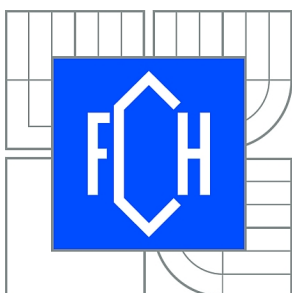




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF
ENVIRONMENTAL PROTECTION

VLIV MALÝCH DOMÁCÍCH SPOTŘEBIČŮ NA EKONOMIKU KOMBINOVANÝCH SYSTÉMŮ

INFLUENCE OF SMALL HOUSEHOLD APPLIANCES ON ECONOMY OF COMBINED SOLAR
SYSTEMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ŽANETA HOSOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF KOTLÍK, CSc.

BRNO 2013



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání diplomové práce

Číslo diplomové práce:	FCH-DIP0682/2012	Akademický rok: 2012/2013
Ústav:	Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí	
Student(ka):	Bc. Žaneta Hosová	
Studijní program:	Chemie a technologie ochrany životního prostředí (N2805)	
Studijní obor:	Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805T002)	
Vedoucí práce	Ing. Josef Kotlík, CSc.	
Konzultanti:		

Název diplomové práce:

Vliv malých domácích spotřebičů na ekonomiku kombinovaných systémů

Zadání diplomové práce:

Zlepšení ekonomiky provozu malých domácích spotřebičů užitím termických a fotovoltaických solárních systémů.

1. Provést měření základních technologických parametrů.
2. Navrhnout ekologicky optimální řešení standardního pracovního cyklu.
3. Nakreslit technologické schéma zapojení včetně regulačních uzlů.
4. Provést výpočet předpokládaných ekonomických přínosů.
5. Zhodnotit a diskutovat optimální řešení a porovnat s již publikovanými výsledky.

Termín odevzdání diplomové práce: 3.5.2013

Diplomová práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu diplomové práce. Toto zadání je přílohou diplomové práce.

Bc. Žaneta Hosová
Student(ka)

Ing. Josef Kotlík, CSc.
Vedoucí práce

doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 31.1.2013

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou provozu malých domácích spotřebičů v systémech solárních technologií.

Teoretická část práce uvádí popis solárních termických systémů a solárních fotovoltaických systémů, včetně možnosti jejich kombinace. Dále uvádí možnosti zapojení spotřebičů do systémů solárních technologií a ekonomickou stránku pracovního procesu.

Praktická část vyhodnocuje ekonomiku provozu malých domácích spotřebičů napojených na solární systém.

ABSTRACT

This Master's thesis deals with the problems of small domestic appliances in solar systems.

The theoretical part provides a description of solar thermal systems and solar photovoltaic systems, including the possibility of their combination. It adds options connecting the small household appliances in system of solar technology and economics of the washing process.

The practical part evaluates the economy of operation small household appliances connected to the solar system.

KLÍČOVÁ SLOVA

Solární technologie, solární termické systémy, fotovoltaické systémy, malé domácí spotřebiče

KEYWORDS

Solar technology, solar thermal systems, photovoltaic systems, small household appliances

HOSOVÁ, Ž. *Vliv malých domácích spotřebičů na ekonomiku kombinovaných systémů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2013. 56 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Kotlík, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Josefu Kotlíkovi, CSc. za cenné rady, věnovaný čas a ochotnou pomoc při zpracování mé diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Františku Mikšíkovi za cenné rady a věnovaný čas.

1 OBSAH

1	Obsah.....	5
2	Úvod.....	7
3	Teoretická část.....	8
3.1.	Sluneční energie	8
3.1.1.	Podmínky v ČR.....	8
3.1.2.	Možnosti využití sluneční energie	11
3.1.2.1.	Pasivní využití sluneční energie.....	12
3.1.2.2.	Aktivní využití sluneční energie	12
3.2.	Solární termický systém	12
3.2.1.	Solární kolektor.....	13
3.2.1.1.	Umístění solárního kolektoru.....	15
3.2.2.	Akumulační nádrž	16
3.2.3.	Solární okruh.....	16
3.2.4.	Teplonosné médium.....	17
3.2.5.	Pojistná zařízení	17
3.2.6.	Možnosti využití solárního termického systému	18
3.2.7.	Způsoby provozu solárních soustav	18
3.3.	Fotovoltaické systémy	19
3.3.1.	Solární článek.....	19
3.3.2.	Fotovoltaické panely	20
3.3.3.	Fotovoltaický systém a jeho prvky	21
3.3.3.1.	Invertor.....	21
3.3.3.2.	Akumulátorová baterie.....	21
3.3.4.	Typy fotovoltaických systémů	22
3.4.	Kombinovaný solární systém	25
3.5.	Spotřeba energie v domácnosti	26
3.6.	Spotřebiče v systému solárních technologií	26
3.6.1.	Spotřebiče v systému termických soustav	26
3.6.1.1.	Možnosti zapojení spotřebičů k okruhu spotřeby solárního systému	27
3.6.1.2.	Pračky	29
3.6.1.3.	Proces praní.....	32
3.6.1.4.	Ekonomické praní	33
3.6.2.	Spotřebiče v systému fotovoltaických soustav	34

4	Experimentální část	35
4.1.	Reálný systém - kombinovaná solární soustava Vracov	35
4.1.1.	Kolektorové pole	35
4.1.2.	Akumuační nádrž	35
4.1.3.	Ostatní komponenty	35
4.1.4.	Regulace soustavy	36
4.1.5.	Schéma zapojení soustavy	36
4.1.6.	Malé spotřebiče	37
4.1.6.1.	Návrh optimálního pracího cyklu	38
4.1.6.2.	Nastavení pracího a mycího cyklu	38
4.2.	Měřené parametry	39
5	Výsledky a diskuse	42
6	závěr	51
	Seznam použité literatury	52
	Zdroje obrázků	55
	Seznam příloh	56

2 ÚVOD

Získávání energie a její využití je v současnosti předním tématem naší společnosti. Doba, kdy se lidstvo bude muset uskromnit ve svých potřebách energie a začít se poohlížet po jejich nových zdrojích, se blíží. Zásoby fosilních zdrojů energie se pomalu ztenčují a dříve či později dojde k jejich vyčerpání. Je třeba zaměřit výzkum v oblastech energetiky na nové možnosti zásobování energií. Obnovitelné zdroje tyto možnosti nabízí. Stále více se dostávají do popředí a stávají se poměrně snadno dostupné.

Spotřeba energie na vytápění a ohřev vody činí v celkovém „energetickém účtu“ domácnosti tu největší položku. Využití solární energie představuje elegantní způsob, jak v domácnosti efektivně snížit množství energie odebírané z veřejné sítě. Navíc snižování závislosti na dodávkách energie z veřejné sítě mohou někteří obyvatelé pociťovat jako zvyšování své bezpečnosti. Ekonomické hledisko je věc, která je neustále probírána ze všech stran. Dodávky elektrické energie jsou pro nás dnes již takovou samozřejmostí, že těžko snášíme být jen krátké výpadky elektrického proudu. Televizní přijímače, telefony, počítač, osvětlení, lednička, pračka a vytápění – nic z těchto spotřebičů nefunguje bez elektřiny. Počet spotřebičů v domácnostech navíc roste a s tím zpravidla roste i spotřeba elektřiny. Přitom mnoho z nás ani neví, kolik stojí 1 kWh elektrické energie a jak si ve spotřebě energie stojí právě jeho domácnost. Ten, kdo si diagnostikuje svou spotřebu z hlediska možnosti šetření, snadno odhalí značný potenciál úspor.

3 TEORETICKÁ ČÁST

3.1. Sluneční energie

Z fyzikálního hlediska je Slunce fúzním reaktorem. V nitru Slunce probíhá samoregulovaná termonukleární reakce, při které se za extrémně vysokých teplot a tlaků slučuje vodík za vzniku helia. Při této slučovací se reakci dojde k uvolnění určitého množství energie. Tato energie je vyzařována do kosmického prostoru v podobě elektromagnetického záření. Předpokládaná doba vyčerpání vodíkových zásob Slunce je 5 až 7 miliard let.

3.1.1. Podmínky v ČR

Mírou energetického účinku slunečního záření je intenzita záření I dopadajícího na povrch země, tj. na plochu pod vrstvou atmosféry. [1] Pokud záření při průchodu atmosférou není rozptýleno a dopadá na povrch Země přímo, označujeme toto záření jako přímé. Rozptýlené záření vznikne rozptylem přímých slunečních paprsků na molekulách plynných složek vzduchu, vodních kapkách, ledových krystálcích a různých aerosolových částicích. [2] Intenzita na plochu kolmou ke směru paprsků je menší, než je intenzita na hranici atmosféry. [1]

Intenzita přímého záření na plochu kolmou ke směru paprsků I_{pn} [1]:

$$I_{pn} = I_0 \exp\left(-\frac{Z}{\varepsilon}\right) \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2}), \quad (\text{Rovnice 1})$$

kde I_0 je sluneční konstanta (obvykle $I_0 = 1367 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$), Z – součinitel znečištění atmosféry, ε – součinitel závislý na výšce slunce nad obzorem a na nadmořské výšce daného místa

Součinitel ε pro průměrnou nadmořskou výšku území našeho státu $H = 300 \text{ m}$ [1]:

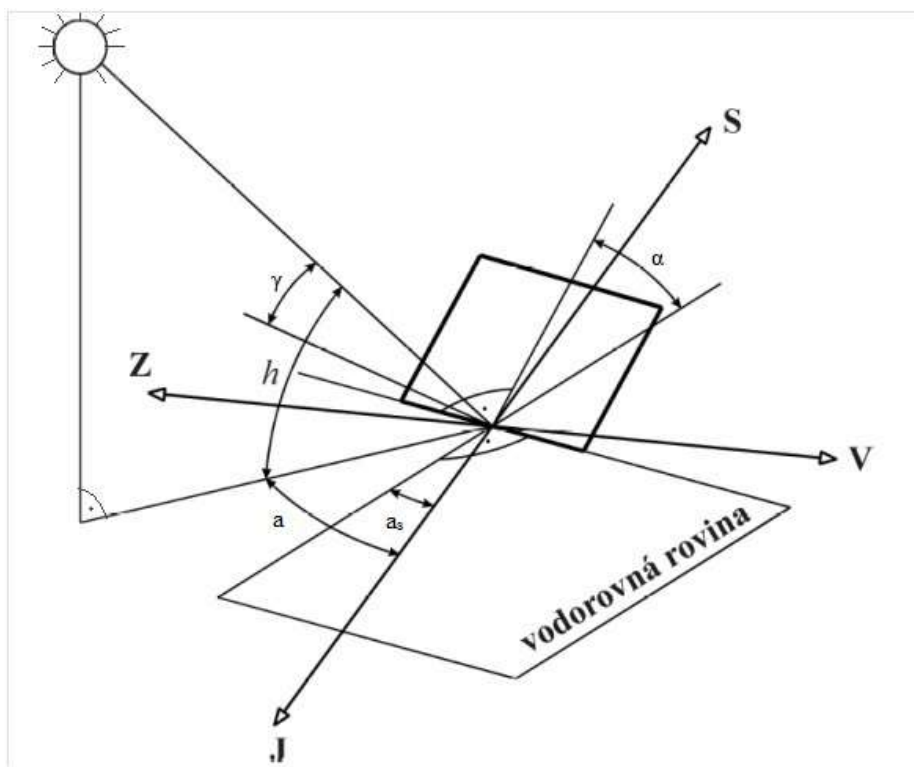
$$\varepsilon = 4,83182 \left[\sin h + (0,003 + \sin^2 h)^{0,5} \right] + 0,91018, \quad (\text{Rovnice 2})$$

kde h je výška slunce nad obzorem.

Intenzita přímého slunečního záření na obecně položenou plochu, jejíž poloha je určena azimutem a_s a úhlem sklonu α (Obrázek 1), je dána vztahem: [1]

$$I_p = I_{pn} \cos \gamma \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2}), \quad (\text{Rovnice 3})$$

kde γ je úhel dopadu paprsků na osluněnou plochu.



a – azimut slunce; **a_s** – azimut osluněné plochy; **α** – sklon plochy od vodorovné roviny;
h – výška slunce nad obzorem; **γ** – úhel dopadu slunečních paprsků

Obrázek 1: Geometrie slunečního svitu [1]

Po vstupu do zemské atmosféry může být elektromagnetické záření částečně absorbováno, rozptýleno, odraženo a znovu vyzářeno. Záření, které se v atmosféře rozptýlí, proniká k povrchu Země jako difúzní záření. Na osluněnou plochu také dopadá část přímého záření, která se odrazí od okolních ploch; také toto záření se počítá k záření difúznímu.

Intenzitu difúzního záření lze přibližně vypočítat pomocí [1]:

$$I_D = 0,5(1 + \cos \alpha) \cdot I_{Dh} + 0,5 r (1 - \cos \alpha) \cdot (I_{Ph} + I_{Dh}) \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2}), \quad (\text{Rovnice 4})$$

kde α je úhel sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny, r – reflexní schopnost okolních ploch pro sluneční paprsky, tzv. albedo ($r = 0,15 - 0,25$), I_{Ph} – intenzita přímého slunečního záření na vodorovnou plochu, I_{Dh} – intenzita difúzního slunečního záření na vodorovnou plochu.

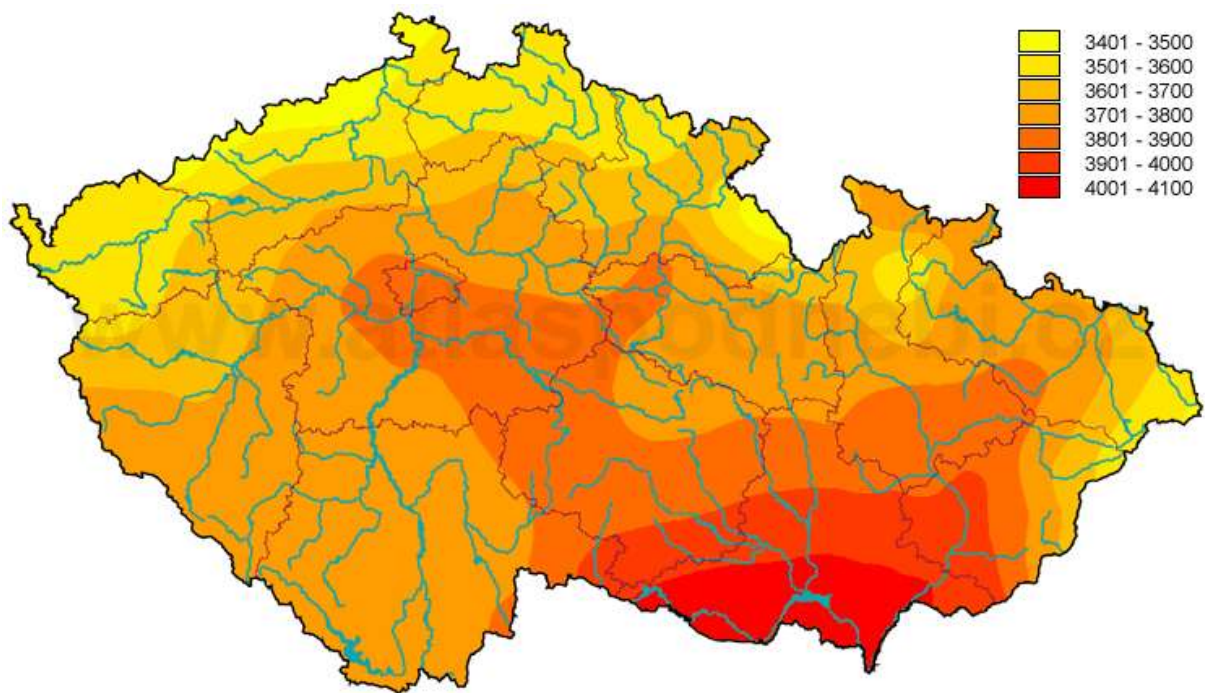
Pro intenzity záření I_{Ph} a I_{Dh} z Rovnice 4 platí vztahy[1]:

$$I_{Ph} = I_{Pn} \sin h, \quad (\text{Rovnice 5})$$

$$I_{Dh} = 0,33(I_0 - I_{Pn}) \sin h. \quad (\text{Rovnice 6})$$

V České republice se průměrný počet hodin solárního svitu (bez oblačnosti) pohybuje od 1 400 do 1 700 h/rok, což odpovídá intenzitě 900 – 1 200 kWh/m²·rok. Průměrný počet hodin slunečního svitu v Evropě můžeme vidět v *Tabulka 1*.

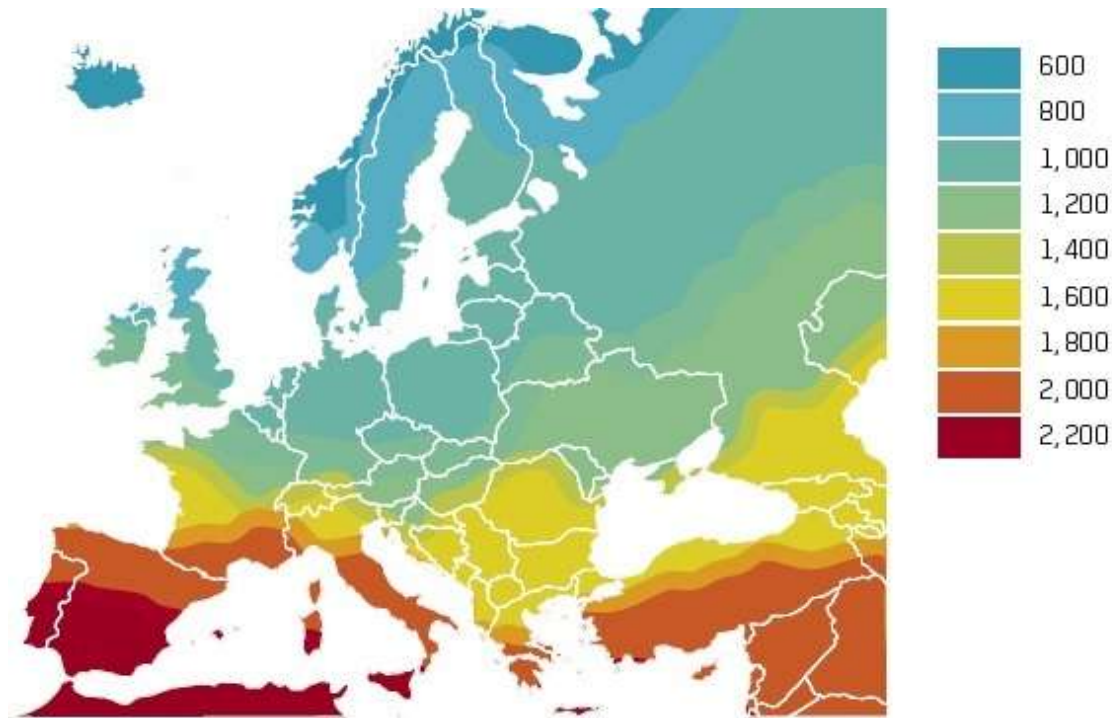
Při návrhu realizace solárního systému je třeba vzít v úvahu údaje o oblačnosti a znečištění atmosféry [2].



