



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

MALÉ A MIKRO FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY

MICROPHOTOVOLTAIC SYSTEMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Richard Nováček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

BRNO 2016



Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Elektrotechnická výroba a materiálové inženýrství**

Ústav elektrotechnologie

Student: Bc. Richard Nováček

ID: 134097

Ročník: 2

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Malé a mikro fotovoltaické systémy

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s principy fotovoltaických systémů a jejich komponent se zaměřením na malé a mikro fotovoltaické systémy. Zhodnoťte využití těchto systémů z hlediska legislativy České republiky a posuďte ekonomickou návratnost. Proveďte návrh fotovoltaického systému a ověřte jeho činnost na zvolených komponentách.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 8.2.2016

Termín odevzdání: 26.5.2016

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Konzultant diplomové práce:

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

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá komponenty fotovoltaiky a jejich principy. Zhodnocení typů systému fotovoltaických systémů a jejich vliv na přenosovou soustavu. Práce se zabývá finanční podporou pro malé a mikrofotovoltaické systémy, kterou lze využít z hlediska legislativy České republiky. Dále jsou zde popsány změny v novele energetického zákona a jejich vliv na cenu elektřiny v domácnostech. Porovnání domácí fotovoltaiky se zbytkem světa a náhled na německou energetickou koncepci. Součástí je teoretický návrh hybridní fotovoltaické elektrárny včetně využití tepelného čerpadla. Práce se zabývá využitím hybridní fotovoltaické elektrárny a ekonomickou návratností navrhovaného systému. Poslední část práce se zabývá realizací navrhovaného systému a posuzuje skutečné hodnoty od předpokládaných při návrhu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Fotovoltaika, energetický zákon, legislativa ČR, obnovitelné zdroje, energetická koncepce, PVGIS, finance, hybridní, tepelné čerpadlo, Studer.

ABSTRACT

Master thesis deals with photovoltaic components and their principles. Evaluate the types of photovoltaic systems and their impact on the transmission system. The thesis deals with financial support to small and micro-photovoltaic systems, which can be used in terms of legislation of the Czech Republic. There are also described the changes in the amendment to the energy act and effect on the price of electricity in households. Compared with the domestic photovoltaic rest of the world and the view of the German energy concept. Part of the theoretical design of a hybrid photovoltaic plant, including the use of heat pump. Thesis deals with using hybrid photovoltaic plant and economic viability of the proposed system. The last part deals with the implementation of the proposed system and assesses the true value from those anticipated in the design.

KEYWORDS

Photovoltaic, energy act, legislation ČR, renewable sources, energy concept, PVGIS, finance, hybrid, heat pump, Studer.

NOVÁČEK, R. *Malé a mikro fotovoltaické systémy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 80s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Malé a mikro fotovoltaické systémy jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce, jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Vaňkovi, Ph.D... za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	4
SEZNAM TABULEK.....	5
ÚVOD.....	6
1 FOTOVOLTAIKA A JEJÍ SOUČÁSTI.....	7
1.1 Fotovoltaický článek.....	7
1.2 Technologie fotovoltaických panelů.....	8
1.3 Střídače	9
1.4 Solární baterie	10
1.5 Regulátory	10
2 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY.....	11
2.1 Systémy nezávislé na rozvodné síti (off-grid).....	11
2.2 Off-grid systémy s akumulací elektrické energie	11
2.3 Hybridní fotovoltaické systémy.....	12
2.4 Síťové fotovoltaické systémy	12
3 FOTOVOLTAIKA V ČR.....	13
3.1 Přehled FVE v ČR	13
3.2 Fotovoltaika a její podpora v Nové zelené úsporám.....	14
3.3 Novela energetického zákona	16
4 FVE V GLOBÁLNÍM MĚŘÍTKU.....	17
4.1 Domácí FVE v popředí	17
4.2 Srovnání s Německem	18
5 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU.....	20
5.1 Vlastní návrh mikro-systému v rodinném domě.....	20
5.2 Výběr střídače.....	21
5.3 Predikce výroby elektrické energie.....	22
6 ZHODNOCENÍ NÁVRHU FV SYSTÉMU PRO RODINNÝ DŮM.....	23
6.1 Spotřeba rodinného domu.....	23
6.2 Pořizovací náklady a návratnost.....	25
7 NÁVRH HYBRIDNÍ F.....	26
7.1 Požadavky na návrh HFVE.....	27

7.2	Predikce výroby elektrické energie.....	28
7.3	Volba FV panelů.....	29
7.4	Volba střídačů.....	31
7.5	Výběr solárního regulátoru.....	32
7.6	Výběr baterií.....	33
7.7	Výběr tepelného čerpadla.....	34
7.8	Akumulační nádoba.....	35
7.9	Volba příslušenství.....	36
8	KALKULACE EKONOMICKÉ NÁVRATNOSTI.....	38
8.1	Spotřeba el. energie v domácnosti.....	38
8.2	Elektrická soběstačnost RD.....	40
8.3	Celkové náklady.....	41
8.4	Náklady na provoz.....	42
8.5	Ekonomická návratnost HFVE.....	43
8.6	Realizace výstavby HFVE.....	45
8.7	Realizace tepelného čerpadla.....	47
8.8	Zhodnocení výroby skutečné el. energie.....	48
9	ZÁVĚR.....	52
	POUŽITÁ LITERATURA.....	54
	SEZNAM PŘÍLOH.....	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1 Princip fotovoltaického článku (1).....	3
Obrázek 1.2 Monokrystalický, polykrystalický, amorfni panel (2).....	3
Obrázek 1.3 Mikrostrídač (3).....	4
Obrázek 1.4 Solární regulátor (4).....	10
Obrázek 2.1 Off-grid systém s akumulací elektrické energie.....	6
Obrázek 2.2 Hybridní fotovoltaický systém (5).....	7
Obrázek 2.3 Síťový FV systém.....	7
Obrázek 3.1 Vývoj instalovaného výkonu FVE.....	8
Obrázek 3.2 Vývoj výroby elektřiny z OZE a její podíl na hrubé domácí spotřebě (6).....	9
Obrázek 4.1 Srovnání států EU dle měrného instalovaného výkonu.....	11
Obrázek 4.2 Srovnání států EU dle celkového instalovaného výkonu.....	12
Obrázek 4.2 Vývoj spotřeby energetických zdrojů v Německu.....	13
Obrázek 6.1. Rozložení FV panelů na střeše RD.....	20
Obrázek 6.3 Střídač Fronius Galvo.....	21
Obrázek 7.1 Poloha rodinného domu.(8).....	27
Obrázek 7.2 Pohled na jižní stranu domu (8).....	28
Obrázek 7.3 Půdorys střechy.....	30
Obrázek 7.4 Střídač XTM 4000-48. (9).....	31
Obrázek 7.5 Solární regulátor VarioTrack VT-80 (10).....	32
Obrázek 7.6 Trakční kyselinový akumulátor SOL 48/1000 (11).....	33
Obrázek 7.7. Tepelné čerpadlo Zubadan PUIZ- SHW80VHA (12).....	35
Obrázek 7.8 Schéma principu akumulační nádoby (13).....	36
Obrázek 7.9. Akumulační nádoba PAST 750 (13).....	36
Obrázek 7.10 Monitorovací modul R02 (14).....	36
Obrázek 7.11 Monitorovací modul BSP 500 (15).....	37
Obrázek 8.1 Závislost RD na zdrojích el. energie.....	40
Obrázek 8.2 Rozložení el. energie pro RD.....	40
Obrázek 8.3 Návratnost finanční prostředků do HFVE v ideálním případě.....	44
Obrázek 8.4Návratnost finanční prostředků do HFVE.....	44

Obrázek 8.5 Finanční kalkulace na HFVE od firmy Solární panely s.r.o.....	45
Obrázek 8.7 střecha RD s nainstalovanými FV panely (8).....	46
Obrázek 8.7 Technická místnost se střídači a regulátory a monitorovací jednotka.....	47
Obrázek 8.8 Cenová kalkulace od firmy Bear na tepelné čerpadlo	48
Obrázek 8.9 Umístění tepelného čerpadlo Mitsubishi.....	48
Obrázek 8.10 Závislost RD na zdrojích el. energie.....	49
Obrázek 9.1 Návratnost finanční prostředků do HFVE v ideálním případě.....	50
Obrázek 9.2 Návratnost finanční prostředků do HFVE s obměnou komponent.....	50
Obrázek 9.3 Návratnost finanční prostředků do FVE bez baterií.....	51

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.1 Výše dotací v programu Nová zelená úsporám.	15
Tabulka 5.2. Elektrické vlastnosti zvoleného FV panelu.....	22
Tabulka 5.3 Odhadovaná intenzita dopadajícího slunečního záření a.....	24
Tabulka 6.1. Spotřeba elektrické energie v domácnosti.....	25
Tabulka 6.2 Rozložení elektrické energie pro rodinný dům.....	26
Tabulka 6.3 Náklady na zbudování FVE.....	27
Tabulka 7.1 Odhadovaná intenzita dopadajícího slunečního záření pro RD Jinošov.....	29
Tabulka 7.2. Elektrické vlastnosti zvoleného FV panelu.(8).....	30
Tabulka 7.3. Vlastnosti hybridního střídače XTM 4000-48.....	32
Tabulka 7.4 Parametry regulátoru Variotrack VT-80.....	33
Tabulka 7.5 Cena ostatních nákladů.....	37
Tabulka 8.1. Spotřeba el. energie RD.	38
Tabulka 8.2 Roční využití el. energie RD.....	39
Tabulka 8.3 Náklady na výstavbu HFVE.....	41
Tabulka 8.4. Obměna komponent v HFVE.....	42
Tabulka 8.5 Náklady RD na energie za jeden kalendářní rok bez HFVE.....	43
Tabulka 8.6 Náklady RD na energie za jeden kalendářní rok s HFVE.....	43
Tabulka 8.7 Porovnání teoretických pořizovacích nákladů se skutečnými.	47
Tabulka 8.8 Roční využití el. energie RD s HFVE.....	48
Tabulka 8.9 Náklady RD na energie za jeden kalendářní rok.....	49

