémuto spotřebiči může zákazník zcela přenechat řízení dle předem stanovených podmínek. Do jisté míry je jejich účinek nezávislý na periodizaci napájení. Například sepnutí nahřívání bojleru je odložitelné až do okamžiku jeho vyprázdnění. Voda se v bojleru ohřívá v době levného proudu nebo při přebytečných energie.

Spotřebiče: bojler pro ohřev vody, elektronické topidlo nebo tepelné čerpadlo

- **Nepřímé řízení**

U těchto spotřebičů nemusí být hodnotou připravenost a okamžitá reakce. Uživatel si sám rozhodne, zdali sám zapne nebo přenechá řízení na umělé inteligenci.

Spotřebiče: pračka, myčka, sušička.



Obrázek 5-4 Posloupnost příkazů nepřímého řízení pro pračku

Na obrázku 5-4 můžeme vidět diagram posloupností nepřímého řízení. Na začátku procesu je nepřímo říditelný spotřebič, v tomto případě pračka. Uživatel si sám zvolí, kdy chce mít prádlo vyprané. Pokud by mělo být vyprané co nejdříve, budeme využívat elektřinu, která bude právě dostupná, bez ohledu na její původ. Pokud nespěcháme je zde možnost odloženého startu. Do řídicího systému zadáme v kolik hodin chceme mít prádlo vyprané, ten na základě předpovědi počasí dokáže odhadnout výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů během dne. Proto je tento příkaz dále směřován do obnovitelných zdrojů a prádlo bude vypráno v námi nastavenou hodinu. Pokud by nám bylo jedno, kdy bude prádlo vyprané, řídicí systém bude čekat tak dlouho, aby nemusel odebírat drahou elektřinu z distribuční sítě, ale naplno využít obnovitelné zdroje spolu s akumulací, do kterých bylo investováno za účelem snížení odebírané elektřiny z distribuční sítě.

5.5.1.2 Neřiditelný

U neřiditelného spotřebiče je nutný stálý přísun energie pro jeho zachování přidané hodnoty z jeho využití. Jsou to zařízení, která se používají v určitý pevně daný čas.

- **Striktně neřiditelný**

Všechny spotřebiče, které se používají v určitý relativně pevný čas. Jejich opožděné zapnutí je zcela vyloučení.

Spotřebiče: žárovka, varná deska, rychlovarná konvice, žehlička

- **Obvykle neřiditelný**

Spotřebiče, u nichž je řízení spojeno s částečnou ztrátou komfortu. Řízení je možné nouzově či havarijně.

Spotřebiče: lednička, mrazák

5.5.2 Propojenost systémů

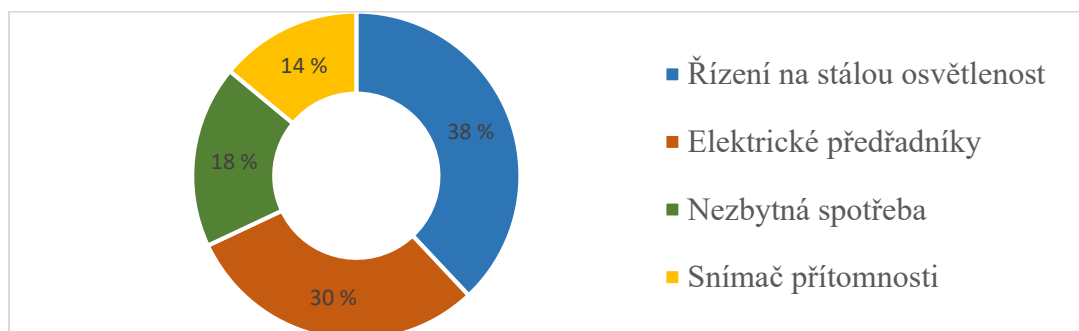
Aby jednotlivé spotřebiče a systémy pracovaly co nejlépe, jejich propojení a komunikace mezi sebou je velice důležitá. K propojení nám může pomoci právě systémová instalace, která na základě podmínek vyhodnotí stav a rozhodne o následujícím postupu. Vše je plně automatizováno a uživatel si tak může jen například nastavovat teplotu, intenzitu osvětlení. Řídicí systém se stará, aby potřeba uživatele byla uspokojena a spotřeba energie byla co nejnižší. Vhodným řešením, ke kterému nám může pomoci systémová instalace, můžeme dospět k energetické úspoře 11 až 33 % [38]