Obrázek 2: Roční průměrný úhrn globálního záření [MJ/m^2] Zdroj: ČHMÚ

Tabulka 1: Průměrný počet hodin slunečního svitu v Evropě [3]

Město	Stát	Počet hodin slunečního svitu (h/rok)
Lisabon	Portugalsko	1 860
Řím	Itálie	1 687
Istanbul	Turecko	1 454
Ženeva	Švýcarsko	1 394
Paříž	Francie	1 265
Varšava	Polsko	1 159
Berlín	Německo	1 146
Stockholm	Švédsko	1 137
Londýn	Velká Británie	1 131
Brusel	Belgie	1 084
Oslo	Norsko	1 015



Obrázek 3: Roční průměrný úhrn globálního záření [3]

3.1.2. Možnosti využití sluneční energie

Tok energie ze Slunce mimo zemskou atmosféru tvoří asi $1360 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, což je tzv. solární konstanta. Při průchodu zemskou atmosférou je část záření absorbována, rozptylována, reflektována a emitována. I po průchodu atmosférou se pohybuje intenzita záření za jasných dnů v rozmezí $600 - 1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. [4] Nejčastěji se sluneční energie využívá k přeměně na energii elektrickou nebo k přímé výrobě tepla, např. na ohřev užitkové vody v domácnostech či v bazénech. Takto získanou energii lze také použít jak k teplovodnímu či teplovzdušnému přitápění budov, tak k jejich chlazení.

Možnosti využití sluneční energie můžeme rozdělit na aktivní a pasivní způsoby. Pasivní a aktivní způsoby využití se samozřejmě mohou vzájemně doplňovat, což se používá zejména při budování nízkoenergetických domů.



Obrázek 4: Schéma možností využití solární energie[2]

3.1.2.1. Pasivní využití sluneční energie

Domy se stavěly a staví i dnes tak, aby byly schopny využít co nejvíce sluneční energie bez speciálních technických zařízení. Vhodným využitím prvků solární architektury se dá ušetřit až 5 – 15 % energie využívané k vytápění budov. [5] Pasivní solární zisky jsou maximalizovány vhodnou polohou, orientací a tvarem domu, osazením jižních stran domů vhodnými okny.

3.1.2.2. Aktivní využití sluneční energie

Různé technické systémy, které přeměňují sluneční energii na jinou formu energie, nám slouží k aktivnímu získávání solární energie. K tomuto účelu se využívají dva typy soustav. Prvním typem je soustava se slunečními kolektory, nazývaná také solární termická soustava, která zachycuje tepelnou složku slunečního záření. Druhým typem je soustava fotovoltaická. Díky fotovoltaické soustavě lze sluneční energii přeměnit na energii elektrickou.

3.2. Solární termický systém

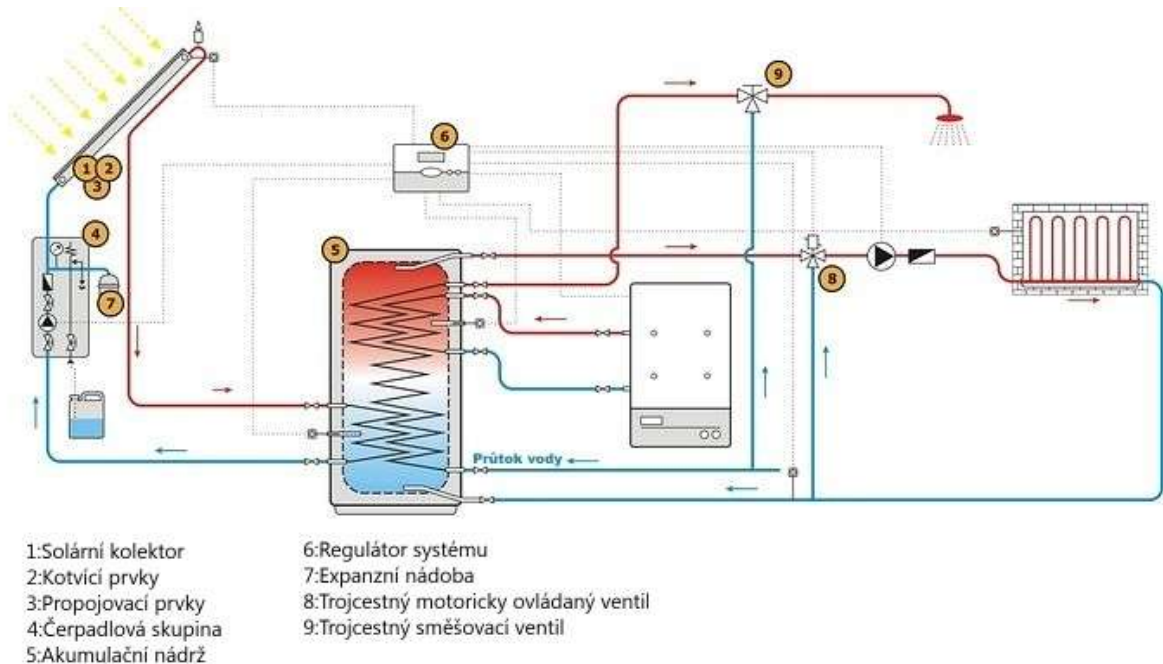
Solární systém se skládá ze tří hlavních částí:

- Solární kolektor
- Akumulační nádrž
- Solární okruh – systém přenosu tepla

Solární systém je možno instalovat dodatečně do již stávajících budov.[5] S výhodou se instalují při výměně ohřívače vody nebo celého otopného systému. Montáž kolektorů na střechu je jednoduchá. Je však nutno uvažovat prostory pro tepelný zásobník a vedení solárního okruhu. [5] Ne vždy jsou však podmínky instalaci do stávajících budov příznivě nakloněny. Nevhodná orientace budovy vůči světovým stranám, stínění okolních budov či stromů jsou faktory, díky kterým je nemožné instalaci solárního systému provést. Dalším

omezujícím faktorem může být nedostatek prostoru na střeše pro montáž kolektorů či bydlení v panelovém domě. Střecha domu by měla mít dostatečnou nosnost, pokud tomu tak není, je možné využít i štítovou plochu, střechu garáže, přístavku i pergoly.

Rozložení spotřeby tepla pokud možno pokrývá roční průběh slunečního svitu, to znamená, že jsou pro tyto instalace vhodnější bytové a rodinné domy, např. školy jsou více problematické, protože v době nejvyšších hodnot slunečního záření jsou nevyužívané, protože děti mají prázdniny.



Obrázek 5: Schéma tepelného solárního systému pro ohřev TUV a přitápění

3.2.1. Solární kolektor

Solární kolektor je zařízení, které absorbuje tepelnou složku slunečního záření. Toto teplo je následně přenášeno teplotnějším médiem do místa spotřeby anebo se uchovává v tepelném zásobníku. Důležitým prvkem kolektoru je absorptér. V absorptéru, nebo na něm jsou připevněny trubky, kterými protéká teplotnějším médium. Aby teplotnějším médium toto teplo z absorptéru dobře odvádělo, musí absorptér i trubky vykazovat dobrou tepelnou vodivost. [5]

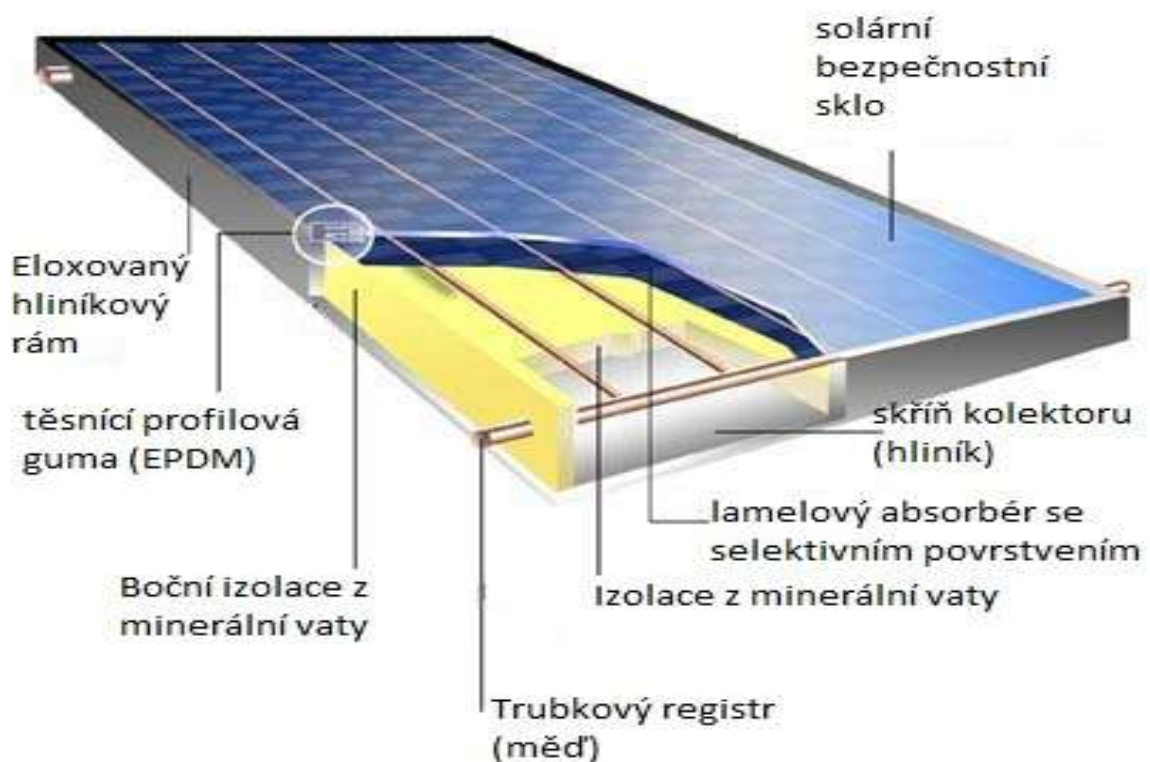
Absorptér je vestavěn do skříně, ze všech stran uzavřen (omezení konvekce), po stranách a na zadní straně dobře tepelně izolované (omezení tepla vedením a vyzařováním), na sluneční straně kryté transparentním krytem (nejčastěji sklem). Transparentní kryt musí sluneční záření dobře propouštět dovnitř, ale tepelné vyzařování absorptéru možná co nejlépe zadržovat (skleníkový efekt). [5] Solární kolektory také mohou mít spektrálně selektivní vrstvu, což je speciální černá barva nebo galvanické pokovování. Tato vrstva způsobuje, že kolektory mají vyšší účinnost a lépe zpracují i difúzní záření. [2]

Kolektory můžeme rozdělit podle charakteru teplotnějším média na kapalinové a vzduchové. Vzduchové kolektory se využívají zejména k přímému vytápění budov.

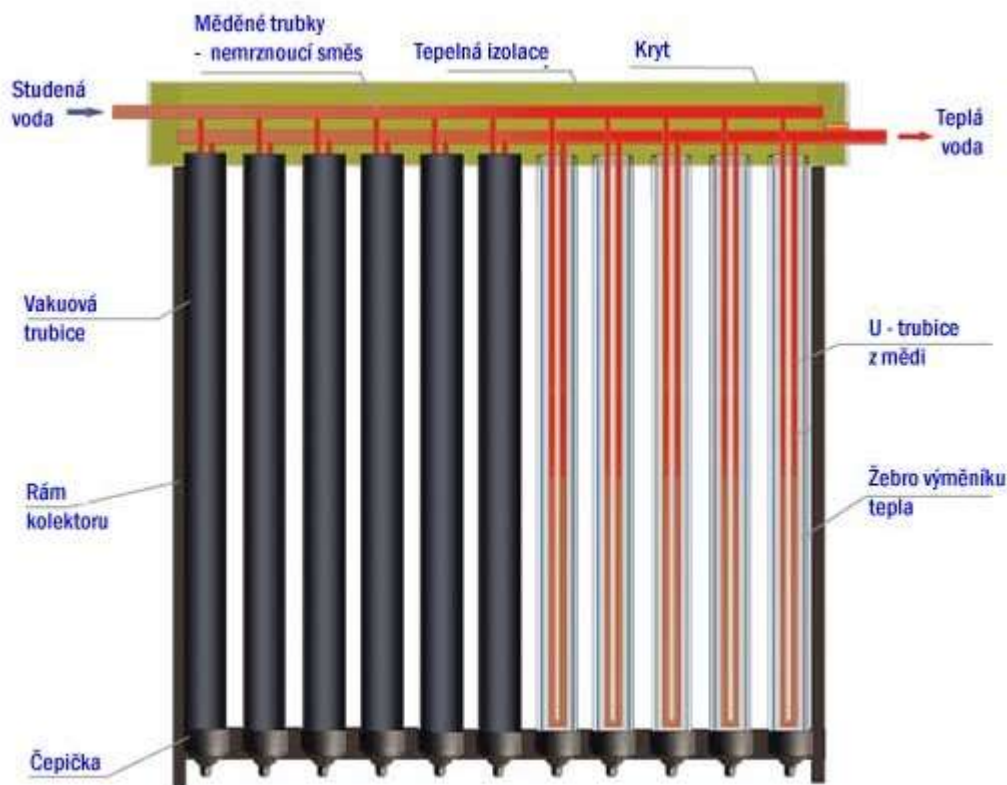
Dále lze kolektory definovat jako ploché nebo trubicové. Ploché kolektory jsou vyobrazeny na Obrázek 6. U plochých kolektorů za zhoršených podmínek, tedy při větším rozdílu teplot v kolektorech a okolí dochází k značnému poklesu účinnosti. [6] Trubicový kolektor, který je

zobrazen na *Obrázek 7*, má absorbér zataven ve vakuové trubici, což snižuje tepelné ztráty a zvyšuje účinnost při vyšších výstupních teplotách. Vakuum je samozřejmě možné použít i u plochých kolektorů. Vakuumě izolované absorbéry pracují i v mrazivých dnech uspokojivě. Vakuumě izolované systémy nemají samorozmrazovací schopnosti, proto je nutné z nich odmetat sníh ručně.

Dále existují také koncentrační kolektory, které jsou sestaveny tak, že záření je koncentrováno čelní nebo odrazovou plochou na menší absorpční plochu, čímž se dosáhne větších teplot. Toto zařízení je sestaveno tak, aby se kolektor natáčel za sluncem. [2] Koncentrační kolektory nachází uplatnění jako průmyslové zdroje horké vody. Pro domácnosti je provoz příliš náročný, stejně tak jako pořizovací investice.



Obrázek 6: Plochý kolektor



Obrázek 7: Trubicový kolektor

3.2.1.1. Umístění solárního kolektoru

Příjem zářivé energie je dán závislostí na světových stranách a na sklonu kolektoru. Proto je vhodné věnovat výběru místa pro umístění kolektoru náležitou pozornost. Největší výtěžky mohou být docíleny, sleduje-li kolektor sluneční dráhu, u koncentrujících kolektorů je to dokonce nutné. [4] Koncentrující kolektory vyžadují speciální konstrukci a montáž na střechu rodinného domu je téměř nemožná.

Zásady při umístování kolektorů: [2, 4]

- Aktivní strana kolektoru by měla být obrácena k jihu. Maximální přípustná odchylka je 45 st. ve směru na východ či západ.
- Doporučený sklon 20° – 90°. Nejefektivnější sklon pro celoroční provoz kolektoru je 40°. V létě by byl vhodný sklon kolektoru 30 ° od vodorovné roviny, v zimě kolem 60 °. Obvykle se jako kompromis volí sklon v rozmezí 35 ° - 45 °.
- Umístit solární kolektor takovým způsobem, aby vznikla co nejkratší dráha vedení směrem k tepelnému zásobníku, kotelně apod.
- Nemělo by dojít k zastínění (např. stromy, okolními budovami apod.)

Orientace zařízení je ideální na jih, případně s mírným odklonem do 45°, jihozápadní směr je výhodnější než jihovýchodní. Je to proto, že maximum výkonu nastává kolem 14. hodiny,

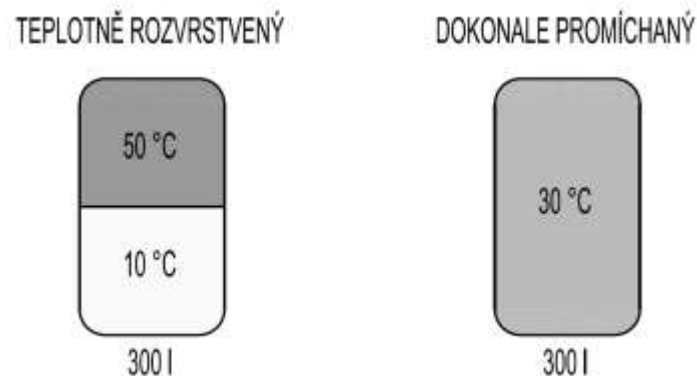
v tuto dobu jsou nejvyšší denní teploty a nejnižší tepelné ztráty kolektorů. Co se týče automatického natáčení kolektorů za sluncem, je to neekonomické. [2]

3.2.2. Akumulační nádrž

U solárních soustav je požadavek na akumulaci dán nestálým přísunem sluneční energie. Akumulační nádrž přejímá od kolektoru přebytečnou energii, kterou musí uchovat pro pokrytí nepravidelné potřeby tepla během dne a během roku.[7] Uvnitř nádrže je umístěn solární výměník tepla, jehož teplosměnná plocha zprostředkovává přenos tepla mezi kolektory a zásobníkem. Nad solárním výměníkem tepla bývá umístěn tepelný výměník dohřívání či elektrické otopné těleso. Solární okruh je tak oddělen od okruhu spotřeby. Kapacita nádrže, resp. jeho potřebný objem se řídí denní spotřebou vody. [4] Objem nádrže a plocha kolektorů musí být v odpovídajícím poměru, aby i v létě nádrž akumulovala zachycenou energii a nedošlo k poškození systému. Z hygienických důvodů je nutné obsah zásobníku zahřát na 72 °C alespoň jedenkrát týdně. [2]

Z hlediska fyzikálních vlastností se u akumulčních nádrží sleduje hustota a účinnost akumulace. Hustotou akumulace se rozumí množství tepla, které je nádrž schopna akumulovat v objemu 1 m³. Preferuje se co nejvyšší hustota akumulace, neboť z ní vyplývá malý objem v prostoru zastavěný nádrží. Účinnost akumulace je poměr mezi využitelnou energií odebranou z akumulční nádrže a dodanou energií. [7]

Pro správnou funkci akumulční nádrže je nutné vytvořit správné vrstvení objemu podle teploty a také toto vrstvení udržet. Teplotní vrstvení (stratifikace) je ovlivňováno především způsobem přívodu a odběru pracovní látky nádrže. [7]



Obrázek 8:Rozdíl mezi stratifikovanou a promíchanou akumulční nádrží[8]

3.2.3. Solární okruh

Solární okruh spojuje jednotlivé části systému a zprostředkovává přenos tepla přijatého kolektorem, které pomocí teplotnosného média přenáší do tepelného zásobníku nebo do místa přímé spotřeby. Solární okruh by měl být konstruován s co nejkratší délkou potrubí, aby nedocházelo k nadbytečným ztrátám, s kvalitní izolací. [2]

K systému přenosu tepla je třeba celá řada komponent:

- Tepelný výměník
- Teplonosné médium
- Potrubí
- Čerpadlo
- Regulační a řídicí zařízení
- Armatury
- Pojistná zařízení

3.2.4. Teplonosné médium

Pro přenos tepla v solárních soustavách z místa zdroje (kolektorů) do místa spotřeby (zpravidla akumulací nádrž) se využívá různých teplonosných látek, nejčastěji vzduchu (vzduchové solární soustavy) nebo kapaliny (kapalinové solární soustavy).