ÚVOD

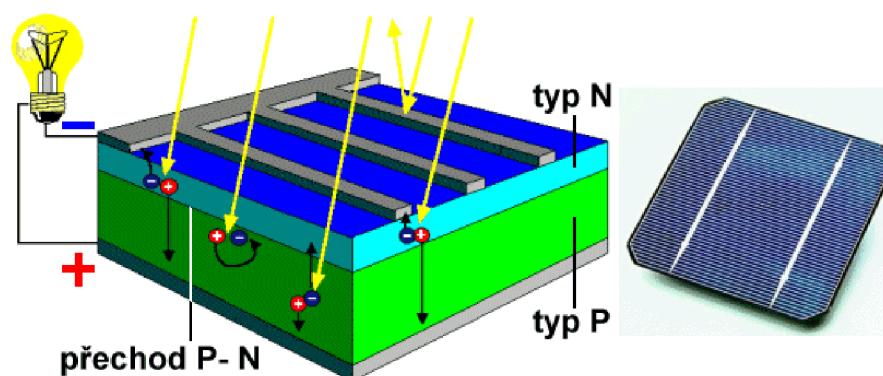
Fotovoltaika zažila v České republice největší rozmach mezi lety 2008 – 2010, což bylo zapříčiněno nastavením dotačních programů pro podporu obnovitelných zdrojů energie Energetickým regulačním úřadem. Díky této skutečnosti se výroba elektřiny pomocí fotovoltaických článků dostala do podvědomí obyvatel především v negativním smyslu z důvodu velké finanční zátěže, která byla přenesena na obyvatele formou příspěvku na podporu obnovitelných zdrojů energie ve vyúčtování plateb spotřebované elektrické energie a zastavění zemědělských ploch. Nyní se stále do popředí dostávají malé a mikro-fotovoltaické systémy. Podle novely energetického zákona (č. 458/2000 Sb.), který vejde v platnost od 1.1.2016, už nebude potřeba licenci na malé zdroje el. Energie do 10kW, tím se sníží administrativní zátěž pro budoucí zájemce. Zájemci mohou žádat i o finanční podporu z programu Nová zelená úsporám. Česká republika si vede velmi dobře v globálním měřítku, co do instalovaného fotovoltaického výkonu. Důležité je směr, kam se naše energetická závislost bude ubírat a kterým druhům výroby energie dáme přednost před ostatními.

Součástí je teoretický návrh malé FVE pro rodinný dům a jeho ekonomická návratnost. Další součástí je návrh hybridní fotovoltaické elektrárny pro rodinný dům v obci Jinošov, včetně využití tepelného čerpadla. Práce se zabývá využitím hybridním fotovoltaické elektrárny a ekonomickou návratností navrhovaného systému. Poslední část práce se zabývá realizací navrhovaného systému a posuzuje skutečné naměřené hodnoty HFVE od předpokládaných při teoretickém návrhu.

1 FOTOVOLTAIKA A JEJÍ SOUČÁSTI

1.1 Fotovoltaický článek

Fyzikální podstatou fotovoltaického článku je fotoelektrický jev, který objevil Alexandr Edmond Becquerel v roce 1839. Fotovoltaický jev je z fyzikálního hlediska charakterizovaný přímým vyražením elektronu z jeho oběžné dráhy fotonem slunečního záření. To umožňuje přeměnu slunečního záření na elektrickou energii. Vzájemným působením slunečního záření a polovodiče – křemíku – dochází k pohlcování fotonů a uvolňování elektronů. Jeho základem je tenká křemíková destička s vodivostí typu P (viz obr. 1.1). Na ní se při výrobě vytvoří tenká vrstva polovodiče typu N, obě vrstvy jsou odděleny přechodem P-N. Osvětlením článku vznikne v polovodiči vnitřní fotoelektrický jev a v polovodiči se z krystalové mřížky začnou uvolňovat záporné elektrony. Na přechodu P-N se vytvoří elektrické napětí, které dosahuje u křemíkových článků velikosti zhruba 0,5 V. Energie dopadajícího světla se v článku mění na elektrickou energii. Připojíme-li k článku pomocí vodičů spotřebič, začnou se kladné a záporné náboje vyrovnávat a obvodem začne procházet elektrický proud.



Obrázek 1-1.1 Princip fotovoltaického článku (1).

Je-li třeba větší napětí nebo proud, zapojují se jednotlivé články sériově či paralelně a sestavují se z nich fotovoltaické panely (dále FV panely). Jsme schopni dosáhnout provozního napětí 12V, 24V, 48V. Pro dosažení vysoké životnosti se moduly ukládají do hermeticky uzavřených pouzder, která jsou opatřena vysoce průhledným tvrzeným sklem. Tato úprava chrání panely před povětrnostními vlivy, udávaná životnost je 20 - 30 let. Na fotovoltaické panely jsou vzhledem k jejich plánované životnosti kladeny vysoké nároky ohledně mechanické a klimatické odolnosti (teploty, vlhkost, vítr). Krycí materiály proto musí mít vysokou optickou a izolační schopnost

1.2 Technologie fotovoltaických panelů

V současné době se nejčastěji setkáváme s první generací solárních článků. To jsou monokrystalické a polykrystalické křemíkové články. Jejich nevýhodou jsou vysoké výrobní náklady a poměrně malá účinnost (12-14%). Jejich základem je křemíkový plát čtvercového tvaru o standardních rozměrech 200 x 200 mm a tloušťce 0,2 - 0,3 mm.

Monokrystalický panel dosahuje nejvyšší účinnosti. Svým charakterem je vhodný pro osvětlení slunečními paprsky v přímém směru. Výkon FV panelu se pohybuje v rozmezí 170 – 200 W.

Polykrystalický panel může mít částečný odklon od přesného jihu, nejsou kritické pro přesné nastavení nebo dostavování v jiných ročních obdobích jako monokrystal. Maximální výkon jednoho polykrystalického FV panelu může dosahovat, až 290 W. Nyní dosahuje tato technologie nejlepšího poměru výkon / cena a je nejpoužívanější v podmínkách České republiky.

Amorfní panel je článek z amorfního křemíku, který je v tenké vrstvě nanesen na sklo nebo fólii. Výhodou je větší výtěžnost panelu v letních měsících. Nejmenší závislost vlivem zastínění, nejmenší závislost na ročním období. Hlavní nevýhoda spočívá v tom, že pro dosažení stejného výkonu je potřeba až 2x větší plocha oproti panelům krystalickým. Porovnání typu FV panelů viz obr. 1.2.



Obrázek 1.1-2 Monokrystalický, polykrystalický, amorfní panel (2).

Druhá generace (tenkovrstvé články) se zaměřuje na nevýhody první generace, účinnost komerčně dostupných fotočlánků je zatím nižší než 1. generace, avšak jejich pořízení je za nižší cenu. Články druhé generace se vyznačují 100-1000x tenčí aktivní absorbující polovodičovou vrstvou. Používají se zejména články z amorfního nebo mikrokrytalického křemíku.

Třetí generace solárních článků zahrnuje vícevrstvé a koncentrátorové články. Vícevrstvé články pracují na principu vícevrstevných struktur, z nichž každá substruktura absorbuje určitou část spektra slunečního záření a zbytek záření přechází do nižších vrstev. Tím se maximalizuje energetická využitelnost fotonů.

1.3 Střídače

Jelikož výstupem fotovoltaického panelu je stejnosměrný proud, je nutné jej převést na proud střídavý, o parametrech elektrické sítě (230/400V 50Hz). Tuto přeměnu zajišťuje střídač. U malých elektráren kromě funkce přeměny proudu a napětí, také zajišťuje funkci ochrannou, kdy monitoruje napětí a frekvenci sítě a v případě výpadku, nebo nedodržení kvalitativních požadavků na vyrobenou elektřinu elektrárnu od sítě odpojí. Každý kvalitní střídač dnes obsahuje jeden nebo více MPPT (maximal power point trackers), což je funkce aktivního hledání optimálního pracovního bodu změnou vstupního odporu střídače a tím získání nejlepšího výkonu fotovoltaického panelu při daném ozáření. Čím lepší a propracovanější je algoritmus MPPT, tím vyšší bude výnos z fotovoltaického systému. Maximální účinnost dnešních střídačů se pohybuje kolem 90 - 96%. Střídače je velice důležité umístit co nejbližší panelům, aby se minimalizovali ztráty vznikající ve vodičích stejnosměrného obvodu FV elektrárny. Je však potřeba zvolit klimaticky vhodné prostředí s dobrou cirkulací vzduchu

Mikrostřídače (Obr. 1.3) jsou samostatné malé jednotky určené ke konverzi stejnosměrného proudu na proud střídavý (DC/AC), které jsou umístěny často přímo na panelech. Odbourávají celou řadu nedostatků klasických systémů. Umožňují využít plně potenciál střechy, nedělá jim problém ani počet, typ nebo orientace panelů. Jsou také bezpečné z pohledu údržby a při požárním zásahu, protože umožňují odpojit panely. Na druhou stranu jejich cena je obvykle vyšší, přičemž mají kratší životnost, protože pracují při vyšších teplotách. Obsahují větší počet součástek a často používají elektrolytické kondenzátory, obojí v důsledku znamená nižší spolehlivost. Nevýhodou je poměrně úzké spektrum panelů, s nimiž jsou kompatibilní (60článekové). Uvedenou skupinou střídačů nižší a rozsah vstupního napětí, v němž střídač pracuje efektivně. V Evropě pak tato skupina střídačů naráží na legislativu, protože nevyhovují nízkonapěťovým normám platným v současnosti např. v Německu a Itálii (počet států se rozšiřuje).



Obrázek 1.1-3 Mikrostřídač (3).

1.4 Solární baterie

Elektrinu generovanou solárními panely je nutno v solárních systémech skladovat, aby ji poté bylo možno využít v noci nebo v období s méně příznivým osvitem. Akumulátory pro využití ve fotovoltaickém systému musí mít specifické vlastnosti. Jedná se především o vysoký stupeň cykličnosti, výbornou hustotu výkonu, schopnost regenerace z hlubokého vybití, nízký stupeň samovybíjení, silné elektrody. Nejvhodnější solární akumulátory se dělí do dvou základních skupin dle použité technologie. Buď obsahující elektrolyt, nebo gelové akumulátory.

1.5 Regulátory

Solární regulátor (Obr. 1.4) je ve své podstatě stabilizátor napětí a řídí akumulaci přebytečné elektrické energie do solárních akumulátorů. Solární regulátor tedy sníží napětí ze solárních panelů na takové napětí, které je optimální pro dobíjení akumulátorů a dobíjí připojené akumulátory. Jakmile jsou akumulátory plně nabité, postará se o to, aby byly odpojeny od solárních panelů tak, aby nebyly "přebíjeny" a nesnižovala se jejich životnost. Dále pak "kontroluje" aktuální stav akumulátorů a udržuje akumulátory v optimálně nabitém stavu. A pokud napětí na panelech poklesne pod hodnotu napětí, která je únosná pro nabíjení akumulátorů opět odpojí akumulátory od solárních panelů



Obrázek 1.1-4 Solární regulátor (4).