5.5.3 Řízení teploty

Z grafu spotřeby na obrázku 5-1 je patrné, že nejvíce energie se spotřebuje na vytápění. Ať už se jedná o vytápění radiátory nebo podlahové vytápění, je třeba jej regulovat a ovládat. V klasické elektroinstalaci je radiátor vybaven ovládací hlavicí s termostatem a ta ovládá výkon topení podle okolní teploty. Problém nastává, pokud se otevře okno v chladném počasí. Termostat zaznamená změnu teploty a topení bude topit na plný výkon, který se nám bude ztrácet otevřeným oknem. V systémové instalaci, která disponuje možnostmi pro regulaci topení rozhoduje o výkonu topení centrální jednotka. Ta podle nastavení uživatele a hodnot z čidel reguluje výkon topidel tak, aby byla v domě teplota, kterou si uživatel nastavil. Teplota v každém pokoji může být jiná a největší úspora spočívá v proměnlivé teplotě během dne. Znamená to, že když člověk ráno vstane, systém je naprogramovaný na teplotu 21 °C, poté když odejde do práce v bytě se udržuje teplota na 18 °C, a když se má vrátit z práce je jeho obydlí vytopeno zase na 21 °C do doby, než půjde spát. Takto se dá individuálně řešit nastavení teploty v pokojích v bytě nebo v domě. Při spojení systému obnovitelných zdrojů s akumulací energie, lze značnou část energie ušetřit právě díky přebytkům energie. V případě plného nabití akumulátorů nám energie z obnovitelných zdrojů může vytápět byt, či ohřívat teplou vodu pro pozdější použití.

5.5.4 Řízení osvětlení

Při využití moderních světelných zdrojů tvoří osvětlení velkou část roční spotřebované elektrické energie v domácnosti. Nicméně řízením osvětlení lze jednoduše dosáhnout ještě větší úspory. Otevřený systém DALI, představuje ucelený systém s komplexními možnostmi řízení. Do jednoho řídicího systému slučuje všechny předřadníky, transformátory a relé moduly nouzové výbavy. Řídicí systém na základě nastavené hodnoty udržuje intenzitu osvětlení na stejné úrovni. Dále je zde možnost směřování světelného toku na určité místo nebo navození příjemné atmosféry stmíváním či barevnými scénami. Skupiny světel mohou být spínány nebo stmívány centrálně nebo decentralizovaně. Využitím pohybových čidel tedy odpadá starost o zapomenuté rozsvícené světlo. Úspora tak přichází s řízením světelných scén a ovládním podle času nebo dle přítomnosti osob.



Obrázek 5-5 Úspora energie v osvětlení s využitím řídicího systému [42]

5.5.5 Zásady pro úsporu energie

Elektrickou energii lze ušetřit také poměrně jednoduchými zásadami. Nemusíme ani investovat do technologie, která by nám úsporu hlídala, stačí využívat spotřebiče naplno a spouštět je, až když je to opravdu nutné. Pokud je domácnost vybavena dvoutarifním účtováním, měli bychom veškeré odložitelné spouštění spotřebičů nechat do doby nízkého tarifu.

Praní, sušení, žehlení

Využívat spotřebiče v době nízkého tarifu nebo napájet energií z obnovitelných zdrojů

Používat vždy plnou náplň prádla

Prát při nižší teplotě

Pokud je možno přivádět do pračky již přehřátou vodu

Vaření, pečení

Používat vhodné nádoby, minimalizovat intenzitu varu

Zkracovat dobu vaření použitím tlakového hrnce

Používat nové typy varných desek s lepší technologií a účinností

Umývání nádobí

Zapínat plně zaplněnou myčku v době nízkého tarifu

Připojení přívodu teplé vody do myčky

Využívat teplou vodu, která byla ohřáta solárním systémem

Chladničky, mrazničky

Vhodná velikost s malou spotřebou

Umístění na chladné místo

Vhodně odmrazovat a čistit

Osvětlení

Svítit jen tam, kde je třeba

Použití vhodných svítidel s úsporným světelným zdrojem

Použití čidel pohybu

Zábava a kultura

Využívat moderní zobrazovací zařízení

Nepoužívat větší zařízení, než je potřeba

Zcela vypínat zařízení, nenechávat je v pohotovostním režimu

6 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE – STUDIE

Tato studie je vypracována pro typový objekt. Je zde aplikována teorie z teoretické části popsané v předešlých kapitolách této práce. Výkresová dokumentace je součástí přílohy C.