Při celoročním provozu kapalinových solárních soustav je nutné zejména v zimním období chránit soustavu před poškozením mrazem. Tato ochrana se provádí použitím nemrznoucí směsi. Ve většině solárních soustav se jedná o směsi vody a propylenglykolu obsahující také inhibitory koroze.[2] V současné době jsou k dispozici jednak klasicky inhibované směsi pro použití v plochých kolektorech (stagnační teploty pod 180 °C) a jednak pokročilé směsi s kapalnými inhibitory umožňující použití v trubkových vakuových kolektorech (stagnační teploty do 250 °C). Přehled používaných nemrznoucích směsí uvádí *Tabulka 2*.

Tabulka 2: Vybrané teplonosné kapaliny na bázi vodní směsi propylenglykolu [9]

Teplonosná látka	Výrobce	T _t (°C)
Solaren EKO	Velvana, a.s.	-31
Kolektor P Super	Agrimex, s.r.o., Třebíč	-30
Tyfocor L	Tyforop Chemie, GmbH	-50
Tyfocor LS	Tyforop Chemie, GmbH	-28
Antifrogen SOL	Gerling, Holz & CO Handels, GmbH	-34

Teplonosná látka musí splňovat řadu kritérií:

- nízký bod tuhnutí (-25) – (-30) °C
- vhodné fyzikální vlastnosti (viskozita, tepelná kapacita) co nejvíce podobné vodě
- nehořlavost
- ochrana proti korozi
- snášlivost s těsnicími materiály
- netoxická, biologicky rozložitelná
- chemická stabilita
- cenová dostupnost

3.2.5. Pojistná zařízení

V solárním okruhu se dále nachází **expanzní nádoba**, která vyrovnává objemové změny teplonosné kapaliny. Ty probíhají v důsledku tepelné roztažnosti kapalin. Zabraňuje se tak poškození systému a nežádoucímu úniku teplonosné kapaliny přes pojistný ventil. [7]

V soustavách s uzavřeným cirkulačním okruhem se nejvíce využívá tlakové expanzní nádoby s membránou, která odděluje kapalinu a plynový polštář. Membrána musí být stejně jako ostatní součásti odolná vůči působení glykolu v nemrznoucích směsích.

Pojistný ventil nebo také přetlakový ventil se při překročení jistého tlaku automaticky otevře a nechá odtéct část média v okruhu, díky tomu nedojde k poškození či k případnému prasknutí systému. Obvyklé hodnoty otevíracího tlaku bývají v rozmezí 2,5 – 6 bar.[4] Od pojistného ventilu by měl být veden odtok do otevřené záchytné nádrže. V potrubí mezi solárními kolektory a pojistným ventilem nesmí být zařazeny žádné uzavírací prvky. Dimenzování expanzní nádoby a pojistného ventilu se provádí dle celkové koncepce systému.

3.2.6. Možnosti využití solárního termického systému

Solární systémy nacházejí využití především v následujících oblastech [4]:

- Ohřev vody v bazénech
- Příprava TUV
- Solární vytápění – vodní a vzduchové
- Solární chlazení

Důležité je zmínit možnosti využití TUV v domácnosti. Vedle běžného užívání ke sprchování a ručnímu mytí nádobí ji lze využít pro použití v domácích spotřebičích, jako je praní v pračce, mytí nádobí v myčce nebo sušení prádla.

Mimo tyto nejvíce využívané možnosti lze teplo ze solární soustavy využít například k vaření, sušení (potravin nebo sena) nebo destilaci (odsolování mořské vody).

3.2.7. Způsoby provozu solárních soustav

Jsou využívány dva koncepty soustav podle způsobu oběhu teplotonosné kapaliny – systémy se samotížným oběhem a systémy s nuceným oběhem. Solární systém se samotížným oběhem je navržen tak, že k oběhu teplotonosné kapaliny je využito gravitační síly mezi kolektorem a zásobníkem. Změnou teploty kapaliny se mění i její objem, to má za následek změnu její hustoty. Proudění kapaliny v systému je zajištěno rozdílem hustot kapaliny v kolektoru a v tepelném zásobníku. K zajištění funkčnosti tohoto konceptu je nutné umístit zásobník výš než kolektory. Teplá kapalina s nižší hustotou pak stoupá do zásobníku, kde se ochlazuje. Ochlazené médium klesá ke dnu zásobníku a odtud putuje zpět do kolektoru. Teplá voda je ze zásobníku odebírána samospádem. Výhodou tohoto systému je, že ke své funkčnosti nepotřebuje hnací jednotku a tím pádem ani jednotku řídicí. Na druhou stranu má toto zařízení ztíženou regulaci průtoku teplotonosné kapaliny, a tím i horší účinnost. Také úplně vždy není možné umístit akumulární nádrž nad kolektory. Pořizovací náklady zařízení jsou nižší, předností tak může být jednoduchost a nezávislost na vnějším zdroji energie. Zařízení je využíváno především u malých systémů pro sezónní ohřev. Většina moderních kolektorů tento princip nevyužívá. [2]

Naproti tomu u solárních systémů s nuceným oběhem je zapojeno oběhové čerpadlo, které uvádí teplotonosné médium do cirkulace. Výhodou je zde tedy přesná regulace průtoku, což zvyšuje účinnost přenosu tepla. Vlivem hydraulických ztrát dochází ke zmenšení průtoku, tento problém lze vyřešit změnou otáček čerpadla. Zapojení oběhového čerpadla a řídicí jednotky zvyšuje pořizovací náklady systém. Za nevýhodu lze považovat závislost na vnějším zdroji energie, což jednak snižuje spolehlivost systému a také může nepatrně zvýšit náklady na spotřebu energie. [2, 4] Zvýšení spotřeby energie je však údaj individuální a toto posouzení závisí na celkové spotřebě energie v domácnosti.

Podle počtu okruhů můžeme solární systémy dělit na jednookruhové a dvouokruhové. Jednookruhové systémy ohřívají vodu přímo, takže součástí tepelného zásobníku není výměník tepla. Systém tak dosahuje vysoké účinnosti přenosu tepla, což je výhodou. Dalšími výhodami jsou menší náklady na pořízení a jednoduchost. Tyto jednoduché systémy jsou využívány pouze pro sezónní provoz. Důvodem je možnost zamrznutí vody při nízkých teplotách, čímž by došlo k poškození systému. Dalšími nevýhodami jsou značné riziko množení bakterií a řas, zanesení (inkrustace) či koroze systému. [2, 4] Koroze systému nehrozí u sezónních systémů, jejich části jsou kompletně plastové.

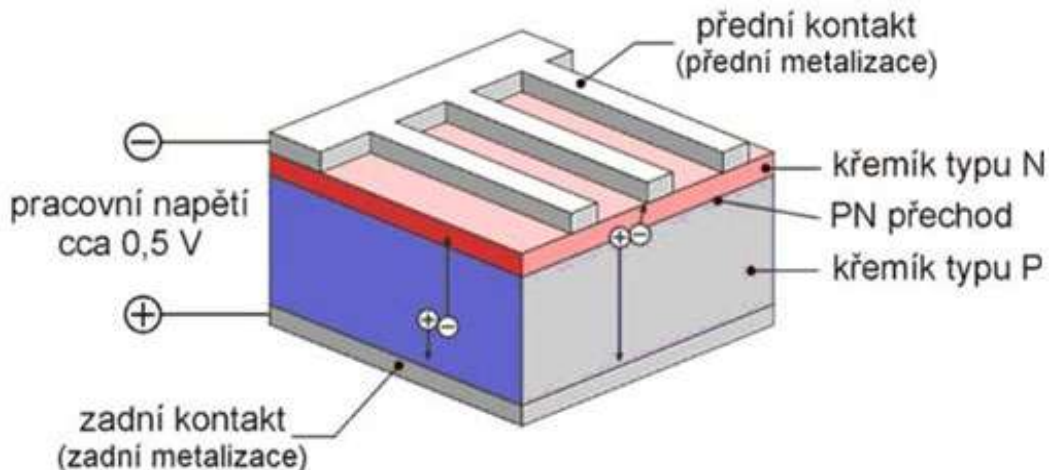
Dvouokruhové solární systémy se používají pro celoroční provoz. Primárním (kolektorovým) okruhem proudí nemrznoucí teplonosné médium od kolektorů do tepelného výměníku. Druhý okruh vede kapalinu od výměníku do místa spotřeby. Oba okruhy jsou na sobě nezávislé. Tlakové oddělení okruhů umožňuje velkou variabilitu zapojení s různými průtoky médií. Nevýhodami jsou vyšší pořizovací náklady a celkově vyšší složitost systému. [6] Velkou výhodou je, jak již bylo zmíněno, celoroční provoz, což z dvouokruhového systému činí nejpoužívanější systém.

3.3. Fotovoltaické systémy

Fotovoltaické neboli solární články je možné využívat díky fotoelektrickému jevu. Energie slunečního záření se v solárních článcích přeměňuje na energii elektrickou a využití tohoto jevu je možné jak pro malé instalace, tak i pro větší zařízení. Výroba energie z fotovoltaických článků je sice závislá na denní době, ročním období, oblačnosti v dané lokalitě, avšak jejich energetický potenciál je opravdu velký. [10]

3.3.1. Solární článek

Základní stavební prvek fotovoltaického systému je solární článek. Jedná se o velkoplošnou polovodičovou součástku, obsahující alespoň jeden PN přechod. Fotovoltaický článek se skládá z tenké destičky monokrystalu či polykrystalu křemíku obsahující příměsi. Destička je z jedné strany pokryta vrstvou polovodiče typu P – prvek s nižším počtem valenčních elektronů (např. bor). Z druhé strany je destička pokryta vrstvou polovodiče typu N – prvek s vyšším počtem valenčních elektronů (např. fosfor) Na obou stranách destičky jsou připojeny elektrody, které odvádějí vznikající stejnosměrný elektrický proud. PN přechod funguje na takovém principu, že na rozhraní materiálů P a N dojde k přechodu části elektronů z vrstvy, kde je jich více, do vrstvy, kde je jich méně a vznikne vrstva s elektrickým polem vysoké intenzity. [10, 11]



Obrázek 9: Princip fotovoltaického článku

Díky poli se dají do pohybu volné nosiče náboje vznikající absorpcí světla. Vzniklý elektrický proud, který je odváděn elektrodami. Solární článek je ozářen a fotony generují elektricky nabitě částice (pár elektron – díra). Vnitřním elektrickým polem PN přechodu jsou některé elektrony a díry separovány. Toto rozdělení náboje způsobuje napěťový rozdíl mezi předním (-) a zadním (+) kontaktem solárního článku. Pokud je mezi oba kontakty připojena zátěž (elektrospotřebič), protéká stejnosměrný proud přímo úměrný ploše solárních článků a intenzitě dopadajícího záření. [10]

Existuje mnoho typů fotovoltaických článků. Nejstarším typem jsou články monokrystalické. Dnes jsou nejběžněji využívaným typem články polykrystalické, jejichž výroba je jednodušší a tím i levnější oproti monokrystalickým.

Články monokrystalické jsou připravovány ve formě tenkých pásků a jejich krystaly jsou v řádu 10 cm. U polykrystalických článků mají krystaly velikost 1 – 100 mm a účinnost těchto článků je nižší než u článků monokrystalických. Existují také články tenkovrstvé z amorfního křemíku obsahující určité množství vodíku. Tyto články jsou však méně stabilní. Další typy článků již nejsou výrazně využívány. Jsou to např. články CIS (CuInSe), články z teluridu kadmennatého, či galiumarsenidu. [10, 11]

Energetická účinnost přeměny slunečního záření na elektřinu ve fotovoltaických člancích je 14 – 16 % a celková využitelnost systému se pohybuje okolo 7 – 11 %. Články z krystalického křemíku – monokrystalické mají účinnost kolem 16 - 19 %.

U polykrystalických článků je účinnost menší – okolo 14 %. Tenkovrstvé solární články z amorfního křemíku se s účinností pohybují kolem 7 %. Články jsou závislé na okamžitém slunečním záření, a tudíž se jejich výkon udává jako „špičkový“ (W_p) při záření s intenzitou $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. [10, 12]

3.3.2. Fotovoltaické panely

Sériovým nebo paralelním elektrickým propojením solárních článků vzniká po jejich zapouzdření solární (fotovoltaický) panel. Sério-paralelní zapojení je takové, aby bylo dosaženo potřebného napětí a proudu pro přímé využití generované elektrické energie. Panel musí být hermeticky zapouzdřen a musí být dostatečně mechanicky a klimaticky odolný. Nejčastěji se na horní stranu panelu dává kalené sklo, které v kombinaci s pevným hliníkovým rámem zajistí mechanickou pevnost a odolnost. [10] Moderní články mají antireflexní vrstvu, která snižuje ztrátu světla odrazem, a zvedne tak účinnost o několik

procent.[10] Solární panely se instalují zpravidla na jižní (nebo jihovýchodní až jihozápadní) stran střechy nebo fasády, případně na volné plochy i na technické stavby, např. protihlukové bariéry. [2]

3.3.3. Fotovoltaický systém a jeho prvky

Solární panel potřebuje ke svému chodu ještě další podpůrné prvky a elektrické spotřebiče. Mohou to být např. akumulátorová baterie, regulátor nabíjení, indikační, zobrazovací, komunikační a měřicí přístroje, nebo také automatické sledovače Slunce. Solární panely spolu s dalšími podpůrnými zařízeními se nazývají fotovoltaický systém. [2]

Které komponenty musí určitý fotovoltaický systém obsahovat, záleží na účelu, ke kterým má systém sloužit. Tato zařízení mají vliv na výslednou energetickou bilanci a pochopitelně taky na cenu systému.

Patří sem:

- akumulátorové baterie
- inventory, transformátory, měniče
- odpojovače zátěže
- pojistná zařízení
- měřicí zařízení
- náhradní zdroje

3.3.3.1. Invertor

Fotovoltaické systémy obsahují napěťový střídač neboli invertor. Panely produkují stejnosměrný proud a určité napětí. Měnič má za úkol vytvořit takový proud a napětí, díky kterým bude možné připojit běžné spotřebiče. Stejnosměrný proud ve střídači je převáděn na střídavý proud a je vytvářeno napětí zpravidla 230 V. Dalšími funkcemi střídače jsou monitorování a regulace napájení sítě. Pokud dojde k poruše v přenosové soustavě, střídač automaticky odpojí solární generátor od sítě. [10]

3.3.3.2. Akumulátorová baterie

Akumulátorové baterie skladují elektrickou energii na dobu, kdy již není dostačující sluneční svit. Jsou nezbytnou součástí většiny systémů typu off-grid. Současně je nutné při použití akumulátory do systému zapojit regulátor nabíjení.

Pro fotovoltaické systémy jsou na trhu nabízeny trakční akumulátorové baterie. Svými vlastnostmi se výrazně se liší od baterie startovací, která proto tyto účely využití ve fotovoltaickém systému není vhodná. Ideální akumulátorová baterie pro fotovoltaické systémy by měla splňovat následující požadavky:

- minimální samovybití
- pracuje s dobrou účinností při malých nabíjecích proudech
- výdrž velkého počtu cyklů (zpravidla 2 000)
- možnost hlubokého vybití
- vyžaduje minimální a jednoduchou údržbu
- dlouhá životnost
- minimální snížení nabíjecích a vybíjecích vlastností při nízkých teplotách

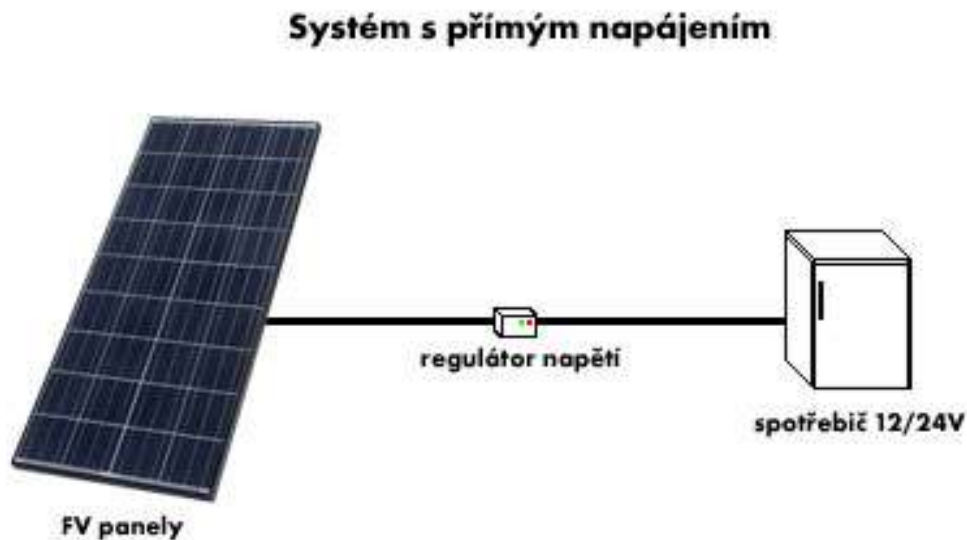
Pro použití ve fotovoltaických systémech jsou nejvíce rozšířeny baterie olověné, pro speciální aplikace jsou vhodné články nebo monobloky nikl-kadmiové (NiCd), případně nikl-železné (NiFe) a v případě aplikací s malým výkonem se nabízí články nebo baterie typu Pb, NiCd, NiMH, Ion-lithiové články a nově alkalické nabíjecí články.

3.3.4. Typy fotovoltaických systémů

Pro systémy, které jsou nezávislé na rozvodné síti, můžeme najít hned několik názvů. Často se nazývají ostrovní systémy, autonomní systémy neboli off-grid. Používají se například tam, kde náklady na vybudování a provoz přípojky jsou vyšší než náklady na fotovoltaický systém a kde je vzdálenost k rozvodné síti více než 500 – 1000 m (v tomto případě mohou být náklady na vybudování přípojky srovnatelné s náklady na vybudování fotovoltaického systému). [11] Tyto případy je vždy nutné posuzovat individuálně. U autonomních systémů je kladen důraz na minimální ztráty energie a na používání energeticky úsporných spotřebičů. [2]

Ostrovní systémy se rozdělují na systémy s přímým napájením, s akumulací elektrické energie a hybridní ostrovní systémy.