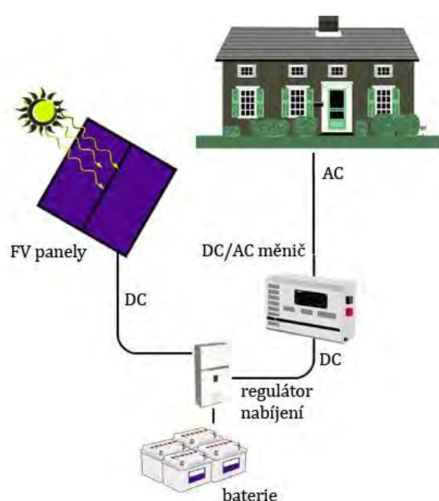
2 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY

2.1 Systémy nezávislé na rozvodné síti (off-grid)

Neboli „ostrovní systém“ připojení se využívá v lokalitách, kde není možné připojení na elektrickou distribuční síť, například v odlehlých oblastech, horách. V tomto případě je veškerá vyrobená elektrická energie spotřebovávána v objektu a zpravidla je průběžně ukládána do akumulátorů. Moderní solární regulátory disponují mnoha přídatnými funkcemi a nastaveními pro maximální optimalizaci nabíjení s ohledem na typ použitého akumulátoru, dovedou automaticky spustit v době přebytku elektrické energie připojený spotřebič s velkým příkonem, zobrazují hodnoty dodané energie apod. Solární regulátory tak mohou disponovat nejrůznějšími funkcemi.

2.2 Off-grid systémy s akumulací elektrické energie

Systémy off-grid s akumulací elektrické energie nacházejí uplatnění v místech, kde je nutné zajistit elektrickou energii i v době bez slunečního záření. Do systému se začlení akumulátorová baterie, která uchovává elektrický náboj nasrádaný v době, kdy na FV panely dopadalo slunečního záření. Optimální dobíjení a vybíjení akumulátorové baterie zajišťuje solární regulátor. K tomuto systému lze připojit jak stejnosměrné spotřebiče, tak spotřebiče na střídavý proud, které jsou napájené přes měnič viz. Obr. 2.1. Příkladem využití tohoto systému jsou chaty a rodinné domy bez elektrické přípojky k distribuční síti elektrické energie.



Obrázek 2.1 Off-grid systém s akumulací elektrické energie.

2.3 Hybridní fotovoltaické systémy

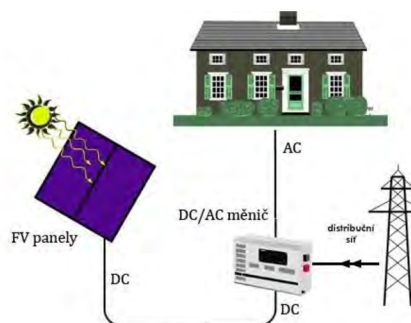
Hybridní fotovoltaické systémy nacházejí uplatnění především v dnešní době, kdy již není možné získat dotace od státu v podobě výkupních cen a zelených bonusů za prodej elektrické energie do distribuční elektrické sítě. Systém je založen na principu výroby vlastní elektrické energie a její následné spotřeby v místě výroby. V případě nedostatku elektrické energie je systém automaticky přepnut na doplňkový zdroj elektrické energie, což může být distribuční elektrická soustava (viz. Obrázek 2.2.). Když ceny komponent a zejména fotovoltaických panelů klesají, investice do hybridní solární elektrárny není zrovna malá. Cena za komplet FV panelů, měniče napětí, akumulátoru a dalších regulačních prvků se pohybuje okolo 200 000 - 300 000 Kč



Obrázek 2.2 Hybridní fotovoltaický systém (5).

2.4 Síťové fotovoltaické systémy

Nyní v české republice nejrozšířenější typ fotovoltaické elektrárny (on-grid). Je připojená na síť a jsou budovány na rodinných domech nebo na průmyslových objektech. Energie vyrobená fotovoltaickým systémem je buďto spotřebována přímo v daném objektu nebo jsou přebytky prodány do distribuční sítě.

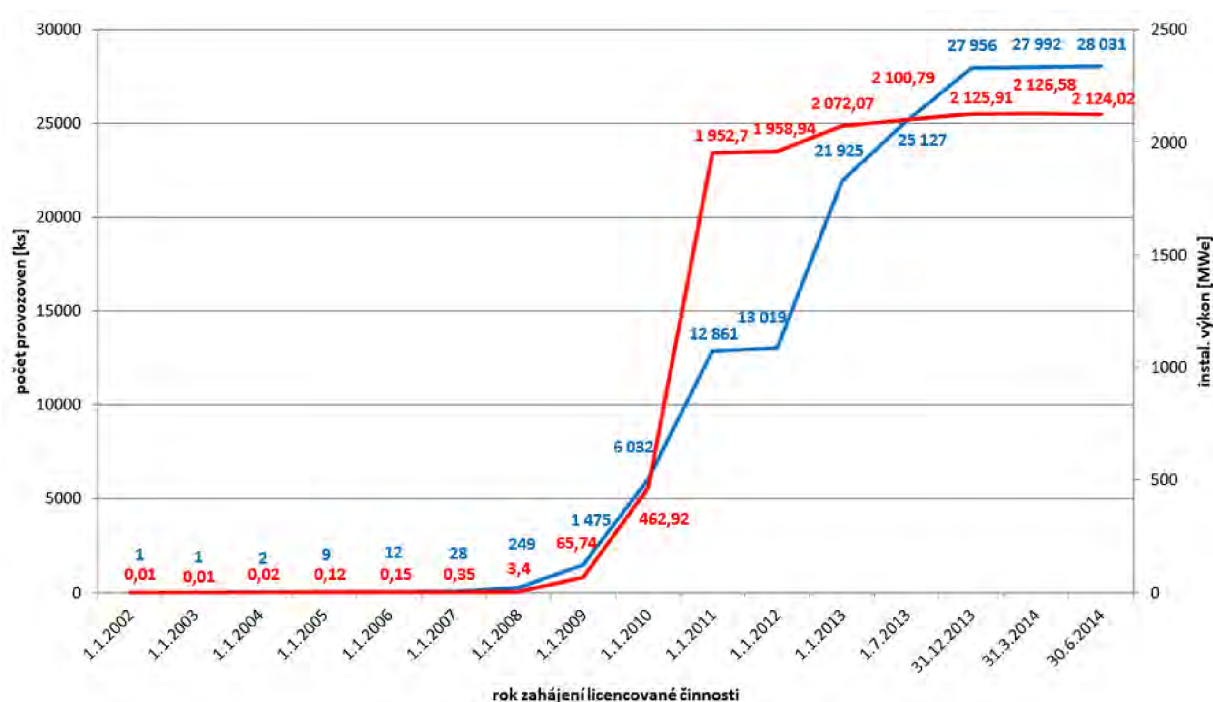


Obrázek 2.3 Síťový FV systém.

3 FOTOVOLTAIKA V ČR

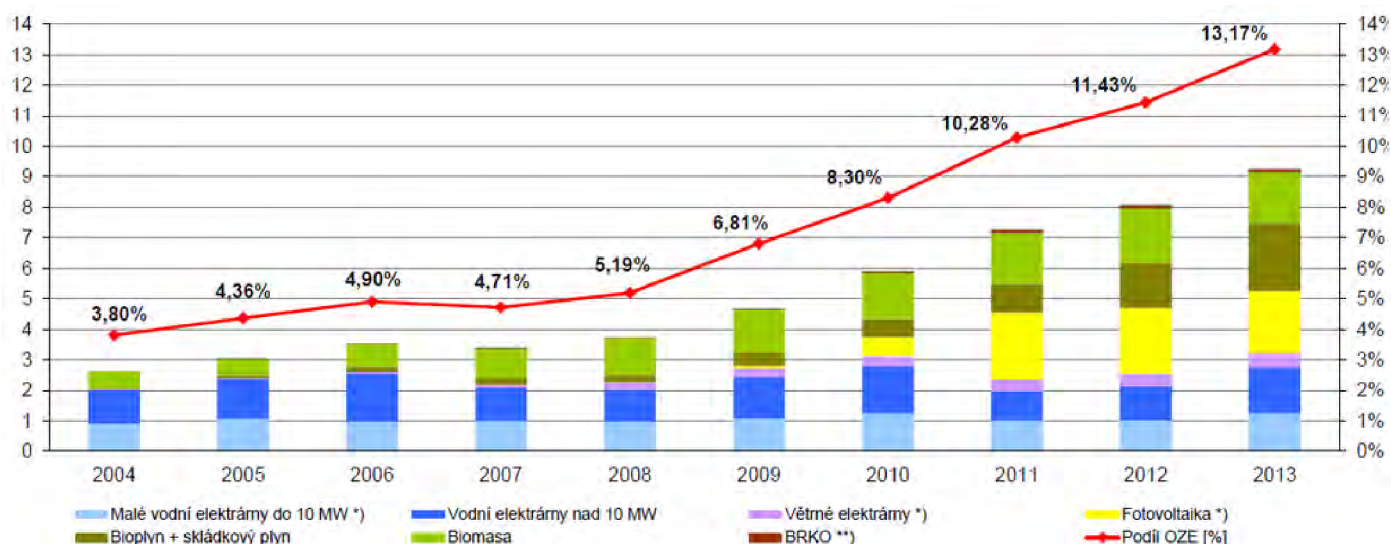
3.1 Přehled FVE v ČR

Vzhledem k podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů a velice dobré návratnosti investice do fotovoltaických elektráren o výkonu vyšším jak 1 MW mezi lety 2007 – 2011 bylo postaveno velké množství FVE na principu on-grid, jejichž funkcí je vyrobenou elektrickou energii dodávat do distribuční soustavy. Tyto elektrárny jsou především instalovány na volných prostranstvích. V současnosti kdy pro provozovatele fotovoltaických elektráren již neplatí žádné dotované výkupní tarify, se tento “boom“ razantně zpomalil. Jak je vidět na obrázku 3.1. Který popisuje počet provozoven a instalovaný výkon.



Obrázek 3.1 Vývoj instalovaného výkonu FVE (červená) a počtu jednotlivých provozoven (modrá) k 30. 6. 2014 (6).

Srovnání s dalšími obnovitelnými zdroji je na obrázku 3.2. V rámci sektoru OZE byla výroba elektřiny z FVE na čtvrtém místě, za výrobou z vodních elektráren, bioplynových stanic + skládkového plynu a biomasy. Naopak větrné elektrárny vyrobily v daném roce necelou čtvrtinu toho co FVE.



Obrázek 3.2 Vývoj výroby elektřiny z OZE a její podíl na hrubé domácí spotřebě (6).