6.1 Představení objektu

Objekt, pro který je zpracován stupeň studie je typový dům, který splňuje požadavky na bydlení dnešní doby. Jedná se o jednopodlažní dům, ve kterém jsou využívány běžné spotřebiče. Dodávku elektrické energie zajišťují fotovoltaické panely, které jsou umístěny na střeše a distribuční síť. Hlavní domovní skříňka je zabudována na venkovní stěně vedle vstupních dveří. Je tak zajištěna dostupnost, bez nutnosti vcházet do objektu. Uvnitř domu se nachází 6 místností a kuchyň. Jsou zde dvě koupelny, tři pokoje pro bydlení, obývací pokoj, kuchyň a technická místnost. Dům je vybaven systémovou elektroinstalací a řídicím systémem.

6.2 Technické vybavení

Napájení domu je zajištěno z fotovoltaického systému a distribuční sítě. Jedná se o hybridní systém. V technické místnosti se nachází zázemí pro rozvod elektrické energie. Je zde umístěn rozvaděč a mozek inteligentní domácnosti – řídicí systém. Dále se zde nachází bojler, pračka a sušička. Pro akumulaci přebytků energie z fotovoltaiky nám slouží bojler, který zajišťuje také teplou vodu pro domácnost. V případě použití elektrochemických baterií je zde pro ně také místo. Kuchyň je vybavena běžnými elektrospotřebiči – indukční varná deska, trouba, odsávač par, myčka, lednička. V obývacím pokoji se nachází televize a hi-fi systém. V obytných pokojích budou používány běžné elektro spotřebiče – notebook, rádio, stolní lampa a další. Osvětlení je zajištěno moderními, účinnými světelnými zdroji s nízkou spotřebou.

6.2.1 Řídicí systém

Dům je vybaven systémovou elektroinstalací a řídicím systémem. Ten se stará, aby bylo spotřebováno pouze aktuálně požadované množství energie s co největší účinností. Řídicí systém je připojen na internetovou síť, takže je zde možnost vzdáleného přístupu a ovládní. Informace o spotřebě a stavu domácnosti jsou tak dostupné skrz zařízení připojená na internet.

Světla jsou ovládána uživatelem a částečně řídicím systémem. Venkovní nástěnná světla jsou spínána ve tmě fotobuňkou. Přítomnost osob v pokoji monitorují čidla pohybu a pokud nezaznamenávají pohyb, světelné obvody jsou automaticky vypnuty. Pokoje jsou vybaveny ústředním a podlahovým topením. V každém pokoji může být teplota nastavena individuálně a je hlídána pomocí termostatických čidel. Úsporu přináší možnost regulace teploty v závislosti na čase. Spotřebiče jsou rozděleny do kategorií na říditelné a neříditelné. Zásuvky, do kterých jsou zapojeny pračka, myčka a sušička jsou spínané především v době nízkého tarifu či přebytku elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Řídicí systém se stará o směřování toků elektrické energie vyrobené z fotovoltaických panelů. Má přehled o aktuálně vyráběném množství energie a díky spolupráce s meteorologickou stanicí je schopen predikovat výrobu elektrické energie. Vyrobenou energii je možno ihned spotřebovávat nebo ji skladovat v akumulačním systému.

6.2.2 Fotovoltaický systém

Střecha domu má sklon 30° a část je orientovaná přímo k jižní straně. Tyto předpoklady jsou vhodné pro realizaci fotovoltaické elektrárny, a proto jsou na střeše instalovány fotovoltaické panely. Vyrobena energie je ihned využívána v domácnosti nebo je skladována v akumulacím systému pro pozdější použití. V tomto případě je akumulace vyřešena ohřevem teplé vody, která je dále využívána jako užitková voda a pro vytápění. O řízení spotřeby a dobíjení se stará řídicí systém. Doba návratnosti je spočítána pomocí programu, který byl vytvořen v rámci práce a jeho výstupy jsou v příloze A. V tomto případě je investice okolo 192 000 Kč vrácena po 13 letech používání.