Systémy s přímým napájením je možné použít v místech, kde není problém, že elektrická energie je vyráběna a k dispozici pouze v době svitu. Jde o propojení solárního panelu a spotřebiče. Příkladem je čerpání vody pro závlahu, napájení oběhového čerpadla solárního systému pro ohřev teplé vody, pohon protislunečních clon nebo nabíjení akumulátorů malých přístrojů jako mobilní telefon, notebook nebo svítidla. [2, 10]

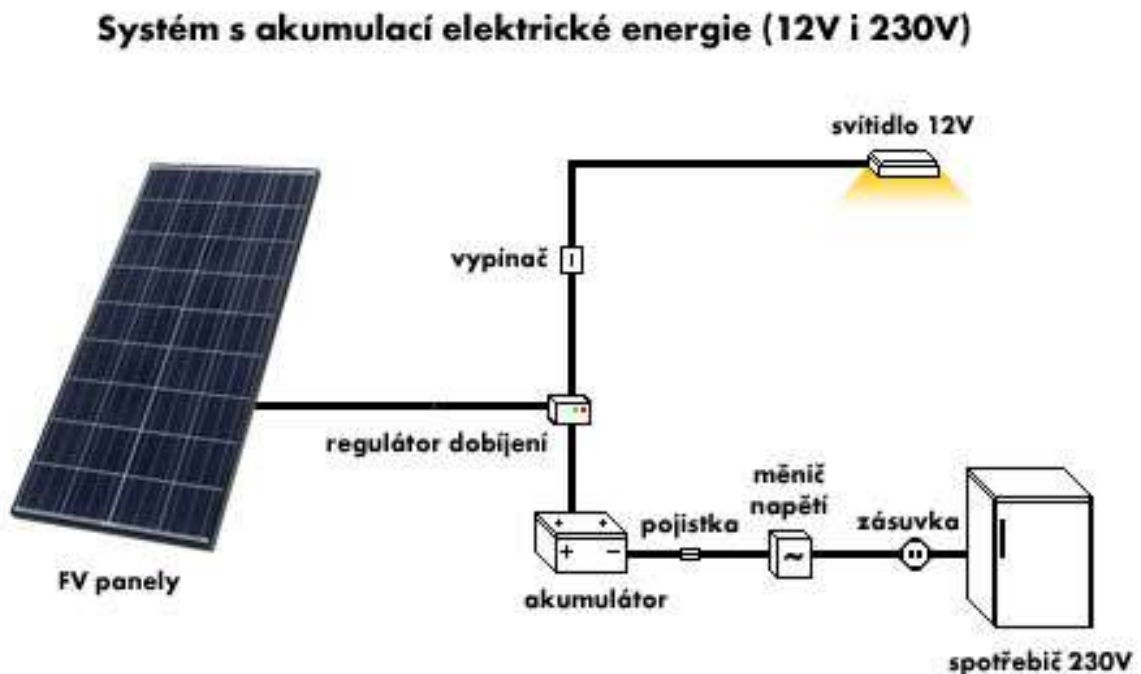


Obrázek 10: Schéma grid-off systému s přímým napájením [13]

3.3.4.1. Pokud není doba, po kterou je k dispozici energie ze solárních panelů, totožná s dobou, kdy nastává největší spotřeba, využíváme systém s akumulací energie. O tomto typu bylo již pojednáno v kapitole 3.3.3.2 Akumulátorová baterie

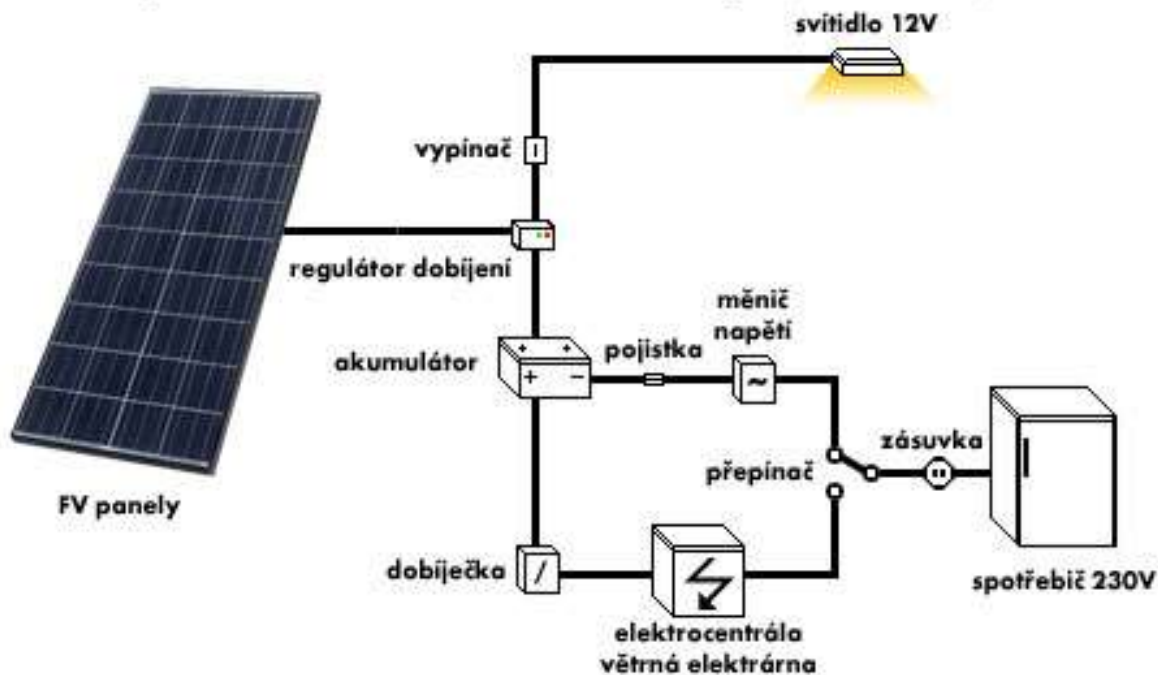
Schéma systému s akumulací energie je uvedeno na *Obrázek 11*.

Hybridní systémy jsou využívány pro celoroční provoz. Tyto systémy musí být navrženy pro letní i zimní provoz současně, což je velmi obtížné. V zimních měsících není možné získat z fotovoltaického zdroje tolik elektrické energie jako v letních měsících. Proto je nutné tyto systémy navrhovat na zimní provoz, což má za následek zvýšení potřeby výkonu panelů a tím i podstatné zvýšení pořizovacích nákladů. Výhodnější alternativou je rozšíření systému doplňkovým zdrojem elektřiny. Ten kryje potřebu elektrické energie v obdobích s nedostatečným slunečním svitem. Schéma hybridního systému uvádí *Obrázek 12*.



Obrázek 11: Schéma grid-off systému s akumulací elektrické energie [13]

System s akumulací elektrické energie (12V i 230V)



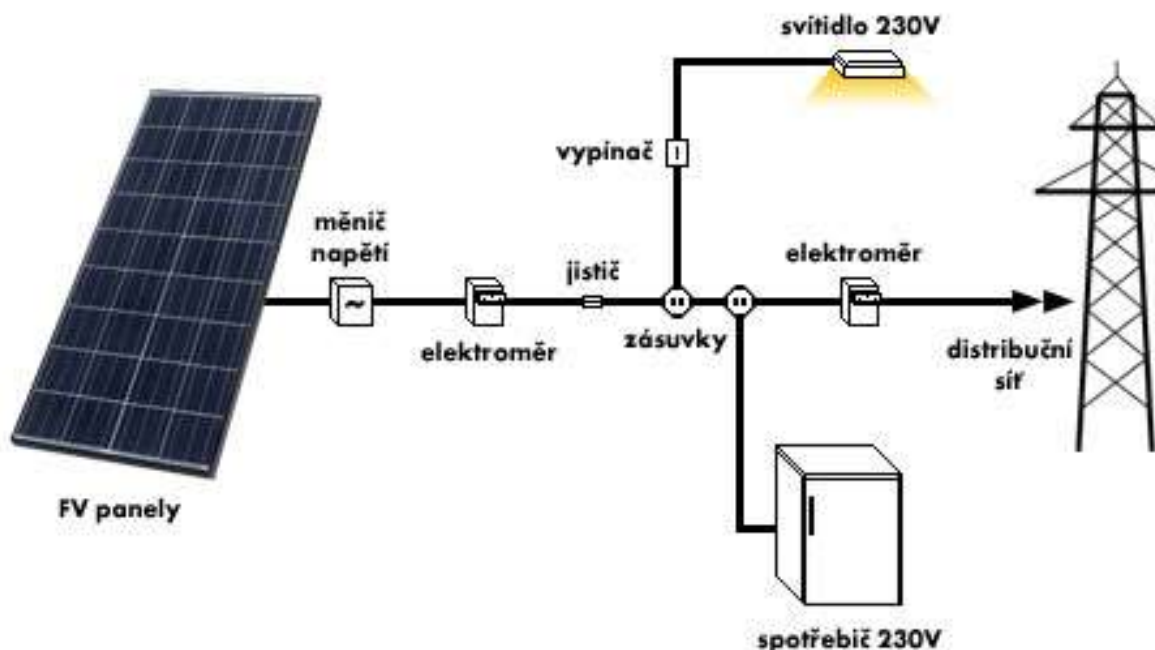
Obrázek 12: Schéma hybridního off-grid systému [13]

Dalším typem jsou fotovoltaické systémy připojené k distribuční síti tzv. on-grid systémy. Důvodem pro pořízení fotovoltaické elektrárny jsou úspory potažmo i zisk, který může z takové investice plynout.[13] Může se jednat o menší systémy připojené na síť budované na rodinných domech nebo na průmyslových objektech, jejichž výkon se pohybuje zpravidla v řádech jednotek až desítek kW_p nebo o tzv. solární parky – velké systémy o výkonech v řádech desítek kW_p až stovek MW_p. [11] Systém připojený na síť obsahuje fotovoltaické panely připojené na napěťový měnič pro přeměnu stejnosměrného proudu na proud střídavý a zvláštní elektroměr pro odpočet energie vyrobené fotovoltaikou. Celý tento okruh je připojen na samostatný jistič a přepětíovou ochranu do rozvaděče v daném objektu.[13]

Moderní síťové měniče renomovaných výrobců se samy automaticky zřazují se sítí a při poklesu napětí v síti se z bezpečnostních důvodů automaticky odpojí, aby do odstavené sítě nedodávaly elektrické napětí a proud. [14] Solární systém je připojen za hlavní elektroměr z pohledu distribuční společnosti. Je tedy možné dodávat energii spotřebičům v objektu a tím šetřit náklady na odebranou elektřinu. Nebo ji v případě přebytků přes hlavní čtyřkvadrantní elektroměr předáme automaticky do sítě. V obou případech je za vyrobenou elektřinu inkasován tzv. zelený bonus, v případě prodeje přebytků do sítě. [13]

Pokud nedostačuje vlastní solární zdroj k pokrytí spotřeby v budově, je elektrická energie odebírána přes elektroměr z rozvodné sítě. Systém funguje zcela automaticky. Připojení k síti podléhá schvalovacímu řízení u rozvodných závodů. [10]

System pro vlastní spotřebu a prodej přebytků do sítě



Obrázek 13: System pro vlastní spotřebu a prodej přebytků do sítě (On-grid systém)[13]

3.4. Kombinovaný solární systém [15]

Pod pojmem kombinovaný solární systém si lze představit kombinaci termického solárního systému a fotovoltaických solárních článků. Způsobů kombinace těchto dvou systémů je několik.

- Termický solární systém a fotovoltaický systém s dodávkami do sítě
- Termický solární systém a fotovoltaický systém pro domácí spotřebu
- Termický solární systém a fotovoltaický panel jako pomocný prvek

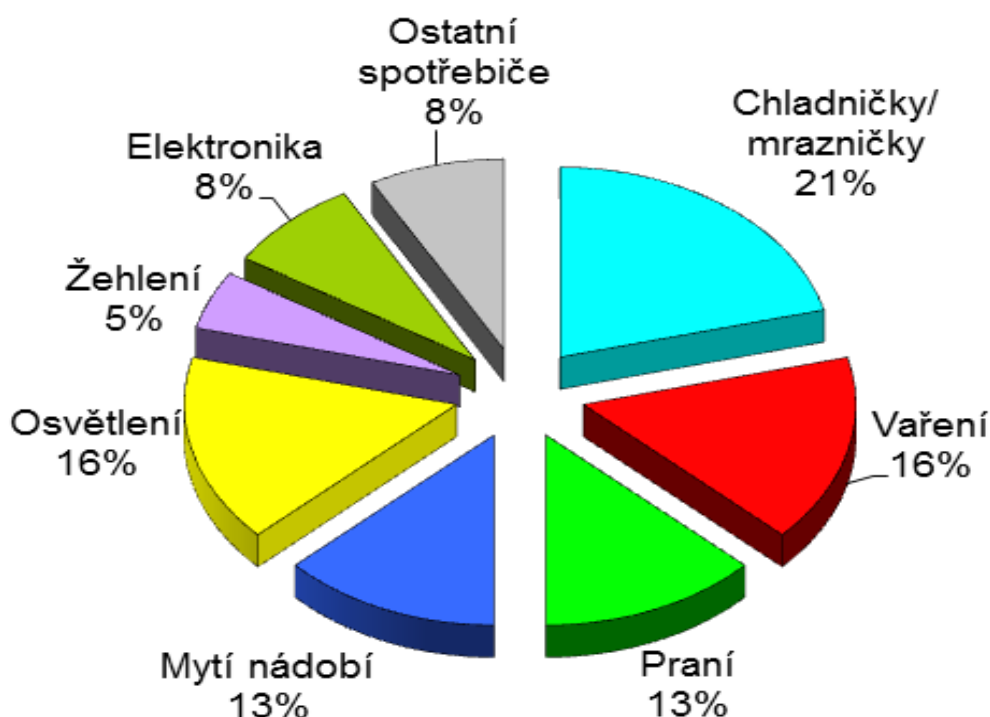
První provedení počítá s plným pokrytím spotřeby elektrické a tepelné energie v domácnosti a přebytky elektrické energie jsou dodávány do sítě. Současně je toto provedení nejnáročnější na pořizovací náklady a instalaci. Při instalaci na již stojící rodinný dům je třeba počítat i se zásahem do elektroinstalace domu a nákupem komponent (střídač napětí), které dovolí dodávat bezpečně elektrickou energii do rozvodné sítě.

Druhé provedení počítá pouze s domácí spotřebou elektrické energie a plným pokrytím požadavků na elektrickou energii termického solárního systému. Lze jej řešit několika způsoby. Fotovoltaický systém je instalován jako primární zdroj elektrické energie a ze sítě je dodávána elektrická energie pouze v případě nedostatku energie z panelů. Další možností je mít oddělené systémy, tedy dvojí elektroinstalaci. Toto zapojení se však v praxi kvůli složitějšímu zapojení příliš nepoužívá. Ačkoliv ve druhém případě odpadá komplikace napojení na veřejnou elektrickou síť, i v tomto případě je třeba osadit poměrně velkou plochu fotovoltaickými panely a pořídit komponenty pro úpravu napětí, abychom mohli s elektřinou zacházet, jak jsme zvyklí. Nejzajímavější kombinace z hlediska náročnosti na pořizovací náklady a instalaci je poslední možnost.

3.5. Spotřeba energie v domácnosti

V domácnosti každého z nás nalezneme spoustu zařízení, která dennodenně využíváme, ale v podstatě nemáme žádný přehled o tom, jak velký podíl na celkové spotřebě představuje jejich provoz. Správný výběr a užívání spotřebiče vede k úspoře finančních nákladů. I nový spotřebič může totiž při špatném používání zvýšit spotřebu elektřiny. [16]

Průměrná roční spotřeba české domácnosti činí 2 500 kWh. To zhruba odpovídá množství elektřiny dodané do bytu, kde žijí 2-3 osoby, používají běžné elektrické spotřebiče, avšak nevyužívají elektrický ohřev vody. [17]



Obrázek 14: Rozložení spotřeby elektrické energie v domácnostech [16]

3.6. Spotřebiče v systému solárních technologií

3.6.1. Spotřebiče v systému termických soustav

Malé domácí spotřebiče (zejména pračky a myčky) běžně používané v domácnosti využívají obvykle k mytí a praní studenou vodu, která je následně ohřata odporovým tělesem spotřebiče na požadovanou teplotu zvoleného pracího či mycího programu. K ohřevu vody na požadovanou teplotu tak slouží elektrická energie. [18] Spotřebu elektrické energie pro cyklus praní či mytí lze snížit napojením na solární termický systém popřípadě rozvod teplé vody. Zejména v letních měsících lze elektrický ohřev vody díky hojnosti slunečního záření téměř vyloučit. [19]

Zde je uveden výčet spotřebičů, které je možné využít v systému solárních technologií:

- pračky
- myčky
- sušičky
- klimatizační zařízení

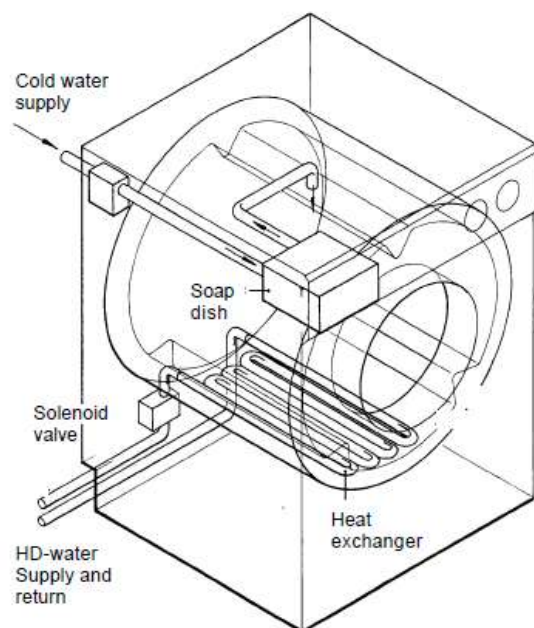
3.6.1.1. Možnosti zapojení spotřebičů k okruhu spotřeby solárního systému

Velká část (70 – 90%) elektrické energie spotřebované pračkou je využito k ohřevu vody, prádla a samostatného těla pračky. [18] Část spotřebované elektrické energie může být nahrazena, tak že pračku budeme plnit solárně ohřátou vodou. K solárnímu systému popřípadě rozvodu teplé vody může být také (vhodnou hadicí pro teploty do 60 °C) přímo připojena i myčka.

Připojením domácích spotřebičů na teplou vodu ze solárního termického systému se předpokládá také zvýšení účinnosti solárního zařízení. [20] Pravidelným odběrem teplé vody zajistíme dostatečný teplotní rozdíl mezi solárním okruhem a zásobníkem solárně ohřáté teplé vody, tím zamezíme stagnaci systému a zajistíme lepší účinnost solárního systému. [19]

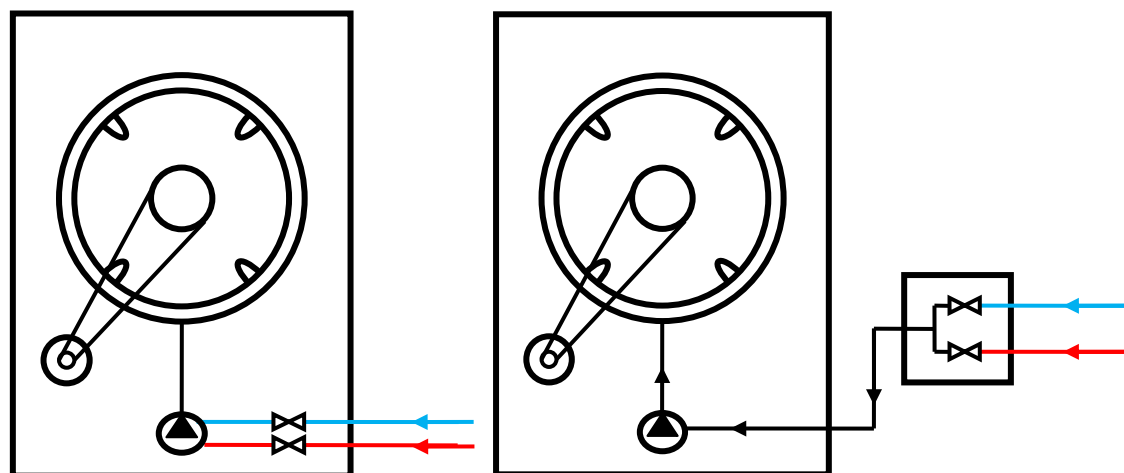
Možností zapojení pračky do okruhu spotřeby solárního systému je více. U prvního způsobu připojení je pračka přímo plněna teplou vodou z tepelného zásobníku nebo z dálkového vytápění. Taková pračka musí mít dva vstupy na vodu – vstup na vodu teplou a vstup na vodu studenou. Automatické pračky se dvěma vstupy si automaticky regulují vstup studené a teplé vody, což umožňuje jejich ekonomicky nejušpornější provoz. Instalace pračky se dvěma vstupy k solárnímu systému je nejsnazší a nevyžaduje žádné speciální vybavení. Zegers a Molenbroek ve své práci [21] uvádí potřebnou teplotu vstupní vody vyšší než 50 °C.