3.2 Fotovoltaika a její podpora v Nové zelené úsporám

V dotačním programu Nová zelená úsporám je od 15. 10. 2015 podporována mj. fotovoltaika pro rodinné domy. Kromě samotné elektrárny je možné získat příspěvek také na ohřev vody fotovoltaikou, akumulátory elektřiny. U každého projektu možné požádat o příspěvek na zpracování posudku a dokumentace ve výši 5 000 Kč. Domácí elektrárny s připojením do distribuční sítě jsou podporovány ve variantách s akumulátory i bez nich. Elektrárna musí být instalována na střeše objektu zapsaném v katastru nemovitostí a její maximální výkon je omezen na 10 kW. Podporovány jsou:

- Malé domácí elektrárny s bez akumulace elektřiny, které nepotřebovanou energii využívají pro ohřev vody, a s celkovým využitelným ziskem větším než 1700 kWh/rok
- Malé domácí elektrárny s akumulátorem elektrické energie a s celkovým využitelným ziskem větším než 1700 kWh/rok
- Malé domácí elektrárny s akumulátorem elektrické energie a s celkovým využitelným ziskem větším než 3000 kWh/rok

Program také podporuje systémy pro fotovolatický ohřev vody. Jedná se o zásobník s topnou spirálou, kterou napájí proud z fotovoltaických panelů. Systém musí být vybaven optimalizační elektronikou (MPPT regulátor), která zajišťuje co nejúspěšnější práci a musí pokrýt více než 50 % energie potřebné na ohřev vody v domácnosti. Zásobník musí mít objem nejméně 80 litrů na jeden kW_p výkonu fotovoltaických panelů. Celkový výkon panelů omezen není.

Ve všech případech je požadována monitorovací a optimalizační elektronika, která hlídá stav aktuální spotřeby a výroby elektřiny v domě. Na místě musí být spotřebováno minimálně 70 % z celkového teoretického zisku systému. Podmínky dále upravují účinnost FV panelů, střídače a MPPT regulátoru. Zjednodušeně řečeno je nutné použít kvalitní produkty. Pokud má elektrárna akumulátor, musí mít minimální kapacitu 1,75 kWh/kWp instalovaného výkonu.

Na jeden rodinný dům je možné uplatnit jen jednu žádost, ta však může obsahovat kombinaci několika oblastí podpory. Minimální účinnost panelů je 10 % (tenkovrstvé) a 15 % (mono a polykrystalické). Pro fotovoltaiku s výkonem do 10 kWp a nesloužící k podnikání (tzn. elektřina z ní není určena na prodej, ale na vlastní spotřebu) není potřeba licence ani živnostenský list. Instalací a provozem takové elektrárny se z uživatele nestává podnikatel. Celkový přehled o výši dotací je v tabulce 1.1.

Tabulka 1.1 Výše dotací v programu Nová zelená úsporám.

Druh zařízení	Max. výše dotace (Kč)
Solární termický systém na přípravu teplé vody	35 000
Solární termický systém na přípravu teplé vody a přitápění	50 000
Solární FV systém pro přípravu teplé vody s přímým ohřevem	35 000
Solární FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700$ kWh/rok	55 000
Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700$ kWh/rok	70 000
Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000$ kWh•rok-1	100 000

3.3 Novela energetického zákona

Novelizovaný energetický zákon (č. 458/2000 Sb.), který vejde v platnost od 1.1.2016 zavádí hned několik změn. Podporované zdroje energie, například větrné a sluneční elektrárny zatím povinně dotovali jenom spotřebitelé elektřiny. Novela energetického zákona si zavádí jednotku Kč/A/měsíc podle velikosti hlavního jističe před elektroměrem, ale zároveň obsahuje garanci, že nikdo nezaplatí více než doposud. Letošní poplatek činí 495 Kč/MWh (megawatthodinu) bez DPH. Kdo neodebere žádný proud, nemusí ekologickou výrobu elektřiny podporovat vůbec.

Příklad: Domácnost spotřebuje 2 MWh elektřiny za rok. Letos zaplatí na podporu ekologické výroby energie 990 Kč bez DPH (2 x 495 Kč). Stejná domácnost má hlavní jistič velikosti 1x25A. Nový poplatek předpokládejme ve výši 5 Kč/A/měsíc, což dělá 1 500 Kč bez DPH (5 Kč x 25 ampér x 12 měsíců). Novela energetického zákona ovšem říká, že domácnost zaplatí maximálně původní částku, takže 990 Kč.

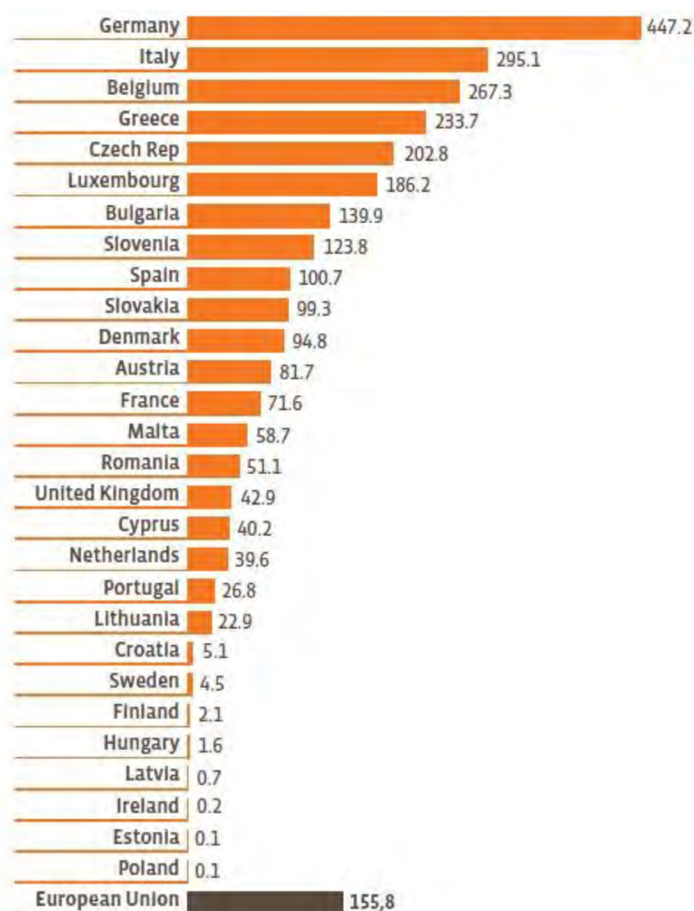
Změnou je snížení administrativní zátěže pro podnikatele, a pro fyzické osoby či domácnosti, které si budou chtít ke svým domům pořídit malé zdroje energie do 10 kW a vyrábět si tak energii ke krytí své vlastní spotřeby. Ti nebudou potřebovat licenci od regulačního úřadu.

Přestavbu čeká instituce, která rozporuje a schvaluje distribuční poplatky pro velké energetické skupiny. V čele Energetického regulačního úřadu je Rada, která má pět členů. Členy a jejího předsedu jmenuje a odvolává vláda na návrh ministra průmyslu a obchodu. Funkční období členů je 5 let. Rada rozhoduje hlasováním. Každý člen má jeden hlas,“ říká novelizovaný energetický zákon v § 17b. Vícehlavý sbor doplní nebo nahradí dosavadní jedinou předsedkyni, jmenovanou prezidentem republiky a odvolatelnou pouze ze závažných důvodů.

4 FVE V GLOBÁLNÍM MĚŘÍTKU

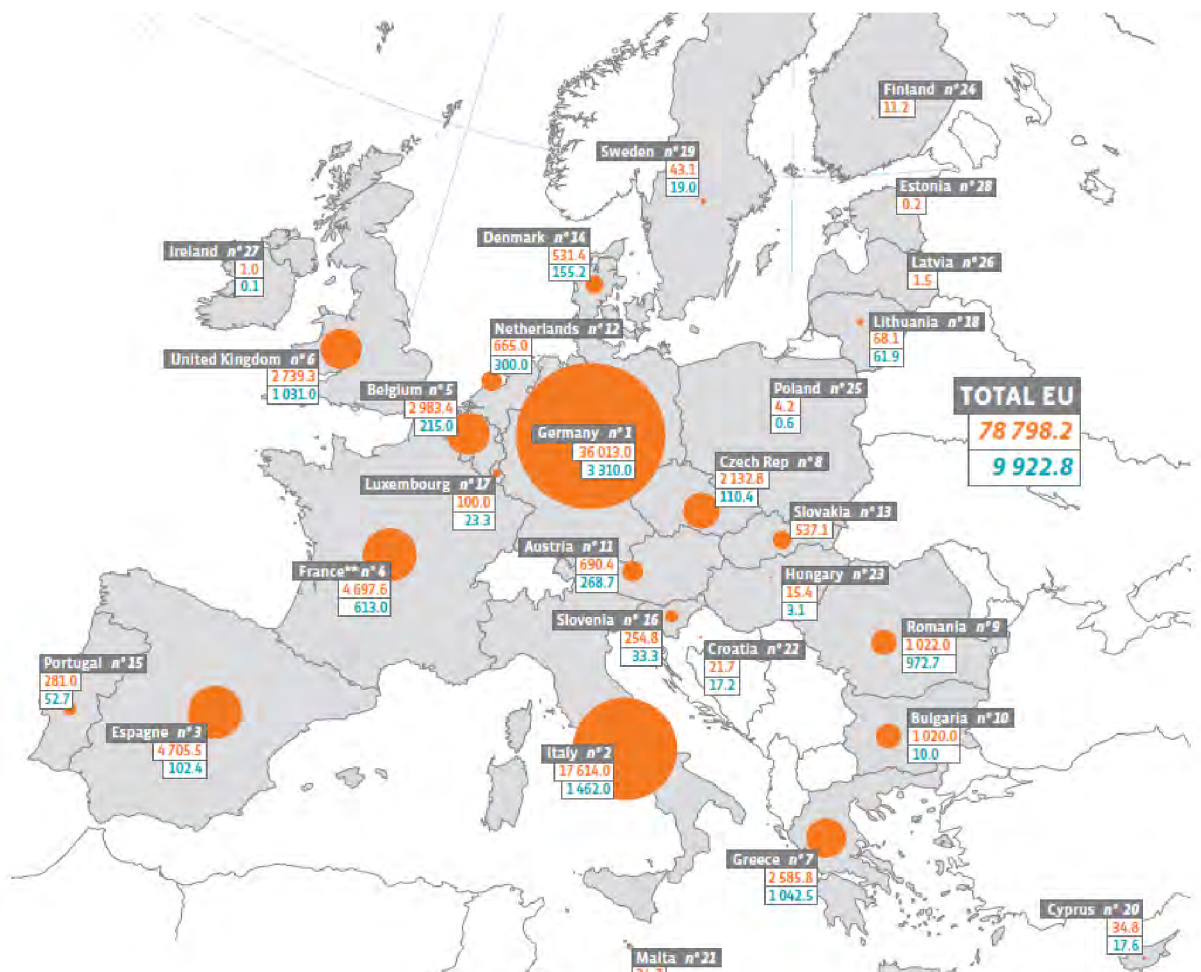
4.1 Domácí FVE v popředí

Česká republika stále zaujímá přední příčky mezinárodních statistik, a to i přes útlum tohoto odvětví v posledních letech. V evropském kontextu se v roce 2013 umístila na 5. místě, ve srovnání instalovaného výkonu na jednoho obyvatele. Ten v loňském roce činil 202,8 Wp/ob., což nás řadilo jak nad průměr samotné EU, tak před některé státy s mnohem výhodnějšími světelnými podmínkami, jakými jsou např. Bulharsko, Španělsko nebo Portugalsko, viz obrázek 4.1. Na tomto místě je vhodné uvést, že EU současně patří mezi globální lídry ve využívání sluneční energie.