6.2.3 Spotřebiče

V typovém objektu předpokládáme použití spotřebičů převážně úsporného charakteru energetické třídy A. Pro úsporu energie je zde předpoklad odkládání startu u odložitelných spotřebičů. Osvětlení bude provedeno novodobými, úspornými osvětlovacími zdroji, které budou ovládány pomocí řídicího systému.

Tabulka 6-1 Spotřebiče s vyšším odběrem použité v domácnosti

Spotřebič	Umístění	Příkon
		[W]
Indukční varná deska	Kuchyň	8000
Trouba	Kuchyň	3300
Myčka	Kuchyň	1300
Lednice	Kuchyň	170
Odsavač par	Kuchyň	200
Bojler	Technická místnost	2200
Pračka	Technická místnost	2100
Sušička	Technická místnost	2200
Televize	Obývací pokoj	100

6.2.4 Výkresová dokumentace

Výkres je zpracován jako stupeň studie s rozmístěním zásuvek a spotřebičů. Dále jsou navrženy světelné obvody s přepínači a hlavní trasa vedení. Výpis zásuvek a světel s rozmístěním v místnostech se nachází v příloze B. Výkres je součástí přílohy C.

7 ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na optimalizaci spotřeby elektrické energie a energetickou samostatnost domácností. Jsou zde shrnuty teoretické možnosti, ale také jsou výpočtem dokázány úspory energie a nákladů.

Nejvíce využívaným obnovitelným zdrojem pro domácnosti jsou fotovoltaické elektrárny. Je to dáno především dostupností, jednoduchostí montáže a cenou oproti ostatním řešením. Vyráběnou elektřinu není vždy možné ihned spotřebovat, a tak je nutné vybavit fotovoltaiiku akumulačním systémem. Přebytky energie jsou využívány pro ohřev teplé vody nebo jsou skladovány v elektrochemických bateriích. Jejich vývojem se zabývá velká řada firem. Cílem je dosáhnout levné baterie s velkou kapacitou. Z poznatků se dá předpokládat, že nejvíce využívaným prvkem pro elektrochemické baterie bude lithium.

Požadavky uživatelů na řízení domácností jsou stále vyšší. Dostupnost komfortu a možnosti úspor se dostávají do vyhledávaných termínů. Proto je výhodné výkonné a složité elektroinstalace s velkým počtem obvodů realizovat pomocí systémové elektroinstalace. Je tak zajištěna provázanost jednotlivých systémů se vzájemnou komunikací oproti klasické elektroinstalaci. Řídící systém FOXTROT, splní veškeré požadavky uživatele a je možnost ho přizpůsobit pro jakákoliv řešení.

V rámci úspor musíme využívat nezbytné množství energie s vysokou účinností v případech kdy je to skutečně nutné. K tomu nám pomáhá právě řídicí systém, který reaguje na požadavky uživatele dle předem naprogramovaných pokynů. Vzájemná komunikace mezi říditelnými spotřebiči a zdroji energie dokáže zajistit využití levné námi vyrobené energie. Osvětlení lze ovládat dle přítomnosti osob, teplota je regulovatelná v závislosti na denní době a mnohé další prvky lze využít pro úsporu energie právě díky řízení.