V druhém způsobu zapojení pračky je do pračky přiváděna studená voda z vodovodní sítě (stejně jako je tomu u běžného zapojení pračky), ta je následně ohřívána teplem přes tepelný výměník zabudovaný do těla pračky, který je napojen na solární systém. Koncept zapojení teplé vody přes tepelný výměník (trubka v trubce) zabudovaný v pračce využívá k zapojení dvě trubky.[18, 21] Instalace tohoto typu zapojení je složitější a vyžaduje přímý zásah do těla pračky. Toto zapojení sebou nese výhodu možnosti připojení nejen k solárnímu systému, ale například i k dálkovému vytápění nebo teplenému čerpadlu.[20] Tento typ vykazuje vyšší úspory elektrické energie než zapojení s přímým plněním teplou vodou, ale je náročnější z hlediska počáteční investice.[18, 22]



Obrázek 15: Pračka s tepelným výměníkem [21]

Dnes jsou nejvíce rozšířené pračky, které mají připojení pouze na studenou vodu. Pokud nechceme provádět zásahy do těla pračky, existuje ještě jedna možnost zapojení. U takových spotřebičů je k zapojení do okruhu spotřeby nezbytný předřadný přepínací přístroj, který v případě potřeby zvolí teplou vodu. [19]

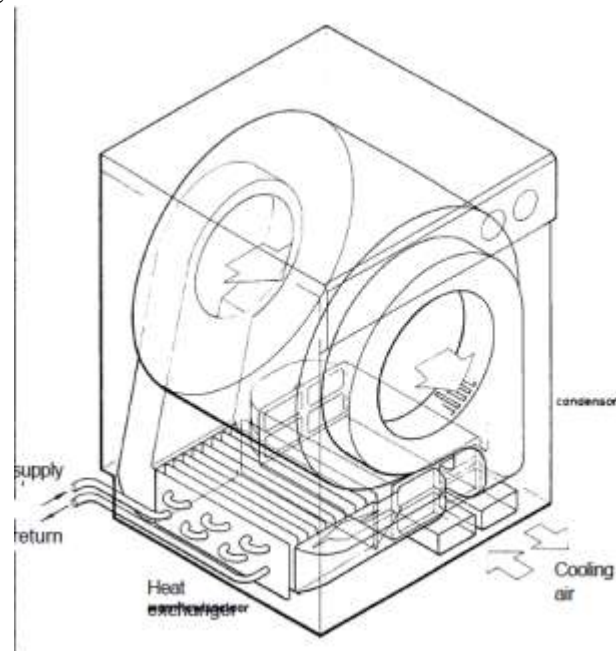


Obrázek 16: Schéma pračky s přípojkou na teplou i studenou vodu a pračky s předřadným zařízením [18]

Možnost zapojení myčky do okruhu spotřeby uvádí T. Persson ve své práci [18]. Jedná se o prototyp se zabudovaným výměníkem tepla. Princip je stejný jako u praček – teplo ze solárního systému je předáváno studené vodě z vodovodní sítě přes teplosměnou plochu

výměníku umístěného v těle spotřebiče. Mimo tento typ se zabudovaným výměníkem existuje možnost pořídit si myčku se dvěma vstupy vody – teplou a studenou.

U sušiček existuje jediná možnost zapojení a to přes výměník tepla. Tento koncept uvádí ve své práci [21] Zegers a Molenbroek.



Obrázek 17: Susšička s tepelným výměníkem [21]

3.6.1.2. Pračky

Důležitým parametrem domácích spotřebičů je jejich spotřeba energie. Pračka je spotřebič, který je v běžné domácnosti v provozu pravidelně několikrát týdně. Významně proto ovlivňuje celkovou spotřebu elektřiny v domácnosti. V případě pračky se k výdajům na spotřebu elektrické energie připojují i náklady na spotřebu vody. Kolik energie a vody pračka spotřebuje, ukazuje zařazení do kategorie energetické třídy od A +++ (nejúspornější) po E (nejméně úsporná). [23] Energetická třída je na spotřebiči viditelně označena energetickým štítkem – *Obrázek 18*. Moderní modely šetří výrazně energií zejména oproti starým spotřebičům. U praček hledejte energetickou třídu A+++, což je v současnosti nejvyšší energetická třída na trhu. Dále je vhodné vybírat pračky s třídou účinnosti odstředování A. Energetická náročnost praček se srovnává podle množství spotřebované energie (v kWh) a vody (v litrech) za rok - na základě 220 standardních pracích cyklů s programy bavlna 60 °C a 40 °C s celou a poloviční náplní a spotřeby v režimech s nízkou spotřebou energie. Skutečná spotřeba však závisí na způsobu používání pračky. Například snížením prací teploty z 90 °C na 60 °C a použitím účinnějších pracích prostředků lze ušetřit až 25 % energie.

Energeticky nejúspornější pračky jsou vybaveny elektronickým systémem, který řídí průběh celého pracího cyklu (praní, máchání a odstředování), čímž dosáhne optimálních hodnot spotřeby energie, vody a pracích prostředků. Z hlediska ekonomického je populární také funkce časová předvolba. Kde je možnost nastavit praní na noční hodiny a využít tak snížených tarifů nočního proudu (v případě sníženého nočního tarifu). [24] Tato časová předvolba hraje významnou roli v případě připojení TUV ze solárního systému k pračce a to z důvodu toho, že největší intenzita slunečního svitu nastává v době, kdy většina pracujících obyvatel není doma.

Nový štítek



Číslo nařízení

Jmenovitá kapacita pračky

Pračky

Nové pračky (a kombinace pračky a sušičky) musí být od 20. prosince 2011 vybaveny novým energetickým štítkem.

Výrobce a model

Třída energetické účinnosti

Vážená roční spotřeba vody

(založená na 220 standardních pracích cyklech ročně a praní při 60°C a 40°C a s poloviční náplní)

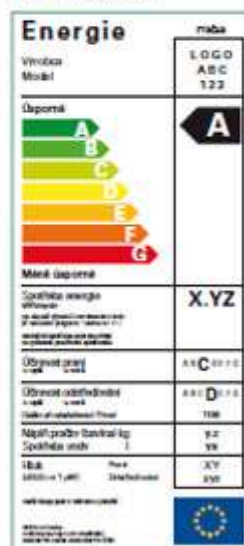
Roční spotřeba energie

(založená na 220 standardních pracích cyklech ročně a praní při 60°C a 40°C a s poloviční náplní)

Úroveň emisí hluku při praní (nahore) a odstředování (dole)

Třída účinnosti sušení odstředováním

Původní štítek



Obrázek 18: Energetický štítek [23]

Větší poptávka je v dnešní době po pračkách pouze se vstupem na studenou vodu, proto pračky se dvěma vstupy nejsou na trhu tolik rozšířeny jako pračky s jedním vstupem. Následující *Tabulka 3*: Parametry pračky Miele W 5841 WPS Allwater [25]3

*Tabulka 44**Tabulka 55* udávají parametry praček se dvěma vstupy vody, které jsou dostupné na českém trhu. Uvedené typy mohou mít také přípojku pouze na vodu studenou. Při výběru je proto nutné se doptat na jednotlivé výrobky a jejich výrobní kódy.

Tabulka 3: Parametry pračky Miele W 5841 WPS Allwater [25]

Výrobce	Miele
Typ	W 5841 WPS Allwater
Energetická třída	A+++
Účinnost pracího výkonu	A
Účinnost odstředování	A
Náplň prádla (kg)	1- 7
Otáčky (ot./min)	400 – 1600
Hodnoty spotřeby na běžný prací cyklus	
voda (l)	55
energie (kWh)	1,05
Rozměry (V x Š x H) (cm)	85 x 59,5 x 61,5
Cena (Kč)	
původní	39 990
miele outlet	29 000

Tabulka 4: Parametry pračky Candy EVO 1272 DHC [26]

Výrobce	Candy
Typ	EVO 1272 DHC
Energetická třída	A++
Účinnost pracího výkonu	A
Účinnost odstředování	B
Náplň prádla (kg)	7
Otáčky (ot./min)	1200
Hodnoty spotřeby na běžný prací cyklus	
voda (l)	55
energie (kWh)	1,05
Rozměry (V x Š x H) (cm)	89 x 60 x 52-60

Tabulka 5: Parametry pračky Whirlpool AWO/C 6204 [27]

Výrobce	Whirlpool
Typ	AWO/C 6204
Energetická třída	A++
Účinnost pracího výkonu	A
Náplň prádla (kg)	6
Otáčky (ot./min)	1200
Hodnoty spotřeby na běžný prací cyklus	
voda (l)	49
energie (kWh)	-
Rozměry (V x Š x H) (cm)	84,5 x 59,5 x 52

3.6.1.3. *Proces praní*

Prací proces můžeme rozdělit na několik za sebou jdoucích kroků. Během jedné vsázky se několikrát napouští voda, prádlo se několikrát odstředí, probíhá proces namáčení, ohřevu, máchání, sprchování a závěrečné odstředování. Při praní má buben otáčky asi 50 min^{-1} , při odstředování až 1600 min^{-1} . Prací program je řízen různými typy regulátorů a bývá vybaven různými systémy pro úsporu vody a pracích prostředků. Úroveň hladiny je kontrolována tlakovým snímačem hladiny, tlakový spínač je spojen s vanou pračky trubicí s oddělovací vzduchovou tlakovou komorou. Stoupne-li hladina lázně, vzroste i tlak ve snímači hladiny a příslušný kontakt se rozpojí. Tlakový spínač je využit i jako ochrana před zapnutím topení, jestliže ve vaně není dostatečné množství vody. Všechny tyto informace se zároveň zpracovávají v mikroprocesoru, který celý program řídí. [28]

Do bubnu pračky teče voda dovnitř k prádlu otvory, které jsou na bubnu. Důležité je, aby otvory byly hladké a nepoškozovaly tak prádlo. Voštinový buben – patent firmy Miele, je jiný. Stěna nerezového vnitřku má po celém obvodu voštinu připomínající prolisky s maličkými otvory v rozích. Tím se na vnitřním povrchu bubnu udržuje vodní film, který umožní rozvolňujícím se kusům prádla rovnoměrné a šetrné rozložení při odstředování tak, aby nedocházelo k vibračním následkům nevyváženosti náplně. [29]



Obrázek 19: Voštinový buben

Pro zvýšení efektivity praní a mytí je důležité vědět chemické složení znečištění. Nejčastěji jsou na textiliích, nádobí apod. přítomny směsi tuků a bílkovin, ve kterých jsou zachyceny nejrůznější nečistoty (prach, tělní tuk, šupinky kůže, olej, zbytky potravy apod.). Tukové částice z textilií a jiných povrchů, nelze odstranit pouze vodou. Je to dáno tím, že tuk se s vodou nemísí, ani se ve vodě nerozpouští. Je tedy důležité použít vhodný prostředek.

Detergenty (čistící látky) uvolňují ze špinavých materiálů částice nečistot a vytvoří tak stálou emulzi, díky níž nedojde k opětovnému usazování emulgovaných nečistot na povrchu.

Nečistoty jsou obklopeny tenzidovou emulzí a odplaveny proudící vodou. Proto je po skončeném praní či mytí velmi důležité opláchnutí či vymáčení.

Změkčovače obsažené v pracích prostředcích šetří nejen mechanismus pračky, ale mají také příznivý vliv na prádlo. Zabraňují vysrážení a usazování vodního kamene na prádle, který způsobuje šednutí a ztrátu jemnosti. Dále by měly mít schopnost na sebe vázat minerály, které jsou součástí skvrn a nečistot.

3.6.1.4. *Ekonomické praní*

Zde uvedeme některé tipy, jak lze dosáhnout ekonomického praní [30]:

- **Používat nový model pračky** – má nižší spotřebu oproti starým pračkám.
- **Prát pouze špinavé prádlo** – mnohdy stačí prádlo vyvětrat či vyslunit a není nutno je tak často prát.
- **Plně využívat kapacitu pračky** – pereme pokud prádlo naplní celý buben pračky.
- **Správně zvolit prací program** – pro běžně znečištěné prádlo stačí prát při teplotě 40 °C až 60 °C. Praní při 90 °C používat jen výjimečně pro prádlo nemocných a kojenců. Optimální teplota pro praní funkčního prádla je 30 °C.
- **Optimálně dávkovat prací prostředek** – dávkování závisí především na tvrdosti vody. Nadměrné dávkování prádlo nevypere lépe, naopak mohou na prádle ulpět zbytky pracího prostředku. Útroby pračky se mohou pokrýt bakteriálním filmem a v důsledku toho může pračka i prádlo začít zapáchat. [31]
- **Nepoužíváte předpírku** – stačí, když silně znečištěné prádlo namočíme přes noc.
- **Prací prostředek dávkovat přímo do bubnu pračky** – umožňuje snížení dávky až o třetinu.
- **Vzdát se aviváží a optických rozjasňovačů** – jsou obtížně biologicky odbouratelné. Měkkosti a bělejšího prádla lze dosáhnout přidáním octa namísto aviváže.
- **Rozvržení prací doby – prát za zvýhodněný tarif** (specifikum ČR).
- **Vyčistit filtr** odtokové vody – alespoň 2x ročně.
- **Přivádět již přehřátou vodu** – pokud to typ pračky dovoluje, je výhodné přivádět do ní již vodu přehřátou (v ideálním případě slunečními kolektory nebo tepelným čerpadlem).
- **Třídít prádlo** nejen podle barvy a materiálu, ale i podle stupně znečištění. Prací prostředky pro bílé prádlo obsahují bělicí přísady, způsobují tak blednutí barevného prádla a zbytečně zatěžují životní prostředí.
- **Snížit počet otáček** – velmi vysoké otáčky (nad 1000 ot./min) použijte pouze v případě následného použití sušičky prádla
- Důležité je i umístění pračky, pokud je pračka umístěná na nerovné podlaze, doba odstředování se výrazně prodlouží, čímž se zároveň zvýší spotřeba energie a naopak sníží životnost pračky. [32]

Klíčovou složkou určující cenu várky prádla, je teplota. [32] Vyprání jedné várky na 60 °C stojí okolo 8,-Kč. Při praní na 90 °C se spotřebuje o 35 % více energie, naopak při 40 °C bude celková spotřeba energie o 20 % nižší. [24] Podrobnější ekonomický přehled nabízí *Tabulka 6*. Ekonomika pracího cyklu by měla být v praktické části ověřena.

Tabulka 6: Cena, kterou zaplatíte za vyprání jedné 5kg várky prádla, 2009 [32]

Teplota [°C]	Moderní pračka [Kč]	Starší pračka [Kč]
40	3,50 – 6	7 – 10
60	5 – 9	8 – 13
90	7,50 – 15	10 – 19

* Do celé kalkulace výpočtu ceny pro vyprání jedné várky prádla je nutné ještě připočíst cenu za prací prostředky. Ta se pohybuje v rozmezí 5–10 Kč na jednu dávku.

3.6.2. Spotřebiče v systému fotovoltaických soustav

Při návrhu fotovoltaických systémů je nutné si nejdříve ujasnit, které spotřebiče budete využívat a kolik hodin denně. Následně je možné spočítat, kolik energie budete vlastně potřebovat.

K ostrovnímu systému lze připojit spotřebiče napájené stejnosměrným proudem (napětí systému bývá zpravidla 12 nebo 24 V). Pro napětí 12 V se jedná o osvětlení, televizory, chladničky. U osvětlení jsou vhodné LED žárovky, které mají nízký příkon.

Pokud je ve fotovoltaickém systému napěťový střídač lze zapojit běžně napájené síťové spotřebiče 230 V/~50 Hz – pračky, myčky, vařiče, televizory. Je vhodné volit spotřebiče s nižším příkonem, aby potřeba elektrické energie nebyla příliš vysoká. Mohou nastat potíže při zajištění aktuálních požadavků na činný příkon při rozběhu spotřebičů. To znamená, že v případě, že se zapnou, jejich aktuální činný výkon vystoupá do vysokých hodnot, což by mohlo ohrozit měnič napětí. Nejproblematictějším běžným spotřebičem v tomto ohledu jsou kompresorové chladničky. [33]

Družstevní závody Dražice nabízí také fotovoltaické ohřivače vody. Tyto zásobníkové ohřivače OKFE AC/DC používají na ohřev vody dva zdroje elektrického proudu. Akumulační ohřivače vody s kombinovaným ohřevem pomocí AC a DC proudu mohou být použity na ohřev vody jen pomocí AC proudu ze sítě nebo jen DC proudu z fotovoltaických panelů anebo současně, při různých kombinacích nastavení teplot pomocí dvou samostatných termostatů. [34] Tento vynález je patentován dle [35]

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1. Reálný systém - kombinovaná solární soustava Vracov

Solární soustava, na které je studována ekonomika provozu malých spotřebičů, je nainstalována v trvale obydleném rodinném domě v obci Vracov, která leží mezi obcemi Kyjov a Veselí. Územně-správním celkem je Jihomoravský kraj. Přesná zeměpisná poloha obce je určena souřadnicemi GPS, konkrétně 48°58'30.83"N, 17°12'39.59"E.

Kombinovaná solární soustava Vracov je navržena a dimenzována pro přípravu teplé vody a podporu vytápění v přechodném období roku. Těmto požadavkům odpovídá sestavení systému z jednotlivých komponent.

4.1.1. Kolektorové pole

Kolektorové pole sestává z plochých vakuových kolektorů Heliostar H400V CF (celkem 6 kusů). Kolektory jsou produktem slovenské firmy Thermosolar Žiar nad Hronom.

Je nutno uvést, že výrobce používá označení „vakuové ploché kolektory“, které není zcela přesné. Po nainstalování kolektoru je ve skutečnosti v prostoru absorberu vytvořen vysoký podtlak dosahující hodnoty přibližně 100 Pa. Pro kontrolu podtlaku kolektoru slouží tlakoměr, který je umístěn na servisní trubce. Skříň kolektoru je vyrobena z nekorodujícího plechu lisováním za studena. Absorbér lisovaný z Al-Mg plechu je upevněn uvnitř skříně. Na povrchu absorberu je nanášena vysoce selektivní vrstva na bázi oxidu hlinitého, který je zbarven koloidním niklem. Teplonosná kapalina protéká absorberem skrze měděné trubky. V systému je použita teplonosná kapalina typu Solaren (Velvana a.s., Velvary ČR).