Obrázek 4.1. Srovnání států EU dle měrného instalovaného výkonu vztaženého na počet obyvatel. Uvedená čísla jsou ve Wp/ob (6).

V rámci Evropy nezaostává ČR ani ve srovnání celkové instalované kapacity. Ta, dle původních údajů ERÚ, činila ke konci loňského roku 2 132,4 MWp, což představuje 8. příčku mezi státy EU, viz obrázek č. 4.2.



Obrázek 4.2. Srovnání států EU dle celkového instalovaného výkonu (oranžová čísla v MWp ke konci roku 2013) a dle přírůstku ve výkonu, který byl instalován během roku 2013 (modrá čísla v MWp) (6).

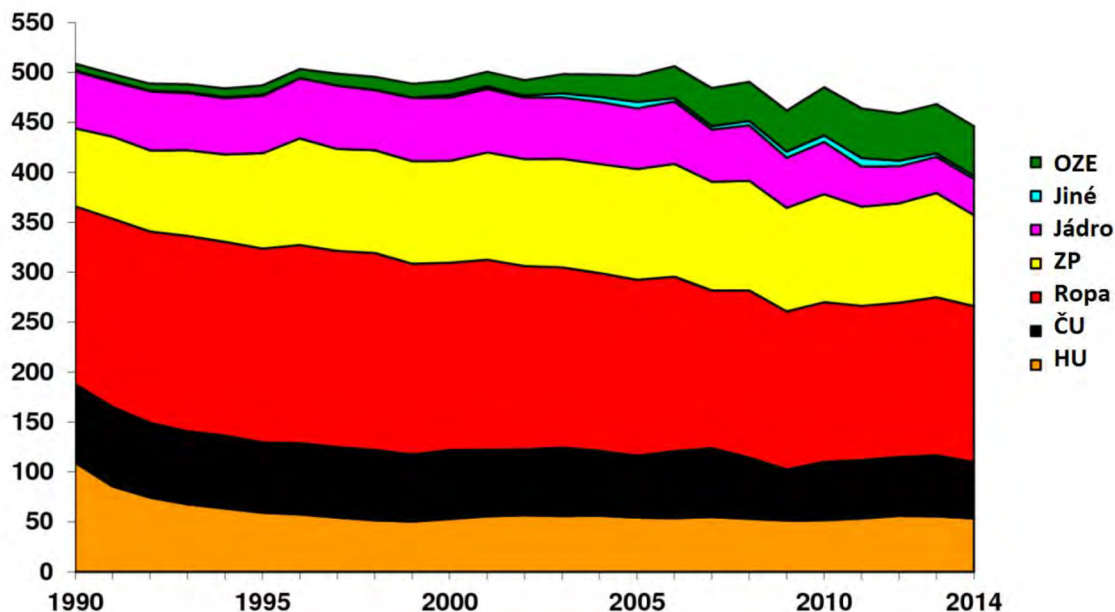
4.2 Srovnání s Německem

Německo je stejně jako v mnoha jiných technických oborech i v energetice světovou špičkou, se pustilo do ambiciózního projektu – přechodu na nízkouhlíkovou a udržitelnou energetiku, založenou na úsporách a obnovitelných zdrojích. Tyto ambice však mají dopady na celý energetický sektor v Evropě. “Energiewende“ je přechod od neudržitelného využívání fosilních paliv a jaderné energie k udržitelnému zásobování energií z obnovitelných zdrojů. Cílem je minimalizace ekologických, společenských a zdravotních problémů konvenční energetiky a jejich internalizace, tedy zahrnutí do ceny energie, což se dosud neděje. Dalším cílem je dekarbonizace, tedy ukončení spalování fosilních paliv a omezení emisí CO₂. Vývoj spotřeby energetický zdrojů popisuje obrázek 4.3.

Vývoj spotřeby primárních energetických zdrojů v Německu 1990-2014

Mil. tce (uhelný ekvivalent) 1 tce=29,307 GJ

Mio. t SKE



Obrázek 4.3 Vývoj spotřeby energetických zdrojů v Německu letech 1990–2014 (7).

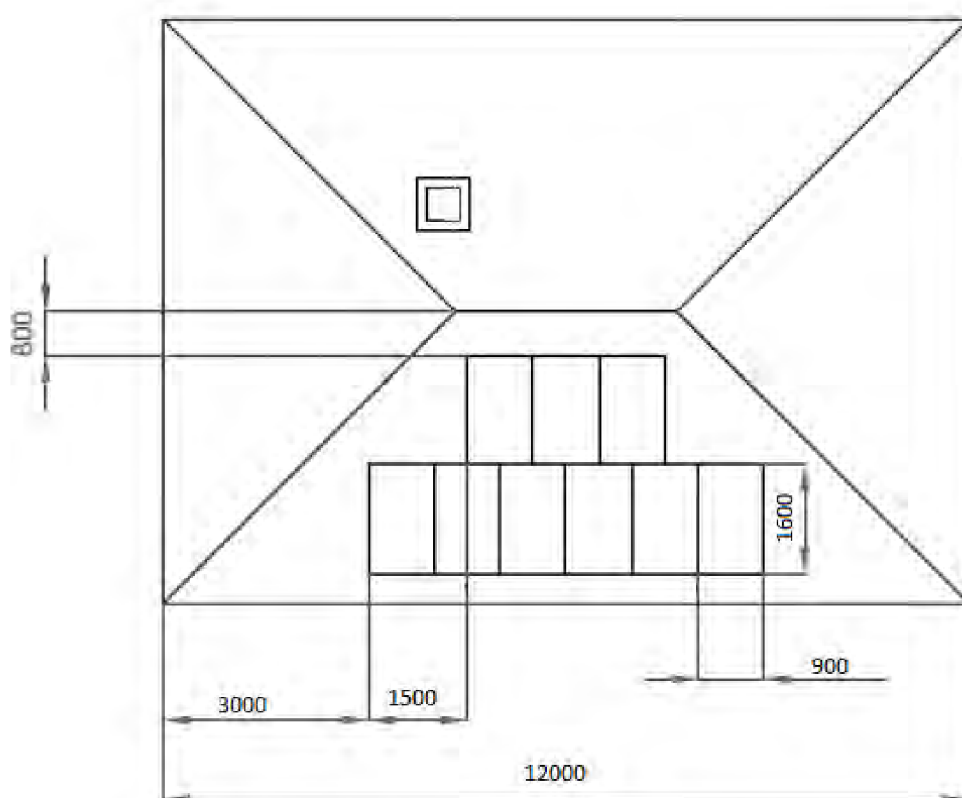
Během posledních let zažila fotovoltaika v Německu obrovský boom, díky kterému dosáhl počet fotovoltaických instalací 1,5 milionů. V roce 2014 fotovoltaika pokryla téměř 7 % celkové spotřeby. Solární elektrárny mají v Německu celkový výkon přes 36 GW. Solární elektrárny dodávají elektřinu osmi milionům domácností v Německu. I zde projevuje určité zpomalení ve výstavbě nových FVE. Důvodem je pokles dotací, ostrý konkurenční tlak a snižování cen fotovoltaických komponentů. Vedl v posledních 3 letech k vlně bankrotů mnohých výrobců solárních komponentů. V průběhu roku 2013 došlo až k 50% poklesu pracovních míst v německé fotovoltaice.

Poplatek za podporu obnovitelných zdrojů v Německu stanovený na základě zákona o obnovitelných zdrojích bude v roce 2016 vyšší. Měl by se zvednout o 0,2 Centů na celkových 6,35 Centů za kWh. Růst ale pro zákazníky neznamena příliš velké zvýšení ročních účtů za elektřinu. Německá domácnost, která průměrně spotřebuje 4 000 kWh, zaplatí o 8,76 EUR za rok více. Německo chce od roku 2016 zrušit podporu akumulátorů pro OZE. Díky této podpoře může v kombinaci se solární elektrárnou každý požádat o dotaci až 660 (cca 18 000 Kč) euro za kWp instalovaného výkonu. Nyní schéma podpory funguje již třetí rok, po kterém má být ukončeno.

5 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

5.1 Vlastní návrh mikro-systému v rodinném domě

Rodinný dům stojí v kraji Vysočina v obci Naloučany, GPS souřadnice 49.232381 N, 16.135910 E. Sedlová střecha domu bude orientována téměř jižním směrem s azimutem 170° od severního pólu, bez zastínění a sklonem střechy 25° . Celková plocha jižní strany střechy je přibližně 30 m^2 . Využitelná plocha střechy po odečtení minimálních vzdáleností a technologické rezervě (např. hřebeny, svod bleskosvodu, atd.) vychází přibližně 25 m^2 . Při předpokládaném plném využití plochy, by na střechu šlo umístit až 15 kusů panelů. Vzhledem k lichoběžníkovému profilu střechy, je nutné provést grafický projekt s předpokládaným rozložením panelů po využitelné ploše střechy a stanovit počet umístěných panelů graficky. Pomocí grafického rozmístění bylo stanoveno, že konečný počet FV panelů umístěných na jižní straně střechy bude 9 kusů. Při zapojení 9 kusů FV panelů bude možno dosáhnout při ideálních podmínkách jmenovitého špičkového výkonu $P_{mp}=2,25 \text{ kWp}$ navrhovaného systému. Rozložení panelů je zobrazeno na obrázku Obr. 5.1.



Obrázek 5.1. Rozložení FV panelů na střeše RD.