Při pořizování nových spotřebičů bychom měli dbát na hodnoty energetických štítků. Výpočtem bylo dokázáno například, že úsporná chladnička třídy A+++ dokáže za rok ušetřit 143 kWh oproti chladničce A+. Při přechodu na nové možnosti vytápění nebo ohřevu vody bychom neměli podceňovat dvojitých účtovacích tarifů. Bylo dokázáno například, že dvoutarifním účtováním lze ušetřit 30 % nákladů za provoz elektrického ohřívače vody, oproti jednotarifnímu. V rámci optimalizace z investičního hlediska byla vytvořena kalkulačka doby návratnosti fotovoltaiického systému. Výsledky dávají odpověď na otázku, kdy bude vložená investice vrácena. Na typovém objektu byla návratnost při dnešních cenách vypočtena po 13 letech používání.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Zavedení elektřiny do novostavby. *Dodavatelektřiny.cz: O energiích jasně a srozumitelně* [online]. b.r. [cit. 2016-11-23]. Dostupné z: <http://dodavatelektřiny.cz/stehovani/zavedeni-elektřiny-do-novostavby>
- [2] Fotovoltaika. *Fotovoltaické elektrárny* [online]. Tršice: VR OZE systems, 2013 [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://www.nemakej.cz/fotovoltaicky-jev-a-idealni-podminky-pro-solarni-elektřiny.php>
- [3] MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [4] Fotovoltaický střídač - účinnost není vše: Důležitější je maximální výnos energie. *Tzb info* [online]. Praha 6: Czech RE Agency, 2009 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/5571-fotovoltaicky-stridac-ucinnost-neni-vse>
- [5] Xtender série. In: *SOLAR Partner* [online]. Praha: SolarPartner s.r.o., 2017 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: http://shop.solarpartner.cz/pdf/DatovyListXtender_h.pdf
- [6] *E-SHOP TERMS* [online]. České Budějovice: TERMS a.s., 2013 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/>
- [7] *Ostrovni-Elektřiny.cz: Cesta k nezávislosti* [online]. Vlkoš u Přerova: Ostrovni elektrárny s.r.o., 2016 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.ostrovni-elektřiny.cz/>
- [8] VOBOŘIL, David. Větrné elektrárny: Princip, rozdělení, elektrárny v ČR. In: *OENERGETICE.CZ* [online]. 2015 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/typy-elektřaren/vetrne-elektřiny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni/>
- [9] *Home Energy* [online]. Netherlands: Home Energy, 2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <https://www.homeenergy.nl/>
- [10] ZÁVIŠKA, Radek. *Savoniova větrná turbína*. Fakulta strojního inženýrství, energetický ústav: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2015. Diplomová práce. VUT Brno. Vedoucí práce Jiří pospíšil.
- [11] PONCAROVÁ, Jana. Malá větrná elektrárna v praxi. In: *Nazeleno.cz: Chytrá řešení pro každého* [online]. Brno: Tarifomat, 2008 [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/mala-vetrna-elektřarna-v-praxi-kolik-vydela.aspx>
- [12] *Solar Economic* [online]. Valašské Meziříčí: SOLAR ECONOMIC s.r.o., 2016 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.solareconomic.cz/>
- [13] *HiWANT* [online]. Taiwan: Hi-VAWT Technology Corp., 2012 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.hi-vawt.com.tw/>

- [14] BUKAČ, Petr. Malá vodní elektrárna. In: *Nazeleno.cz: Chytrá řešení pro každého* [online]. Brno: Tarifomat, 2010 [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/mala-vodni-elektrarna-kolik-elekriny-vyrobi-vyplati-se.aspx>
- [15] PONCAROVÁ, Jana. Domácí malá vodní elektrárna. In: *EkoLid.cz* [online]. Veleba, 2013 [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://www.ekolid.cz/postavte-si-domaci-malou-vodni-elektrarnu/>
- [16] *Malá voda* [online]. 2009 [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/>
- [17] Malé vodní elektrárny: ŠNEKOVÉ TURBÍNY. *GESS-CZ.cz* [online]. Hranice, b.r. [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://www.gess.cz/cz/male-vodni-elektrarny.html>
- [18] MALÝ, Jan. Elektrina ze spalovacího motoru. In: *IReceptáč.cz* [online]. Praha: Tarsago, 2009 [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/energie-a-vytapeni/elektrina-ze-spalovaciho-motoru-jak-vybrat-elektrocentralu/>
- [19] HELLER, Ondřej. *Akumulace energie z OZE*. Ústav elektroenergetiky FEKT, 2010. Diplomová práce. VUT Brno. Vedoucí práce Mastný Petr.
- [20] 10 důvodů proč LiFePO baterie nahrazují Pb baterie. *PROSOLAR: Expert na fotovoltaiku* [online]. Mankovice: PROSOLAR, 2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.prosolar.net/proc/10-duvodu-proc-lifepo-baterie-nahrazuji-pb-baterie>
- [21] Průlom do skladování elektřiny?. *Technický portál: Technický týdeník* [online]. Praha: Business Media CZ, 2006 [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/prulom-do-skladovani-elekriny_16046.html
- [22] ŠPIČÁK, Ladislav. *Akumulace elektrické energie z obnovitelných zdrojů*. Fakulta strojního inženýrství - Energetické inženýrství, 2009. Diplomová práce. VUT Brno. Vedoucí práce Jiří Pospíšil.
- [23] *TESLA* [online]. 2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/>
- [24] *HE3DA* [online]. Praha: HE3DA, 2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <https://www.he3da.cz>
- [25] PRŮCHA, Jan. *Chytré bydlení: Inteligentní dům* [online]. 1. Praha: Insight Home, a.s., 2012 [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: <http://www.insighthome.eu/Chytre-bydleni/Chytre-bydleni.pdf>
- [26] HALUZA, Miroslav a Jan MACHÁČEK. Klasická versus inteligentní elektroinstalace. In: *TZB-info: Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. Praha: Vysoké učení technické v Brně, 2011 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/domovni-elektroinstalace/7842-klasicka-versus-inteligentni-elektroinstalace>
- [27] Inteligentní elektroinstalace ABB i-bus® KNX. *ABB* [online]. Praha: ABB, 2016 [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: <http://www.abb.cz/product/cz/9AAC111724.aspx>
- [28] *ELKO EP* [online]. Holešov: ELKO EP, s.r.o., 2016 [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: <http://www.elkoep.cz/>
- [29] *PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY TECOMAT FOXTROT* [online]. 21. Kolín: Teco a. s., 2014 [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00410_01_General_Foxtrot.pdf