4.1.2. Akumulační nádrž

Solární bojler je výrobkem firmy ROLF, typ Antikor SOL 300. Celkový objem bojleru je 300 l. Boiler je vybaven vinutým trubkovým výměníkem, plochým dohřívacím výměníkem, topnou elektrickou spirálou a anodickou ochranou. Celkový objem akumulační nádrže činí 1250 l. Jedná se o unikátní výrobek firmy Solartop Nové město na Moravě. Z důvodu minimalizace tepelných ztrát sestává provedení izolace z polystyrénových desek o tloušťce 30 + 5 cm.

4.1.3. Ostatní komponenty

Prvky soustavy spojuje potrubím z měděných trubek o celkové délce 80 metrů. Nezbytným bezpečnostním prvkem je správně dimenzovaná expanzní nádrž, která vyrovnává změny tlaku v solárním okruhu při přehřátí teplonosné kapaliny v době stagnace soustavy. Cirkulaci teplonosné kapaliny a teplé vody zajišťují oběhová čerpadla WILO.

Teplonosná kapalina předává své teplo do studené vody skrze vinutý trubkový výměník z nerezové oceli zabudovaný přímo v solárním bojleru ROLF anebo přes deskový tepelný výměník SWEP, který předává teplo do okruhu akumulační nádrže. Tímto způsobem je oddělen solární okruh od okruhu spotřeby.

Pro dny s nedostatečným slunečním svitem je k dispozici plynový kotel Dakon o špičkovém výkonu 25 kW. Kotel má elektronicky upravenou topnou křivku s optimem při 12 kW a do regulačního systému je připojen jako řízený.

4.1.4. Regulace soustavy

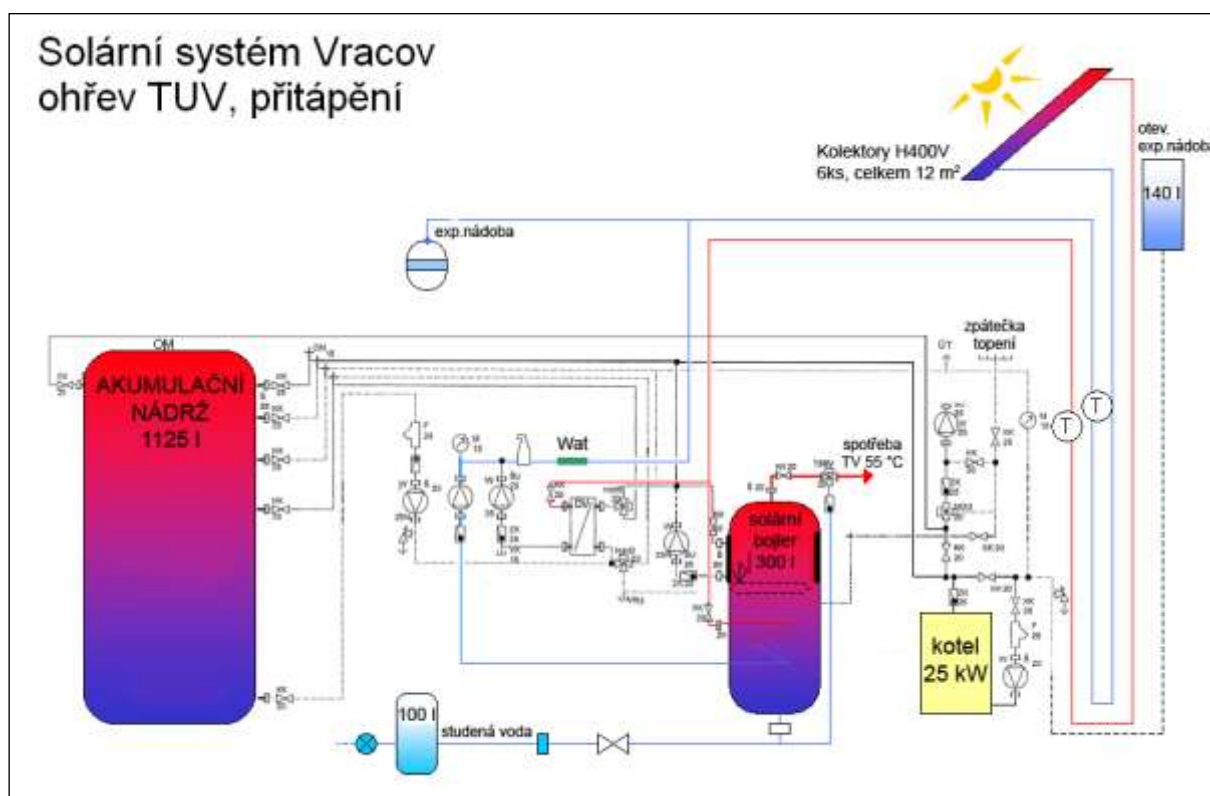
Řízení provozu soustavy, regulaci a monitoring dalších sledovaných parametrů zajišťuje volně programovatelná jednotka Hanazeder HLC 10, která disponuje celkem 16 analogovými vstupy a 4 rychlými digitálními vstupy, 4 analogovými a 8 digitálními výstupy. [36]

Funkce řídicí jednotky HLC 10 jsou následující:

- monitoring teplot nezbytných pro efektivní regulaci soustavy
- směrování získané solární energie do bojleru nebo akumulární nádrže
- řízené spínání plynového kotle
- ovládání čerpadel a ventilů v soustavě

K parametrům ovlivňujícím regulaci soustavy patří především venkovní teplota vzduchu, vnitřní teplota vzduchu (v obytných prostorách domu), teplota na zpátečce topení a teploty měřené v jednotlivých bodech soustavy – výstup z kolektorů, vstup do kolektorů, solární bojler, akumulární nádrž, teplota selektivní vrstvy absorbéru, teplota na výstupu z plynového kotle. V systému jsou instalovány kontrolní analogové měřící prvky – manometr a teploměry umístěné v solárním a spotřebním okruhu.

4.1.5. Schéma zapojení soustavy[37]



Kolektorové pole je umístěno na jižně orientované střeše domu a má sklon 45°. Vzhledem k podmínkám uvedeným v kapitole 3.2.1.1, je zvolený sklon vhodný pro celoroční provoz soustavy. Potrubní rozvody izolované minerální a pěnovou izolací odpovídající tloušťky jsou střechou svedeny na půdu a komínem odstaveným z provozu dále do přízemí domu, kde se nachází kotelná. V kotelně je umístěno veškeré zbývající zařízení soustavy a plynový kotel.

Studená voda je přiváděna do spodní části sol.bojleru, kde je umístěn i vinutý trubkový výměník a dochází tak k vysokému přestupu tepla ze solární kapaliny do studené vody. Ze solárního bojleru je vyveden výstup teplé vody (dále jen TV), který je opatřen směšovacím ventilem a míchá vodu na teplotu výstupu 55 °C. Topná voda je vedena z akumulární nádrže do topného systému domu (teplotní spád 50/75 °C) a zpět do akumulární nádrže. Pro účely temperování topného systému je v přechodném období nastavena teplota vstupu topné vody do topného systému na 37 °C.

V případě, kdy je teplota v akumulární nádrži vyšší než v solárním bojleru, např. vlivem spotřebování TV z bojleru, je možné provádět dohřívání topnou vodou z akumulární nádrže přes dohřívací výměník v plášti solárního bojleru. Kromě této možnosti je možné dohřívání vody také plynovým kotlem nebo elektrickým topným tělesem o příkonu 2,5 kW, které je umístěno ve střední části sol.bojleru. Posledně jmenovaný způsob představuje pouze nouzové řešení a v průběhu sledovaného období nebyl nikdy použit. K ohřevu TV a vytápění domu je používána pouze solární energie a zemní plyn.

4.1.6. Malé spotřebiče

Jako prvky odebírající solárním systémem předeřátou vodu jsme zvolili domácí spotřebiče – počítačem volně programovatelnou pračku značky Miele a počítačem volně programovatelnou myčku taktéž značky Miele typ G 1442 Sci.

Pračka Miele PW 5065 LP má elektronické řízení NOVOTRONIC L, které nabízí 63 programů s možností volného programování přes PC. Ovládání pračky je prováděno pomocí LCD displeje, otočného voliče a tlačítek. Pračka umožňuje přednastavení programu až 24 hodin dopředu. Pračka je vybavena vstupem na teplou i studenou vodu. K zásobníku solárně ohřáté vody je spotřebič připojen potrubím o délce 1,20 m.

Tabulka 7: Technické údaje pračky Miele

Model	PW 5065 LP
Rozměry [cm]	výška 85 šířka 59,5 hloubka 71,5
Kapacita [kg]	6,5
Objem bubny [l]	59
Elektrické připojení	napětí 220/230 [V], 50 [Hz], maximální příkon 2,85 [kW]
Rychlost odstředování [min ⁻¹]	0 – 1400
Zbytková vlhkost [%]	49
Faktor – g	526
Teplota při pracím cyklu [°C]	30 – 90
Hlučnost [dB]	< 70

Myčka Miele G 1442 Sci nabízí také možnost volného programování přes PC. Ovládání myčky je prováděno pomocí LCD displeje, otočného voliče a tlačítek. Myčka umožňuje přednastavení programu až 24 hodin dopředu. Myčka je vybavena vstupem na teplou i studenou vodu.

Tabulka 8: Technické údaje myčky Miele

Model	G 1442 Sci
Rozměry [cm]	výška 81 šířka 59,8 hloubka 57
Kapacita	12 sad
Elektrické připojení	napětí 220/230 [V], 50 [Hz], maximální příkon 2,85 [kW]
Spotřeba vody [l]	10
Spotřeba energie na cyklus [kWh]	1,05
Hlučnost [dB]	41

Schéma zapojení spotřebičů k solární soustavě je uvedeno v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

4.1.6.1. Návrh optimálního pracovního cyklu

Pro návrh optimálního pracovního cyklu vyjdeme z tipů uvedených v kapitole 3.6.1.4. Výše uvedené typy nemají pouze ekonomický přínos, ale mají také přínos ekologický. Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.6.1.2 energetické štítky udávají spotřebu vody a elektrické energie pouze pro programy bavlna 40 °C a bavlna 60 °C. Spotřeba u jiných pracích programů se od těchto udávaných hodnot výrazně liší – daný program např. vyžaduje snížený obsah náplně, ale spotřebuje stejné množství vody a elektřiny, což z něj činí výrazně neekonomický. Stejně tak je tomu, pokud pračka obsahuje některý z pracích programů označený jako úsporný – tento program reálně nemusí být opravdu ten nejúspornější.

Proto jako optimální prací program, zvolím program, o kterém si myslím, že je široce a často používán – bavlna. Pokud se nejedná o prádlo, které potřebuje vyvážku, zvolím nízkou teplotu praní do 60 °C. Podobné je to i v případě otáček. Velké otáčky odstředování jsou nutné pouze v případě následného použití sušičky, která vyžaduje nižší zbytkovou vlhkost prádla. Proto v optimálním pracovním cyklu, snížím otáčky. Není nutné, aby otáčky přesahovaly hodnotu 800 ot./min. Při nižších otáčkách navíc prádlo nebude tolik zmačkané.

Jak ukazují výsledky provedeného měření, je výhodné využívat již předehřátou vodu z jiných zdrojů (zejména ze solárních systémů). Použitím této vody dojde k výraznému snížení spotřeby elektrické energie a v závislosti na tom také vynaložených finančních prostředků.

4.1.6.2. Nastavení pracovního a mycího cyklu

Pro naše měření byl jako optimální prací program zvolen cyklus při teplotách praní 40° C a 60° C. Hlavním důvodem této volby je názor, že praní při těchto teplotách je široce využíváno.

Každému z pracích cyklů bylo pro větší přehlednost uděleno číslo pracího cyklu. Další nastavené parametry jsou uvedeny v *Tabulka 9*.

Tabulka 9: Nastavení pracích cyklů

Číslo pracího cyklu	Teplota pracího programu (°C)	Teplota vstupní vody (°C)	Počet otáček (min ⁻¹)	Zadaná doba pracího cyklu (min)
1	40	55	1400	47
2	60	55	1400	37
3	60	12	1400	47

U myčky byl zvolen mycí program Light 50°C. Teplota programu dosahuje 50 °C, jak uvádí název i *Tabulka 10*. Dalším důležitým parametrem je myčkou odhadovaná doba pracího cyklu. Doba cyklu doba je závislá na volbě programu.

Tabulka 10: Nastavení mycích cyklů

Číslo mycího cyklu	Teplota mycího programu (°C)	Teplota vstupní vody (°C)	Zadaná doba mycího cyklu (min)
1	50	55	80
2	50	12	80

4.2. Měřené parametry

Pro vyhodnocení ekonomiky provozu domácích spotřebičů je hlavním parametrem spotřeba elektrické energie. Pomocí elektroměru HXE12 AS [38] disponující sériovým rozhraním RS483 jsme pomocí námi zkonstruovaného převodníku RS483-USB převedli data do počítače. Data byla zpracována programem Data logger PCE, který byl vyvinut na naší fakultě. Záznam elektrických veličin, především záznam proudu, napětí a činného výkonu jsme ověřovali zařízením Voltcraft data logger, které můžeme vidět na *Obrázek 21*. Ze získaných hodnot jsem vyhodnotila celkovou spotřebu pro jednotlivé cykly.

Dalším měřeným parametrem je teplota vstupní vody. Hodnota byla zaznamenána teplotním snímačem umístěným na výstupu z akumulární nádrže.

Pomocí optického rozhraní a speciálního softwaru firmy Mielle jsme mohli on-line monitorovat celý prací cyklus včetně možnosti softwarového zásahu do chodu pračky v jeho průběhu (*Obrázek 20*).



Obrázek 20: Monitorování průběhu pracího cyklu



Obrázek 21: Voltcraft data logger



Obrázek 22: Monitorování průběhu mycího cyklu



Obrázek 23: Řídící jednotka a elektroměr HXE12 AS

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

Na *Grafech 3, 4, 5* můžeme vidět záznam pracích cyklů. Z naměřených záznamů závislosti činného výkonu na době trvání cyklu je zřejmé, že největší podíl na spotřebě celkové elektrické energie je v průběhu ohřevu vody. Do této fáze praní je také soustředěna proudová špička, která zatěžuje elektrický obvod. Další proudová špička se objevuje při rozběhu odstředování. Na celkové spotřebě elektrické energie se však odstředování podílí v průměru jen několika procenty.

Z grafických závislostí je patrný vliv teploty vstupní vody. Pro Prací cyklus 1 (*Graf 3*), tedy praní při teplotě 40°C a teplotě vstupní vody 55°C, vidíme první proudovou špičku a také vysoký činný výkon, které se objevuje kolem 5. minuty cyklu a končí po 6. minutě. Znovu se vysoký činný výkon a proudová špička objevují kolem 9. minuty a drží se ve vysokých hodnotách opět minutu až minutu a půl. Pro Prací cykly 2 a 3 (*Graf 4 a 5*) je průběh této fáze pracího cyklu rozdílný. Vysoký činný výkon a proudová špička se objevují taktéž kolem 5. až 6. minuty, ale ve vysokých hodnotách se drží zhruba 10 minut. To je dáno potřebou dohřívání vodu na požadovanou teplotu 60 °C.

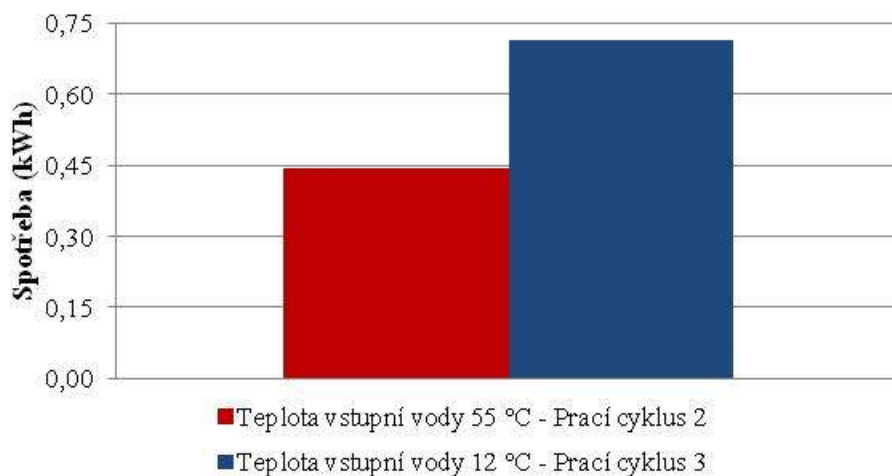
Tabulka 11 udává vedle nastavených hodnot, výsledné hodnoty spotřeby elektrické energie v kWh pro jednotlivé prací cykly a taktéž reálnou dobu pracího cyklu.

Tabulka 11: Výsledné hodnoty pracích cyklů

Číslo pracího cyklu	Teplota pracího programu (°C)	Teplota a vstupní vody (°C)	Počet otáček (min ⁻¹)	Odhadovaná doba pracího cyklu (min)	Reálná doba pracího cyklu (min)	Spotřeba (kWh)
1	40	55	1400	47	44	0,15
2	60	55	1400	37	37	0,44
3	60	12	1400	47	54	0,71

Na *Graf 1* můžeme názorně vidět rozdíl ve spotřebě elektrické energie. Nahrazením studené vstupní vody (12 °C) teplou solárně ohřátou vstupní vodou (55 °C) došlo ke snížení spotřeby elektrické energie o 38%.