Pro zvolený typ střechy o malé celkové využitelné ploše jižní strany a lepším vlastnostem přeměny dopadajícího slunečního záření je zvolen polykrystalický typ fotovoltaických panelů. Výrobce panelů byl zvolen s ohledem na poměr cena/výkon, životnosti, spolehlivosti, odolnosti ke klimatickým podmínkám, dosažitelného elektrického výkonu při nízkých hodnotách ozáření a vysokých teplotách.

Výše uvedeným parametrům vhodně vyhovuje FV panel STP6-250/60 společnosti Schutten Solar. Elektrické vlastnosti panelu jsou uvedeny v tabulce Tab. 5.2. Pořizovací cena z internetových e-schopů panelu Schutten Solar STP6-250/60 činí 5 250 Kč/ks s DPH. Kompletní katalogový list FV panelu STP6-250/60 je uveden v příloze A.

Tabulka 5.2. Elektrické vlastnosti zvoleného FV panelu.(8)

Elektrické vlastnosti	
Jmenovitý výkon (Pmp)	250,00 Wp
Tolerance výkonu	0 +5 %
MPP napětí (Vmp)	29,90 V
MPP proud (Imp)	8,35 A
Napětí naprázdno (V0c)	37,10 V
Zkratový proud (Isc)	8,92 A
Přípustné systémové napětí	1000
Účinnost FV panelu (η_c)	17,7 – 18,0 %
Minimální účinnost FV panelu (η_m)	15,4 – 15,7 %

5.2 Výběr střídače

Pro tento malý FV systém byl zvolen střídač Fronius Galvo, ideální pro domácnosti – je vhodný především pro systémy s vlastní spotřebou. Integrované relé Energy management umožňuje maximalizovat vlastní spotřebu. Řada dalších chytrých funkcí Fronius Galvo: například – integrované ukládání dat, jednoduché připojení k internetu přes WLAN, nebo plug-in card technologie pro přidání dalších funkcí. Cena tohoto střídače je 29 000 Kč s DPH. Střídač je na obrázku 5.3 a datasheet je v příloze B.



Obrázek 5.3 Střídač Fronius Galvo (7).

5.3 Predikce výroby elektrické energie

K predikci předpokládané produkce elektrické energie navrhovaného systému FVE bylo využito geografického informačního systému Evropské unie (EU) – Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) k podpoře projektu EU. Pomocí zadaných dat do internetové aplikace PVGIS byly získány orientační data o intenzitě dopadajícího slunečního záření na metr čtverečný v dané lokalitě a produkci elektrické energie navrhovaného systému HFVE. Získaná data zobrazuje tabulka Tab. 5.3

Tabulka 5.3 Odhadovaná intenzita dopadajícího slunečního záření a produkce elektrické energie.

Měsíc	E_d (kWh)	E_m (kWh)	H_d (kWh · m ⁻²)	H_m (kWh · m ⁻²)
Leden	2.6	63.8	1.9	33.7
Únor	3.83	107	2.4	57.2
Březen	6.69	207	3.69	114
Duben	9.17	275	5.27	158
Květen	9.8	282	5.37	166
Červen	9.29	279	5.56	167
Červenec	9.13	283	5.52	171
Srpen	8.61	267	5.16	160
Září	6.88	207	4.00	120
Říjen	4.78	148	2.67	82.8
Listopad	2.38	71.5	1.29	38.8
Prosinec	1.68	52.2	0.89	27.7
Roční průměr	6.14	187	3.55	108
Celkem		2240		1300

E_d - průměrná denní produkce elektrické energie daného systému.

E_m - průměrná měsíční produkce elektrické energie daného systému.

H_d - průměrná denní intenzita slunečního záření dopadajícího na moduly daného systému.

H_m - průměrná měsíční intenzita slunečního záření dopadajícího na moduly daného systému.

6 ZHODNOCENÍ NÁVRHU FV SYSTÉMU PRO RODINNÝ DŮM

6.1 Spotřeba rodinného domu

Jelikož RD je vytápěn plynem a ohřev teplé vody je řešen stejným způsobem, výpočet celkové spotřeby ostatních spotřebičů je v tabulce 6.1.

Tabulka 6.1. Spotřeba elektrické energie v domácnosti.

Spotřebič:	Výkon P (kW)	Doba provozu: t (h)	Spotřeba: Es (kWh)
LCD televize 70"	0,1	3	0,3
LCD televize 40"	0,06	1	0,06
Indukční deska	1,1	1	1,1
Chladnička s mrazničkou	0,15	24	3,6
Pračka	0,7	1	0,7
Mikrovlnná trouba	0,8	0,2	0,16
Výpočetní technika	0,25	4	1
Ovětlení	0,1	4	0,4
Celková denní spotřeba domácnosti			7,32 kWh
Celková roční spotřeba domácnosti			2672 kWh

tabulka Tab. 6.2 zobrazuje porovnání dat z matematického modelu PVGIS o výrobě elektrické energie z navržené FVE, vypočtené měsíční průměrné spotřebě domácnosti a odběru elektrické energie z distribuční elektrické sítě a dodané elektrické energii do sítě.

Tabulka 6.2 Rozložení elektrické energie pro rodinný dům.

Měsíc	E_{mp} (kWh)	E_{ms} (kWh)	E_{mo} (kWh)	E_{mv} (kWh)
Leden	63.8	222	158,2	0
Únor	107	222	115	0
Březen	207	222	15	0
Duben	275	222	0	53
Květen	282	222	0	60
Červen	279	222	0	57
Červenec	283	222	0	61
Srpen	267	222	0	45
Září	207	222	15	0
Říjen	148	222	74	0
Listopad	71.5	222	150,5	0
Prosinec	52.2	222	169,8	0
Celkem za rok	2242	2664	697,5	276

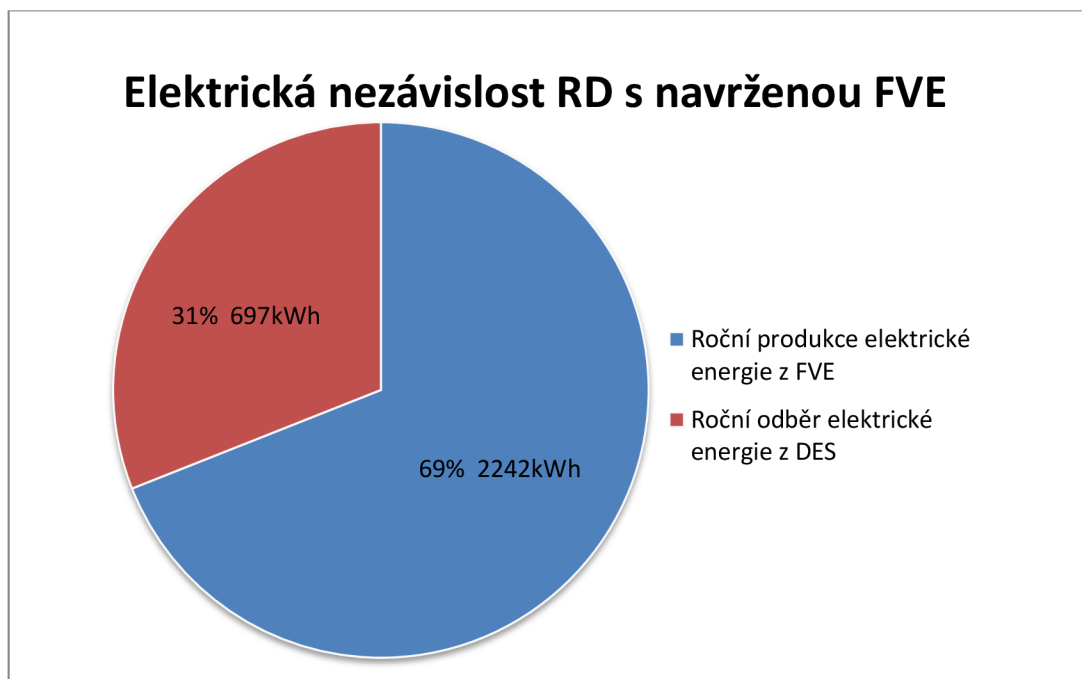
E_{mp} – průměrná měsíční produkce elektrické energie FVE.

E_{ms} – průměrná měsíční spotřeba elektrické energie typové domácnosti.

E_{mo} – průměrný měsíční odběr elektrické energie z distribuční elektrické sítě.

E_{mv} – průměrná měsíční elektrická energie vyrobena do distribuční elektrické sítě.

Z tabulky 6.2. vyplývá, že rodinný dům bude v letních měsících zcela soběstačný a dokonce bude dodávat část vyrobené el. energie do distribuční elektrické sítě. Na obrázku 6.3 je zobrazena procentuální nezávislost RD na dodávané el. energii.



Obrázek 6.3 Elektrická nezávislost RD s navrženou FVE.

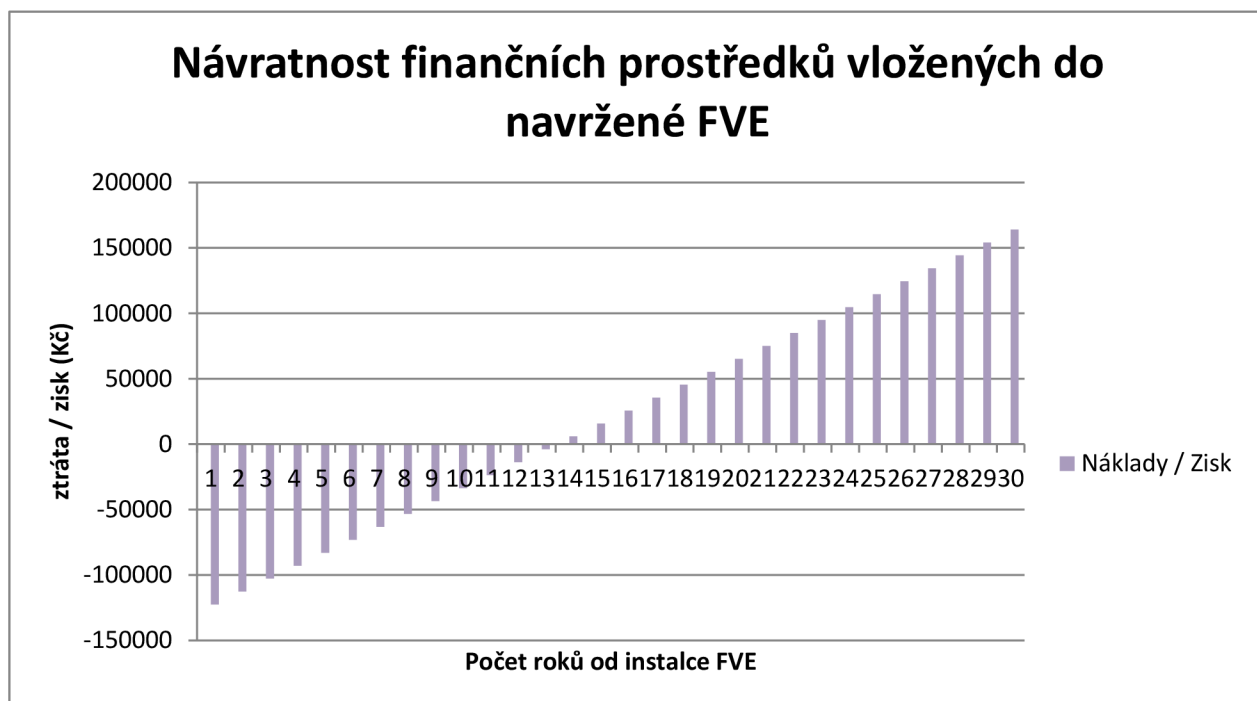
6.2 Pořizovací náklady a návratnost

Náklady na zbudování FVE uvedené v tabulce Tab. 6.3, tvoří základní finanční položky celého rozpočtu na vybudování HFVE pro rodinný dům. Veškeré uvedené ceny jsou čerpány z internetových cen.