- [30] ABB-free@home®: Inteligentní elektroinstalace - inovativní a osvobozující. *ABB s.r.o.: Elektro-Praga* [online]. Jablonec nad Nisou: ABB, 2006 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www117.abb.com/index.asp?thema=14775>
- [31] A profitable and safe investment in your home. *XComfort* [online]. 2015 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.xcomfort.com/about-the-system.html>
- [32] *LOXONE* [online]. Austria: LOXONE ELECTRONICS, 2017 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <https://www.loxone.com/>
- [33] BOTHE, Robert, Jaromír PÁVEK. *Inteligentní elektroinstalace Nikobus: Příručka pro uživatele, montáž a projektování systému Nikobus* [online]. 1.0. Ústí nad Orlicí: Xcomfort, 2004 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://archiv.eatonelektrotechnika.cz/pdf/manual%20nikobus.pdf>
- [34] *PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI TECO a. s.: ŘÍDÍCÍ SYSTÉMY PRO STROJE, PROCESY, BUDOVOY A DOPRAVU* [online]. 1. Kolín: Teco a. s., 2013 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/PRINTS/Cat_2012_03_teco%20introduction_cz_01.pdf
- [35] Proč je systém Tecomat Foxtrot tak oblíbený?. In: *TZB-info: Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. Praha: Teco a.s., 2015 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/12831-proc-je-system-tecomat-foxtrot-tak-oblibeny>
- [36] *Katalog produktů: Tecomat Foxtrot, CFox, RFox* [online]. 1. Kolín: TECO a.s., 2016 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/PRINTS/Foxtrot-CZ.pdf>
- [37] *Příručka projektování CFox, RFox a Foxtrot: FOXTROT - Ovládej svůj dům* [online]. 3. Kolín: TECO, 2014 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00411_01_Foxtrot_DesignManual_cz.pdf
- [38] HALUZA, Miroslav a Jan MACHÁČEK. Spotřeba elektrické energie domácností. In: *TZB-info: Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. Praha, 2012 [cit. 2016-12-30]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/8570-spotreba-elektricke-energie-domacnosti-predikce-a-potencialni-uspory-pomoci-bacs>
- [39] Lednice. *GORENJE: Spotřebiče a kuchyně jedné značky* [online]. Praha: Gorenje spol. s r.o., 2014 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://www.gorenje.cz/spotrebice/domaci-spotrebice/chladnicky-a-mraznicky/vyrobky/chladnicky>
- [40] Jak odhadnout spotřebu elektřiny v domácnosti. *Dodavatelektřiny.cz: O energiích jasně a srozumitelně* [online]. Praha: dodavatelektřiny, 2016 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://dodavatelektřiny.cz/uzitecne-informace/jak-odhadnout-spotrebu-elektřiny>
- [41] Přehled cen elektrické energie. *TZB-info* [online]. Praha 6: Topinfo s.r.o., 2017 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/14-prehled-cen-elektricke-energie>
- [42] BÁTORA, Branislav a Petr TOMAN. *Moderní způsoby řízení osvětlení s využitím sběrníkových systémů KNX a DALI*. Brno: Brno University of Technology, 2012.