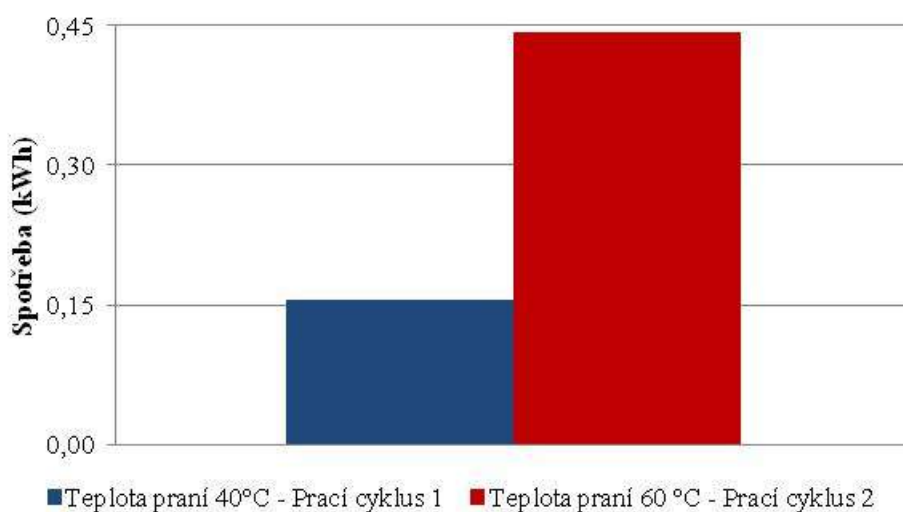
Teplota pracího programu 60°C



Graf 1: Spotřeba elektrické energie při rozdílné teplotě vstupní vody

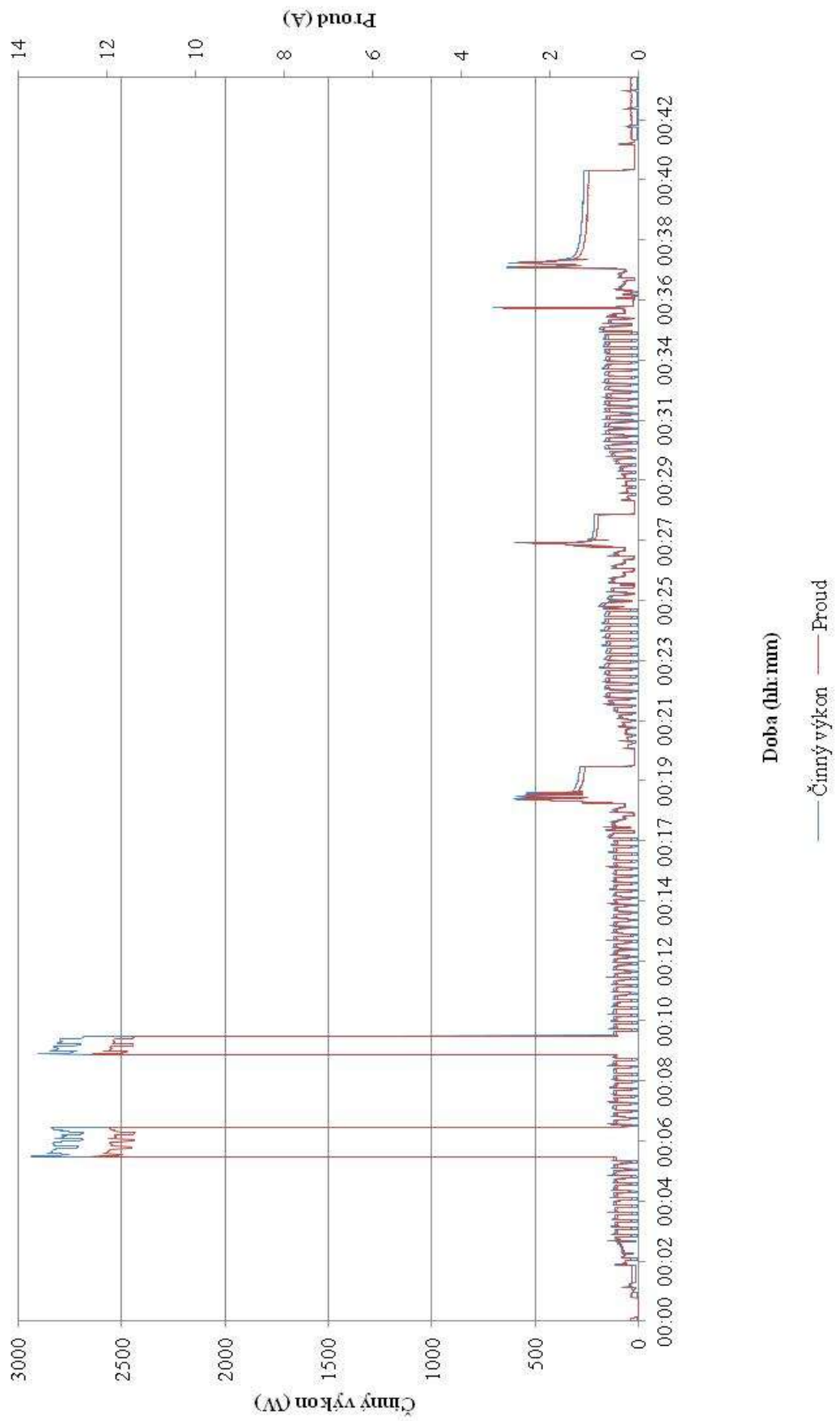
Graf 2 demonstruje vliv teploty praní na spotřebu elektrické energie. Jak lze vidět Graf 2, snížením požadované teploty se sníží i spotřeba celkové elektrické energie. To je dáno tím, že odporové těleso při nižší teplotě dosahuje požadované teploty dříve než při praní na vyšší teplotu.

Teplota vstupní vody 55 °C

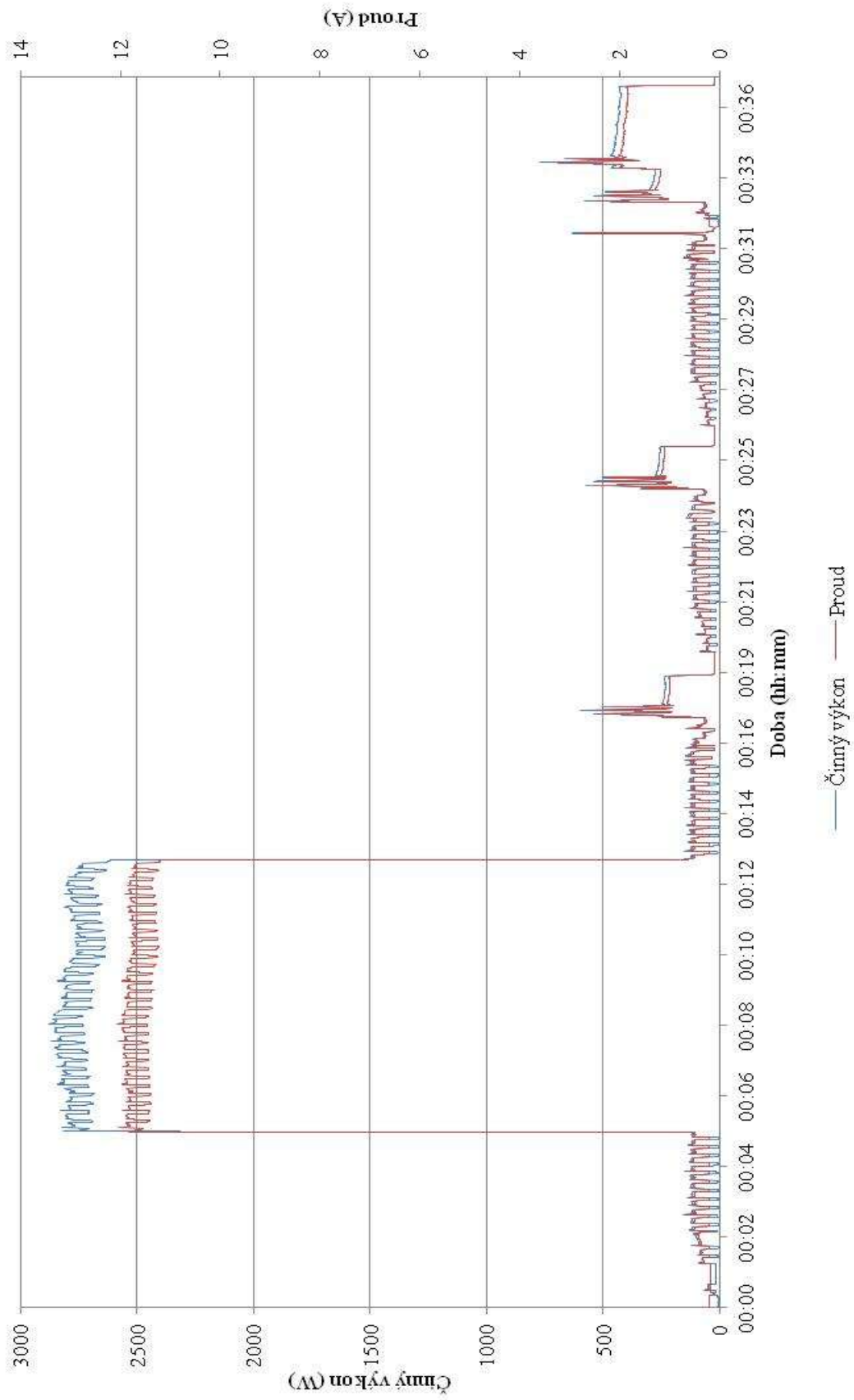


Graf 2: Spotřeba elektrické energie při rozdílné teplotě praní

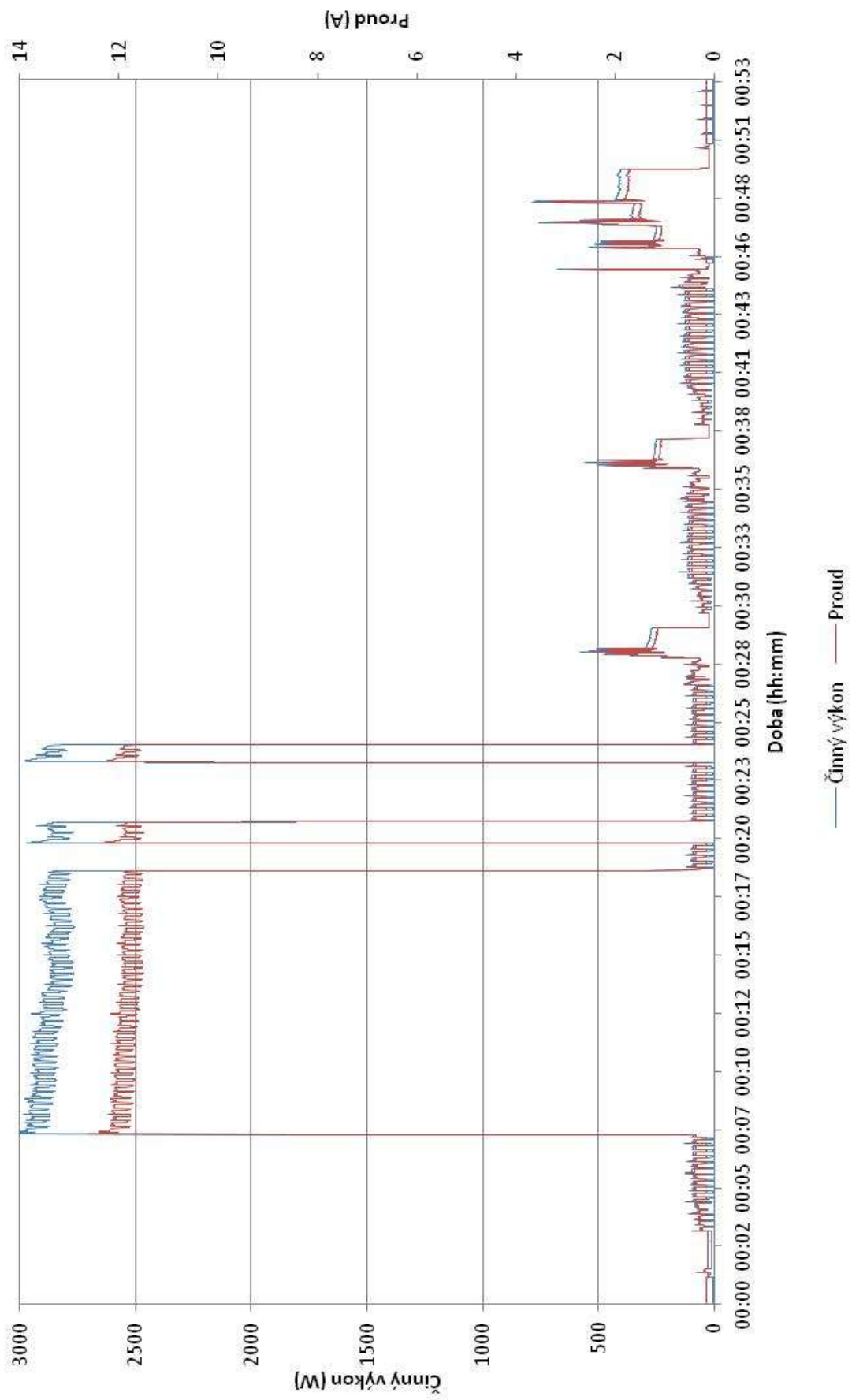
V Tabulka 11 také můžeme vidět, jakým způsobem ovlivnilo použití teplé nebo studené vody reálnou dobu pracího cyklu. V případech použití solárně předehřáté teplé vody (Prací cyklus 1 a 2) se v reálném čase doba nezměnila nebo zkrátila oproti času, který na cyklus odhaduje spotřebič. V případě použití studené vody (Prací cyklus 3) došlo v reálném čase k prodloužení doby odhadované spotřebičem.



Graf 3: Záznam praní - Prací cyklus 1



Graf 4: záznam praní - Prací cyklus 2



Graf 5: Záznam praní - Prací cyklus 3

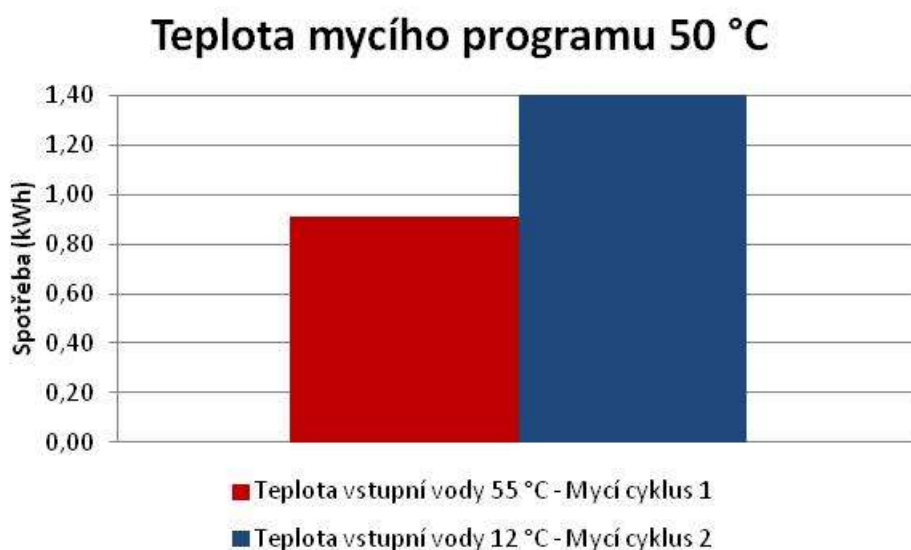
Na *Grafech 7 a 8* můžeme sledovat průběh mycího cyklu. První proudová špička a vysoký činný výkon se objevují ve fázi ohřívání vody na mytí. Po druhé se objevuje proudová špička a vysoký činný výkon ve fázi posledního oplachování, které je prováděno horkou vodou.

Tabulka 12 udává výsledné hodnoty spotřeb elektrické energie a reálných časů mycích cyklů.

Tabulka 12: Výsledné hodnoty mycích cyklů

Číslo mycího programu	Teplota mycího programu (°C)	Teplota vstupní vody (°C)	Odhadovaná doba mycího cyklu (min)	Reálná doba mycího cyklu (min)	Spotřeba (kWh)
1	50	55	80	82	0,91
2	50	12	80	97	1,40

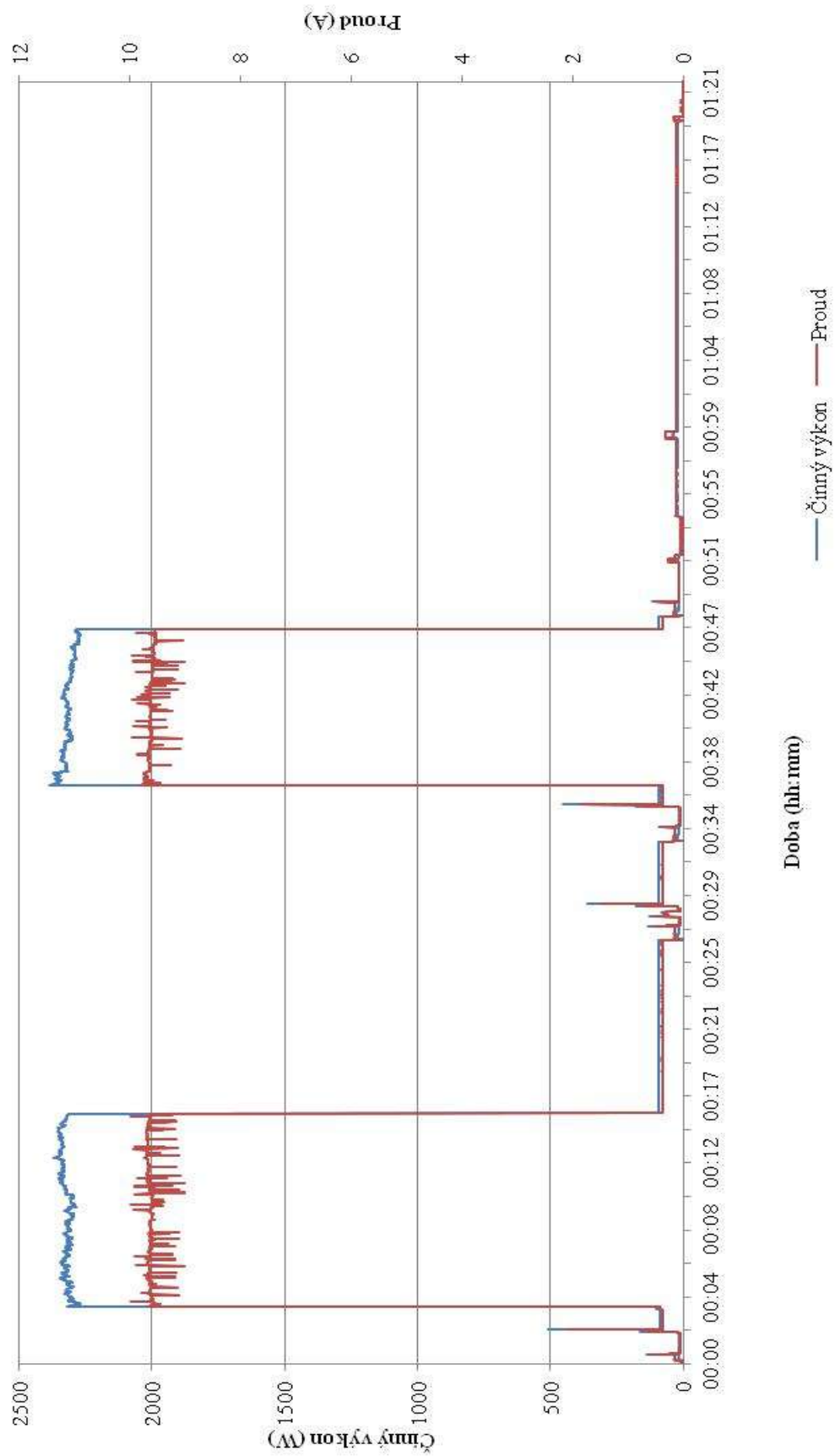
Stejně jako u praní došlo i v případě mytí ke snížení spotřeby elektrické energie v případě napouštění myčky teplou vodou. Názorně můžeme snížení spotřeby elektrické energie vidět na *Graf 6*. V tomto případě došlo ke snížení spotřeby o 35%.