Tabulka 6.3 Náklady na zbudování FVE.

Název	Množství	Cena za jednotku s DPH	Cena celkem s DPH
Fotovoltaické panely	9 ks	5 250 Kč	47 250 Kč
Střídač	1 ks	29 000 Kč	29 000 Kč
Spotřební materiál	25 ks	1 000 Kč	25 000 Kč
Montáž	1 ks	21 000 Kč	21 000 Kč
Celková cena			122 250 Kč

Před použitím FVE byla roční spotřeba el. energie RD 2664 kWh, což při ceně elektřiny 4,20 Kč za kWh udává 11 200 Kč ročně za el. energii. V případě použití FVE je roční spotřeba el. energie RD z distribuční soustavy pouze 697 kWh, přepočteno na koruny 2930 Kč. V případě dodání přebytkové elektrické energie do distribuční soustavy, bude roční úspora ještě o 1324 Kč méně, tedy 1326 Kč. Pro výpočet byla použita výkupní cena 4,80 Kč za dodanou kWh. Každý rok od instalace FVE bude ušetřeno 9880 Kč. Grafické zobrazení návratnosti finančních prostředků do výstavby FVE je na obrázku 6.4.



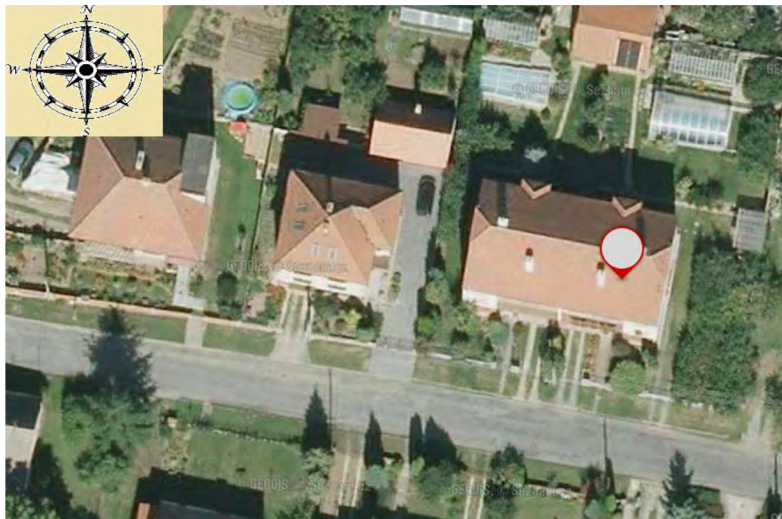
Obrázek 6.4 Návratnost finančních prostředků vložených do FVE.

7 NÁVRH HYBRIDNÍ FVE

7.1 Požadavky na návrh HFVE

- Schopnost napájet domácnost i bez energie z veřejné elektrické sítě
- Akumulace přebytečné energie do baterií.
- Inteligentní řízení dobíjení a spotřeby.
- Využití s tepelným čerpadlem pro ohřev teplé vody.

Jedná se o návrh HFVE pro rodinný dům č.p. 74 v obci Jinošov na Vysočině. Poloha domu je na obrázku 7.1. Sedlová střecha domu je orientována jižním směrem s azimutem 190° od severního pólu, bez zastínění a sklonem střechy 22° . Celková plocha jižní strany střechy je přibližně 75 m². Pohled na jižní stranu domu je na obrázku 7.2.



Obrázek 7.1 Poloha rodinného domu.(8)



Obrázek 7.2 Pohled na jižní stranu domu (8).

7.2 Predikce výroby elektrické energie

K predikci opět použijeme software PVGIS. Jeho výstup je přiložen v příloze E. Po zadání, dále popsány vstupních hodnot, výstupem jsou orientační data o dopadající intenzitě slunečního záření. Získaná data jsou v tabulce 7.1.

- Lokalita: 49°13'52" N, 16°11'50" E
- Nadmořská výška: 480 m n.m.
- Jmenovitý výkon systému: 9 kW
- Použitá technologie FV panelů: krystalický křemík
- Odhadované ztráty v důsledku teploty a nízké intenzitě záření: 11,2 %
- Odhadované ztráty v důsledku odrazivosti: 3,2 %
- Ostatní ztráty (vodiče, měniče, regulátory, akumulátory.): 28 %

Tabulka 7.1 Odhadovaná intenzita dopadajícího slunečního záření a produkce elektrické energie RD v obci Jinošov 74.

Měsíc	E_d (kWh)	E_m (kWh)	H_d (kWh · m ⁻²)	H_m (kWh · m ⁻²)
Leden	6.35	197	1.6	32.9
Únor	11.50	322	1.95	54.6
Březen	20.20	627	3.56	110
Duben	28.00	839	5.18	155
Květen	28.20	873	5.36	166
Červen	29.30	878	5.64	169
Červenec	28.90	897	5.63	175
Srpen	26.60	824	5.13	159
Září	21.00	629	3.90	117
Říjen	14.20	440	2.53	78.5
Listopad	7.11	213	1.22	36.7
Prosinec	5.1	155	0.84	26.0
Roční průměr	18.90	575	3.51	107
Celkem		6890		1280

E_d - průměrná denní produkce elektrické energie daného systému.

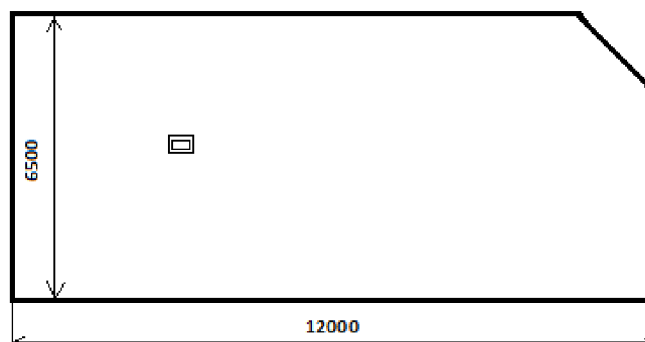
E_m - průměrná měsíční produkce elektrické energie daného systému.

H_d - průměrná denní intenzita slunečního záření dopadajícího na moduly daného systému.

H_m - průměrná měsíční intenzita slunečního záření dopadajícího na moduly daného systému.

7.3 Volba FV panelů

Před výběrem typu panelů, bylo potřeba spočítat maximální počet FV panelů. Plocha jednoho FV panelu je přibližně 1.6 m². Z velké plochy střechy 75 m², vyplývá, že budeme moct osadit až 36 kusy FV panelů, včetně bezpečných. Vzhledem k využití HFV systému s tepelným čerpadlem, bude potřeba zajistit dostatečný výrobní výkon. Půdorys střechy je na obrázku 7.3.



Obrázek 7.3 Půdorys střechy.

Pro typ střechy o velké využitelné ploše jižní strany a lepším vlastnostem přeměny dopadajícího slunečního záření je zvolen polykrystalický typ fotovoltaických panelů. Výrobce panelů byl zvolen s ohledem na velké počet panelů a na poměr cena/výkon. Životnosti a spolehlivosti, odolnosti ke klimatickým podmínkám.

Výše uvedeným parametrům vhodně vyhovuje jako v předešlém případě FV panel STP6-250/60 společnosti Schutten Solar. Elektrické vlastnosti panelu jsou uvedeny v tabulce Tab. 8.2. Pořizovací cena FV panelu Schutten Solar STP6-250/60 činí 5 250 Kč/ks s DPH. Kompletní katalogový list FV panelu STP6-250/60 je uveden v příloze A.

Tabulka 7.2. Elektrické vlastnosti zvoleného FV panelu.(8)

Elektrické vlastnosti	
Jmenovitý výkon (P_{mp})	250,00 Wp
Tolerance výkonu	0 +5 %
MPP napětí (V_{mp})	29,90 V
MPP proud (I_{mp})	8,35 A
Napětí naprázdno (V_{0c})	37,10 V
Zkratový proud (I_{sc})	8,92 A
Přípustné systémové napětí	1000
Účinnost FV panelu (η_c)	17,7 – 18,0 %
Minimální účinnost FV panelu (η_m)	15,4 – 15,7 %

Zapojení FV panelů bude do dvou obvodů, a to do každého střídače. Abychom dosáhli co nejlepšího pracovního napětí a proudu, bude použito sérioparalelní kombinace. Konkrétně v každém obvodu budou tři paralelní stringy a každý string bude obsahovat šestici FV panelů. Tímto bude dosaženo v každém obvodu napětí na prázdnou přibližně 120 V DC a proud nakrátko 54 A. Tímto zapojením dosáhneme optimálního pracovního napětí.

7.4 Volba střídačů

Střídač představuje hlavní část HFV systému. Vzhledem k velkému počtu FV panelů, bude zapotřebí použití dvou střídačů, jako hlavní parametry určující vlastnosti střídače jsou, špičkový výkon instalovaných panelů, tomu musí odpovídat výkon střídače. Samozřejmě cena a spolehlivost, účinnost přeměny DC/AC, životnost a počet fází. Jelikož navrhovaný systém, bude dvoufázový a byl vybrán s ohledem na tyto kritéria střídač XTM 4000-48, vyrobený ve Švýcarsku, společností Studer Innotec. Cena tohoto střídače je 55 450 Kč s DPH, datasheet je v příloze C. Střídač je zobrazen na obrázku 7.4.