SEZNAM PŘÍLOH

- PŘÍLOHA A Kalkulátor doby návratnosti fotovoltaické elektrárny
- PŘÍLOHA B Výpis zásuvek a světel s rozmístěním
- PŘÍLOHA C Projektová dokumentace - studie

PŘÍLOHA A

Kalkulátor doby návratnosti fotovoltaické elektrárny

Samotný program se nachází na přiloženém CD.

Parametry

Plocha pro panely	20	[m ²]
Výkon jednoho panelu	260	[Wp]
Spotřeba elektřiny za den	7 000	[Wh]
Nákup elektřiny	4,5	[Kč/kWh]
Meziroční inflace	5	[%]

Počet panelů	13	[Ks]
Špičkový výkon	3 250	[Wp]
Cena fotovoltaiky	162 500	[Kč]
Další náklady	30 000	[Kč]
Celková cena	192 500	[Kč]

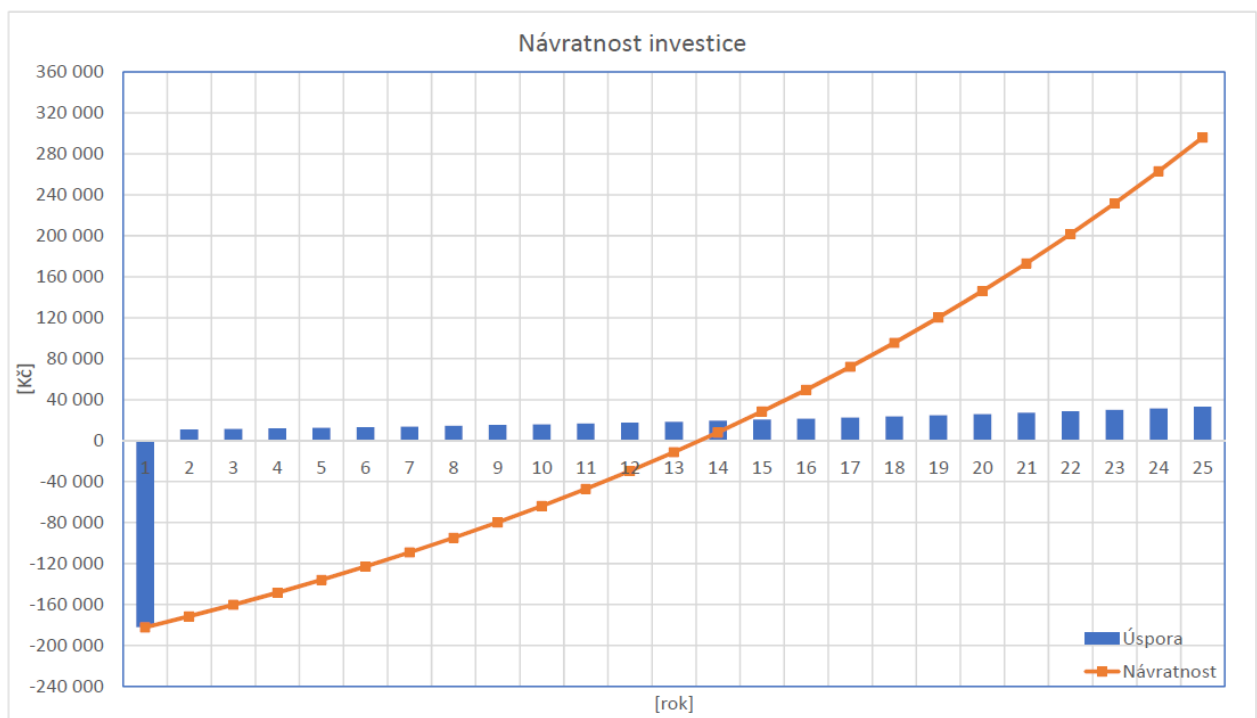
Bez OZE		
Spotřeba z OZE	0	[Wh]
Spotřeba z distribuční sítě	2 555 000	[Wh]
Cena elektřiny za rok	11 498	[Kč]