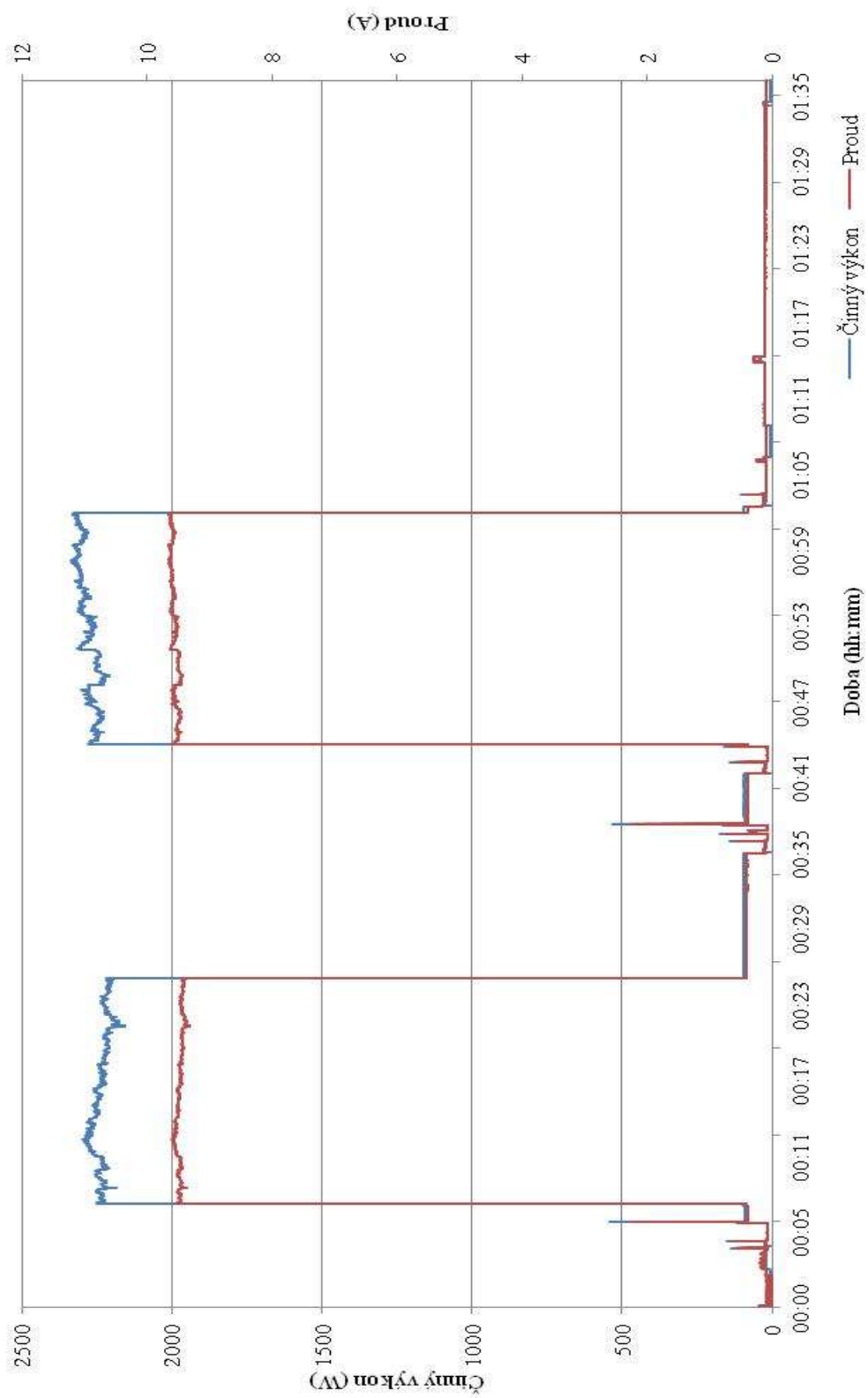
Graf 6: Spotřeba elektrické energie na mytí v myčce

Na grafických závislostech činného výkonu a proudu na čase (*Graf 7 a 8*) jsme opět zaznamenali u Mycího cyklu 1 zkrácení doby potřebné na ohřev vody oproti Mycímu cyklu 2. Tedy napouštěním již předeřáté teplé vody došlo ke zkrácení této doby.

V *Tabulka 12* můžeme porovnat reálnou dobu mycího cyklu. V případě použití teplé vody (Mycí cyklus 1) nedochází k prodloužení této doby oproti době odhadované spotřebičem před startem cyklu.



Graf 7: Záznam mytí - Mycí cyklus 1



Graf 8: Záznam mytí - Mycí cyklus 2

Tabulka 13 udává vyhodnocení ekonomických úspor, které vychází z námi naměřených a vypočtených spotřeb elektrické energie. Získaná ekonomická úspora porovnává provoz spotřebiče při uvažovaném používání pouze studené vody a provoz spotřebiče při používání teplé vody. Výpočet vychází z předpokládaných 220 cyklů za rok, což odpovídá přibližně 4 cyklům týdně. Pro výpočet byla použita průměrná cena 1 kWh 4,6 Kč, není uvažován duální tarif. [39] Výsledná výše úspory se tak může lišit v závislosti na dodavateli elektrické energie a typu tarifu.

Tabulka 13: Vyhodnocení ekonomických úspor

Spotřeba el. energie na 1 cyklus (kWh)	Teplota vstupní vody (°C)	Počet cyklů za rok	Spotřeba el. energie za rok (kWh)	Cena za rok (Kč)	Úspora (Kč)
Pračka					
0,71	12	220	156	719	567
0,15	55	220	33	152	
Myčka					
1,4	12	220	308	1417	496
0,91	55	220	200	921	

Práce publikované na toto téma, které jsem měla k dispozici [20, 21] hodnotí úsporu a solární zisky pouze u spotřebičů, které jsou zapojeny přes tepelný výměník. Tyto články také uvádí, že koncept zapojení přes tepelný výměník je mnohem výhodnější než zapojení se dvěma vstupy vody, jak je tomu v našem případě. Z důvodu lišící se koncepce zapojení nemůže dojít k plnohodnotnému porovnání. Koncept zapojení přes tepelný výměník vyžaduje vysokou teplotu vstupní vody až kolem 70 °C, což se může jevit při zapojení k tepelnému solárnímu systému jako nevýhodné. Ne, že by bylo nemožné těchto teplot v akumulární nádrži dosáhnout, problém bude spíše v dosažení a udržení dostatečného teplotního rozdílu mezi nádrží a kolektorem. Teplotní rozdíl mezi nádrží a kolektorem se řadí mezi hlavní faktory, které určují tepelné ztráty systému.

Pokud výsledky této práce porovnám s výsledky, kterých jsem dosáhla v rámci bakalářské práce [40], bylo v obou pracích prokázáno snížení spotřeby elektrické energie při použití solárně předehřáté vody. Snížení spotřeby elektrické energie, je v obou pracích vyhodnocena jako závislá na volbě teploty praní.

Dalšího snížení spotřeby elektrické energie by mohlo dojít kombinací solárního termického systému se solárním fotovoltaickým systémem. Fotovoltaický systém by mohl být zapojen jako podpůrný prvek tzn. jím vyrobenou elektřinou by bylo poháněno čerpadlo termického systému a také dodávána elektřina pro řídicí jednotku. Další možností je použít fotovoltaický systém na výrobu elektrické energie pro vlastní spotřebu. V tomto případě by zřejmě došlo k větším úsporám elektrické energie, ale investice by byla nákladnější.

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo změřit základní technologické parametry a vyhodnotit ekonomiku provozu malých domácích spotřebičů, které jsou napojeny na kombinovaný solární systém a využívají během svého provozu přehřátou vodu z tohoto systému. Ekonomika provozu pračky a myčky byla sledována na reálném solárním systému Vracov, který je dimenzován pro ohřev TUV a přitápění.

Prokázalo se podstatné snížení spotřeby elektrické energie v případech využití přehřáté vody ze solárního systému oproti provozu spotřebičů pouze se studenou vodou. V případě pracích cyklů, tak lze dosáhnout až 80% úspory finančních nákladů na praní a u myčky úspora dosahuje až 35% z vynaložených finančních nákladů na mytí v myčce..

Bylo prokázáno i podstatné snížení času nutného pro ohřev celého obsahu spotřebičů. Což se projevilo i na celkovém trvání cyklu. Tento časový údaj může být zajímavý pro průmyslové využití. Vzhledem ke zdroji tepla tím bylo také prokázáno zlepšení celkové ekonomiky provozu solárního systému.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CIHELKA, J. Solární tepelná technika. 1. vydání, Praha: Nakladatelství T. Malina, 1994, 203 s. ISBN 80-900759-5-9.
- [2] BERANOVSKÝ, Jiří a Jan TRUXA. Alternativní energie pro váš dům. 2. vyd. Brno: ERA, 2004, 125 s. ISBN 80-86517-89.
- [3] Sun hours for European cities. sapa-solar.com [online]. Sapa group, © 2013 – 2014. [cit 2013-04-11] Dostupné z:< <http://www.sapa-solar.com/sun-hours-european-city.html>>
- [4] LADENER, H.; SPÄTE F. Solární zařízení. 1. vyd. Praha: Grada, 2003, 267 s. ISBN 80-247-0362-9.
- [5] HALLER, Andreas. *Solární energie: Využití při obnově budov*. 1. vyd. Praha: Ikar, 2001, 177 s. ISBN 80-716-9580-7.
- [6] Energie Slunce: Ohřev vody, vytápění. EkoWaTT [online]. 2007, [cit. 2013-03-03]. Dostupný z WWW: <www.ekowatt.cz>.
- [7] MATUŠKA, T. *Solární zařízení v příkladech*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 254 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3525-2.
- [8] MATUŠKA, T.: Zásobníky tepla s řízeným teplotním vrstvením (stratifikací). tbz-info.cz [online]. Topinfo s.r.o., © 2001-2013 [cit 2013-04-01]. ISSN 1801-4399. Dostupné z:< <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/zasobniky-tepla-s-rizenym-teplotnim-vrstvenim-stratifikaci>>
- [9] MATUŠKA, T.: Teplonosná kapalina [online]. 2001-2013 [cit. 2013-03-06]. Dostupný z: <<http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/teplonosna-kapalina>>
- [10] MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMEŠ. Fotovoltaika, elektřina ze slunce. 1. vyd. Brno: ERA, 2007, vii, 81 s. ISBN 978-80-7366-100-7.
- [11] HASELHUHN, R. *Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2011, 176 s. ISBN 978-80-86167-33-6.
- [12] MURTINGER, Karel. Solární energie pro váš dům. 1. vyd. Brno: ERA, 2005, 91 s. ISBN 80-736-6029-6.
- [13] Solarenavi [online]. 2013 [cit. 2013-04-01]. Fotovoltaika. Dostupné z WWW: <<http://www.solarenavi.cz/slunecni-elektrarny/typy-instalaci/off-grid>>.
- [14] LIBRA, M.; POULEK, V. *Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie*. 2., dopl. vyd. Praha: Ilsa, 2010, 165 s. ISBN 978-80-904311-5-7.
- [15] MIKŠÍK, František; KOTLÍK, Josef. Kombinované solární systémy a jejich řízení v rodinných domech. *ETM Elektrotechnický magazín: Odborný magazín pro elektrotechniky, energetiky, projektanty, zájemce o silnoproudou elektrotechniku, podnikatele a investory v oborech elektro*. Brno: Elektromanagement, 2012, roč. 2012, č. 5, s. 18-20. ISSN 1210-5422.
- [16] Domáci spotřebiče. [energetický poradce.cz](http://energetickyporadce.cz) [online]. Centrum energetického poradenství PRE, Pražská energetika a. s. [cit 2013-04-12] Dostupné z: <<http://www.energetickyporadce.cz/>>
- [17] Spotřeba energie v domácnostech. citadella.cz [online]. ESF, Cenia, © 2013. [cit 2013-04-12] Dostupné z: <http://www.cittadella.cz/cenia/?p=spotreba_energie_v_domacnos_tech&site=energie>

- [18] PERSSON, T. Dishwasher and washing machine heated by a hot water circulation loop. *Applied Thermal Engineering*. 2007, vol. 27, issue 1, pp. 120-128. ISSN 1359-4311
- [19] Themeßl, Armin; Weiß, Werner; Hollan, Jan: *Svépomocné solární systémy: Příručka projektování a stavby solárních systémů*. 2003. 61s. Příručka pro workshop „svépomocné instalace“. Vydavatel: ZO ČSOP Veronica. Ekologický institut Veronica.
- [20] PERSSON, T; RÖNNELID, M.: Increasing solar gains by using hot water to heat dishwashers and washing machine. *Applied Thermal Engineering*. 2007, vol. 27, issue 2-3, pp. 646-657. ISSN 1359-4311
- [21] ZEGERS, F. T. S.; MOLENBROEK, E. C.: Field test of heat-fed washing machines and tumble dryers, Cadence Appendix K. ECOFYS, Utrecht, Netherlands, 2000.
Dostupné z: <<http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/lcfreport/appendix-k.pdf> >
- [22] KOTLÍK, J.; PŮČKOVÁ, H. *Increasing solar gains by using hot water for needs small home appliance*. Brno, CZ, STRC. 2007. (10 p.).
- [23] KOPAČKOVÁ, D.: Nové energetické štítky na spotřebiče v roce 2011. tzb-info.cz [online]. Topinfo s.r.o., ©2001-2013 [cit. 2013-04-01] Dostupné z: <<http://elektro.tzb-info.cz/7226-nove-energeticke-stitky-na-spotrebice-v-roce-2011>>
- [24] TŮMOVÁ, M.: Ekonomické praní – jak nejvíce ušetřit?. nazeleno.cz [online]. xBizon, s. r. o. 2008. ISSN 1803-4160. [cit 2013-04-03] Dostupné z: <<http://www.nazeleno.cz/bydleni/usporne-spotrebice/ekonomicke-prani-jak-nejvice-usetrit.aspx>>
- [25] Pračka Miele W 5841 All Water. shop-miele.cz [online]. Miele spol. s r.o., © 1996 – 2013 [cit. 2013-04-06] Dostupné z: <<http://shop-miele.cz/mieleoutlet/w5841allwater%5BW5841AllWater%5D>>
- [26] Pračka s čelním plněním CANDY Grand'O Evo EVO 1272 DHC. elektro-kuchyne.cz. [online] Online nákupy a.s., (c) 2006 – 2013. [cit. 2013-04-06] Dostupné z: <<http://www.elektro-kuchyne.cz/pracka-candy-evo-1272-dhc-grand-o-evo>>
- [27] Whirlpool AWO/C 6204. heureka.cz. [online] Allegro Group CZ, s.r.o., 2000-2013 [cit. 2013-04-06] Dostupné z: <<http://pracky.heureka.cz/whirlpool-awo-c-6204/recenze/>>
- [28] ČERNÝ, Václav. Domácí spotřebiče II (4). *Elektro: odborný časopis pro elektrotechniku*. Praha: FCC PUBLIC s. r. o., 2002, roč. 2002, č. 01, s. 56. ISSN 1210-0889.

- [29] MIELE & CIE. GMBH & CO. *Drum, for washer-dryer, has casing surface at least partly provided with indentations in form of honeycombcurvature structure whose honeycomb surfaces face outside of drum.* [online] Inventors: Hellhake; W., Jording; W.; Pauleickhoff, W.; Schroeder, H. Ch.. DE10145079 (C1). Int. Cl. D06F37/04, D06F58/04. Appl. no.: DE2001145079 20010913. World Intellectual Property Organization. [vid April 13 2013] Available from: http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20021010&DB=EPODOC&locale=en_EP&CC=DE&NR=10145079C1&KC=C1&ND=5
- [30] VLAŠÍN M, a kol.: *Desatero domácí ekologie*. 5. vyd. Brno: Síť ekologických poraden, 2009. ISBN 978-80-904520-0-8
- [31] *Za málo vody málo muziky. D Test: časopis pro spotřebitele.* Praha: Občanské sdružení spotřebitelů "TEST", 2013, roč. 2013, č. 4, s. 26-33. ISSN 1210-731X.
- [32] BARTOŠ, L. a kol. *Životní prostředí - prostředí každého z nás?: Česká republika 2009.* Praha: CENIA, c2009, 130 s. ISBN 978-80-85087-71-0.
- [33] HNILICA, P.: *Měníče napětí – střídače.* deramax.cz [online] Deramax – elektronika pro dům a zahradu. [cit 2013-04-13] Dostupné z: <<http://www.deramax.cz/menice-napeti/t-115/>>
- [34] Družstevní závody Dražice - strojírna, s. r. o.: *Solární a fotovoltaické ohřivače: Teplá voda až o 70 % levněji.* tbz-info.cz [online]. Topinfo s.r.o., 2001-2013. [cit. 2013-04-13]. Dostupné z:< <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/9205-solarni-a-fotovoltaicke-ohrivace-tepla-voda-az-o-70-levneji>>
- [35] Lako Daniel. *Zařízení pro kombinovaný ohřev vody pomocí střídavého a stejnosměrného proudu* [online]. Vynálezce: Daniel Lako. Přihl. 25.02.2011. MTP: F 24 H 1/20, H 05 B 1/02, H 01 L 31/042. Čís. patentu: 22504 21. 07. 2011. Úřad průmyslového vlastnictví. [vid. 13. dubna 2013]. Dostupné na:< <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pts.det?xprim=1635838&lan=c s>>
- [36] *HLC Programmer.* Ried im Innkreis: hanazeder electronic GmbH.
- [37] KOTLÍK, J.; PŮČKOVÁ, H. *Vizualizace a on-line přístup k solárním systémům.* In *Biotechnology 2006*, přednáška. České Budějovice 2006, Scientific Pedagogical Publishing, České Budějovice. 2006. p. 549 - 552. ISBN 80-85645-56-4.
- [38] *Hexing.* [online] Hexing Electrical Co., Ltd. [cit. 2013-04-25] Dostupné z:< <http://www.hxgroup.cn/Index.aspx>>
- [39] *Kolik stojí kWh elektriny v roce 2012?.* uspornadomacnost.cz. [online] Úsporná domácnost, © 2013, [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <<http://www.uspornadomacnost.cz/ceny-energii/kolik-stoji-kwh-elektriny-v-roce-2012.html>>
- [40] HOSOVÁ, Ž. *Vliv malých domácích spotřebičů na ekonomiku solárních systémů.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Josef Kotlík, CSc..

ZDROJE OBRÁZKŮ

- Obrázek 2 <http://old.chmi.cz/meteo/ok/atlas/uvod.html>
Obrázek 3 <http://www.sapa-solar.com/sun-hours-european-city.html>
Obrázek 5 <http://www.propuls.cz/solarni-systemy-ohrev-tuv-pritapeni.html>
Obrázek 6 <http://www.cne.cz/solarni-ohrev-vody/uvod-do-termickych-systemu/>
Obrázek 7 <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove.php>
Obrázek 9 <http://www.profitsolar.cz/o-solarni-energii.php>
Obrázek 19 <http://www.washerhelp.co.uk/reviews/pics/Miele-W3740/honeycomb-drum.html>

SEZNAM PŘÍLOH

<i>Příloha č. 1</i>	<i>Schéma zapojení spotřebičů k solárnímu systému</i>
<i>Příloha č. 2</i>	<i>Hodnoty proudu, výkonu a spotřeby pro Prací cyklus 1</i>
<i>Příloha č. 3</i>	<i>Hodnoty proudu, výkonu a spotřeby pro Prací cyklus 2</i>
<i>Příloha č. 4</i>	<i>Hodnoty proudu, výkonu a spotřeby pro Prací cyklus 3</i>
<i>Příloha č. 5</i>	<i>Hodnoty proudu, výkonu a spotřeby pro Mycí cyklus 1</i>
<i>Příloha č. 6</i>	<i>Hodnoty proudu, výkonu a spotřeby pro Mycí cyklus 2</i>