S OZE		
Výroba z OZE za rok	3 250 000	[Wh]
Spotřeba z OZE při 70 % využití za rok	2 275 000	[Wh]
Ušetřené peníze	10 238	[Kč]
Spotřeba z distribuční sítě	280 000	[Wh]
Cena elektřiny za rok	1 260	[Kč]

Obrázek A- 1 Parametry fotovoltaického systému

	Celkové náklady bez OZE	Celkem náklady s OZE	Roční náklady bez OZE	Roční náklady s OZE	Úspora	Návratnost
rok	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
1.	11 498	193 760	11 498	193 760	-182 263	-182 263
2.	23 570	195 083	12 072	1 323	10 749	-171 513
3.	35 642	196 406	12 676	1 389	11 287	-160 226
4.	47 715	197 729	13 310	1 459	11 851	-148 375
5.	59 787	199 052	13 975	1 532	12 444	-135 931
6.	71 859	200 375	14 674	1 608	13 066	-122 865
7.	83 932	201 698	15 408	1 689	13 719	-109 146
8.	96 004	203 021	16 178	1 773	14 405	-94 741
9.	108 077	204 344	16 987	1 862	15 125	-79 616
10.	120 149	205 667	17 836	1 955	15 882	-63 734
11.	132 221	206 990	18 728	2 052	16 676	-47 058
12.	144 294	208 313	19 665	2 155	17 510	-29 548
13.	156 366	209 636	20 648	2 263	18 385	-11 163
14.	168 438	210 959	21 680	2 376	19 304	8 141
15.	180 511	212 282	22 764	2 495	20 270	28 411
16.	192 583	213 605	23 902	2 619	21 283	49 694
17.	204 656	214 928	25 098	2 750	22 347	72 041
18.	216 728	216 251	26 352	2 888	23 465	95 505
19.	228 800	217 574	27 670	3 032	24 638	120 143
20.	240 873	218 897	29 054	3 184	25 870	146 013
21.	252 945	220 220	30 506	3 343	27 163	173 176
22.	265 017	221 543	32 032	3 510	28 521	201 697
23.	277 090	222 866	33 633	3 686	29 947	231 644
24.	289 162	224 189	35 315	3 870	31 445	263 089
25.	301 235	225 512	37 081	4 064	33 017	296 106

Obrázek A- 2 Výpočet investice fotovoltaického systému



Obrázek A- 3 Doba návratnosti

PŘÍLOHA B

Výpis zásuvek a světel s rozmístěním pro projektovou dokumentaci

Tabulka B - 1 Výpis zásuvek a světel

Zařízení	Označení	Umístění	Zařízení	Označení	Umístění
Zásuvka	Z1	Obývací pokoj	Světlo	S1.1	Obývací pokoj
	Z1			S1.2	
	Z1			S1.3	Kuchyň
	Z10	S1.4			
	Z10	Kuchyň		S1.5	Chodba 3
	Z10			S1.6	
	Z3			S2.1	Chodba 1
	Z4			S2.1	
	Z5			S2.2	Chodba 2
	Z6			S2.2	
	Z1	Pokoj 1		S2.3	Schody do sklepa
	Z1			S2.4	Schody na půdu
	Z1			S2.5	Venku
	Z2	S2.6			
	Z2	Pokoj 2		S3.1	Pokoj 1
	Z2			S3.2	Pokoj 2
	Z2	Pokoj 3		S3.3	
	Z2			S3.4	Pokoj 3
	Z2	Koupelna 1		S3.5	Tech. míst.
	Z2	Koupelna 2		S3.6	Koupelna 1
	Z1	Chodba 1		S3.7	Koupelna 2
	Z2	Chodba 2			
	Z2	Tech. míst.			
Z7					
Z8					
Z9					

PŘÍLOHA C

Projektová dokumentace – studie

Výkres projektové dokumentace je součástí vazby (1 list A3).