Obrázek 7.4 Střídač XTM 4000-48. (9)

Hybridní střídač deklaruje trvalý výkon při 25°C 3500VA, krátko doby výkon 30 minut 4000VA a po 5sec až 10500VA. Každý okruh bude dosahovat špičkového výkonu 4500VA. Uvedené hodnoty jsou pro navrhovaný systém dostačující, vzhledem k umístění a našich klimatických podmínek není předpoklad, že by systém pracoval na maximální výkon déle než 30 minut. Mezi hlavní výhody toho střídače patří, vysoká účinnost 96%, inteligentní dobíjení baterií proudem až 50A, umožňuje napájení domácnosti i bez dodávek z veřejné elektrické sítě. Parametry střídače jsou v tabulce 7.3.

Tabulka 7.3. Vlastnosti hybridního střídače XTM 4000-48.

Popis měniče	
Nominální napětí baterie	48 V
Účinnost	96 %
Stálý výkon	4000 VA

7.5 Výběr solárního regulátoru

Pro bezproblémovou komunikaci mezi jednotlivými komponenty a správnou funkčností HFV systému, je vhodné zvolit solární regulátor od stejného výrobce jako střídač. S ohledem na výkon FV panelů je zapotřebí dvou regulátorů. Každý bude pracovat s teoretickým maximálním výkonem 4500 Wp o vstupním napětí 120V. Těmto parametrům nejlépe vyhovuje regulátor VarioTrack VT-80 vyrobený firmou Studer Innotec, tudíž stejnou jako střídač. Datasheet je v příloze D a regulátor je zobrazen na obrázku 7.5.



7.5 Solární regulátor VarioTrack VT-80 (10).

Mezi hlavní výhody patří vysoká účinnost 98%, čtyři cykly nabíjení baterií pro zvýšení jejich životnosti. Cena toho MPPT regulátoru je 15 930 Kč s DPH. Vlastnosti uvádí tabulka 7.3.

Tabulka 7.4 Parametry regulátoru Variotrack VT-80.

Regulátor VarioTrack VT-80	
Maximální výkon	5000 W
Maximální napětí	150 V DC
Maximální výstupní proud	80 A
Jmenovité napětí baterií	48 V
Účinnost přeměny	98%
Záruka	5 let

7.6 Výběr baterií

Při výběru akumulátoru, byl zvolen trakční kyselinový akumulátor. Jeho technologie umožňuje velký počet cyklů nabíjení a vybíjení. Provoz těchto akumulátorů je téměř bezúdržbový, jediné co je potřeba je kontrola hladiny elektrolytu. Navrhovaná HFVE bude obsahovat i tepelné čerpadlo, tudíž bude zapotřebí akumulátor s větší kapacitou, aby případné přebytky vyrobené el. energie bylo kde uložit. Napětí zvolených střídačů pracuje s hodnotou 48V, je proto vhodné zvolit akumulátor o stejné hodnotě napětí.

K ochraně akumulátorů nebudou nikdy vybíjeny pod úroveň 80%, tímto opatřením lze dosáhnout využití maximální životnosti akumulátorů. Pro tento systém byl zvolen trakční kyselinový akumulátor SOL48/1000. Tento akumulátor o kapacitě 1000Ah, se skládá z dvaceti-čtyř 2V článků zapojených do série. Akumulátor je zobrazen na obrázku 7.6.



Obrázek 7.6. Trakční kyselinový akumulátor SOL 48/1000 (11).

Životnost akumulátoru udávána výrobcem je cca 1500 cyklů při 80% vybití. Předpokládaná životnost ve fotovoltaické instalaci je pak přibližně 10 let. Cena tohoto akumulátoru je 115 100 Kč s DPH. Uvedená cena obsahuje i 20l destilované vody na doplňování hladiny elektrolytu. Nevýhodou toho akumulátoru mohou být jeho rozměry a hmotnost. Rozměry jednoho 2V článku jsou 198x155x600mm a hmotnost jednoho 2V článku je 53 kg.

7.7 Výběr tepelného čerpadla

Tepelná čerpadla se v současné době stávají stále více žádanými. Výrazný vliv na rostoucí popularitu těchto energetických zařízení mají především neustále se zvyšující ceny energií. Tento trend bude bez ohledu na politické dění či změny v ekonomice nadále pokračovat. Tepelná čerpadla získávají přibližně 70% energie z okolí a pouze 30% energie spotřebuje na přeměnu tepla. Zjednodušeně tedy platí, že tepelné čerpadlo k výrobě 100% tepelné energie, spotřebuje pouze 30% elektrické energie. Mezi negativní faktory patří vysoká vstupní investice v řádu stovek tisíců.

V okolním prostředí (vzduch, voda, země) je obsaženo velké množství tepla. Toto teplo ale nelze vzhledem k nízké teplotní hladině přímo využít pro vytápění nebo ohřev vody. Pokud chceme teplo z okolního prostředí využít, musíme ho převést na vyšší teplotu. K tomu nám poslouží tepelné čerpadlo, a to za použití chladiva – látky, jejíž nejdůležitější vlastností je nízký bod varu. Ten musí být nižší než teplota okolního prostředí, ze kterého je teplo čerpáno. Chladivo se vlivem nízké teploty při styku s okolním prostředím vypařuje. Když se dostane do plynného stavu, je stlačeno kompresorem, čímž se jeho teplota zvýší na úroveň použitelnou k vytápění nebo ohřevu vody. Ohřáté chladivo je vpuštěno do kondenzátoru, kde předá své teplo topnému médiu. Tím se jeho teplota sníží a chladivo opět přejde do kapalného stavu. Poté opět pokračuje do kompresoru a celý cyklus se opakuje.

Pro volbu správného výkonu tepelného čerpadla, je potřeba započítat teplotní ztráty domu. Tepelná ztráta pro běžné rodinné domy se pohybuje u starších nezateplených objektů od 8 kW do 24 kW. Pro novostavby a dodatečně zaizolované domy s vyměněnými okny je tepelná ztráta od 5 kW do 10 kW. Nízkoenergetické a pasivní domy mají tepelnou ztrátu od 1 kW do 5 kW. Navrhovaný rodinný dům je dodatečně zateplen, včetně plastových oken. U tepelných čerpadel je většinou hospodárnější navrhnout zdroj na přibližně 70 % tepelných ztrát objektu.

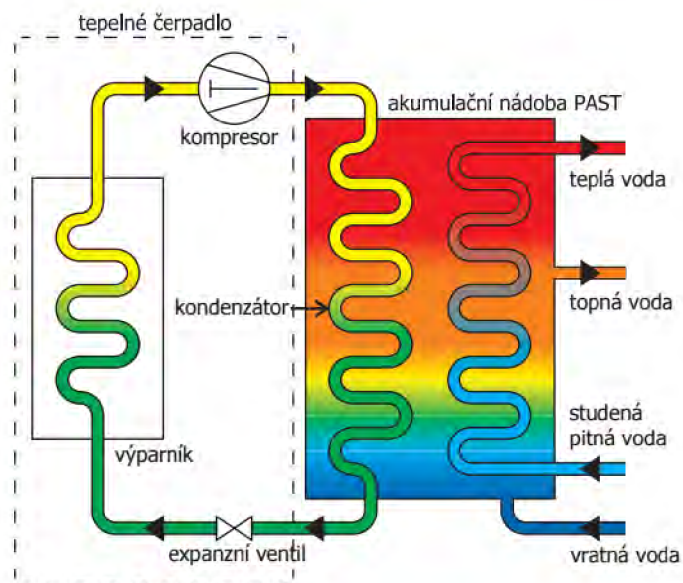
Pro tento návrh bylo zvoleno tepelné čerpadlo vzduch/voda od Japonského výrobce Mitsubishi Electric konkrétně model Zubadan PUAZ- SHW80VHA o výkonu 8kW. Cena tohoto tepelného čerpadla je 125 650 Kč s DPH. Toto čerpadlo díky patentované technologii přímého vstřikování chladiva pod hlavu kompresoru, je schopné pracovat i při venkovní teplotě -15°C a stále zachovávat svůj topný výkon na 100%. Tepelné čerpadlo je na obrázku 7.7 a datasheet je v příloze F.



Obrázek 7.7. Tepelné čerpadlo Zubadan PZH-SHW80VHA (12)

7.8 Akumulační nádoba

Každé tepelné čerpadlo potřebuje akumulaci, kde bude probíhat výměna tepla a bude sloužit jako ohříváč teplé vody. Schéma akumulace je na obrázku 7.8. Pro navrhovaný dům byla zvolena výměnková stanice od společnosti Techtrans PAST typ 750. Cena této akumulace je 91 900 Kč bez DPH. Předávací akumulace (odtud zkratka PAST) je tepelně izolovaná nádrž na topnou vodu, ve které jsou instalovány vysoce účinné měděné výměníky tepla. Těmito výměníky vestavěnými do tzv. pasti protéká teplotně nosné médium, které se s topnou vodou nesmí mísit. Nádrž je zobrazena na obrázku 7.9.



Obrázek 7.8 Schéma principu akumulace (13).



Obrázek 7.9. Akumulační nádoba PAST 750 (13).

7.9 Volba příslušenství

Aby byla zajištěna správná funkčnost všech střídačů, baterií a regulátorů je potřeba zvolit jednotku pro dohled a správu FV systému. Opět je nejlepší volit komponenty od stejného výrobce. Pro tuto HFVE byl zvolen modul RCC-02, od společnosti Studer Innotec jako ostatní komponenty. Jednotka umožňuje dálkový přístup přes webové rozhraní, aktualizaci software v měničích přes slot na SD kartu a zobrazení veličin a jejich ukládání do interní paměti až třicet dnů dozadu. Modul je zobrazen na obrázku 7.10. Cena jednotky je 4 524 Kč s DPH.



Obrázek 7.10 Monitorovací modul RCC-02 (14).

Mezi další příslušenství patří modul pro monitorování stavu baterií BSP 500 a snímač teploty baterií BTS-01. Obě zvolené komponenty pochází od stejného výrobce jako zbytek komponentů HFVE. Komponenty jsou na obrázku 7.11 a 7.12. Výsledná cena těchto dvou komponent je 9 124 Kč s DPH.



Obrázek 7.11 Monitorovací modul BSP 500 (15)



Obrázek 7.12 Snímač teploty BTS-01 (15).

Ostatní náklady na projekt, jako jsou elektro materiál, rozvaděče, montáž jsou popsány v tabulce 7.5. Ceny jsou kalkulovány z nabídky firmy Solární Panely CZ, s.r.o. Kompletní náklady se nachází v tabulce 8.3.

Tabulka 7.5 Cena ostatních nákladů.

Náklady	Cena
Konstrukce na střeche	41 200 Kč
Výroba rozvaděčů	80 100 Kč
Doprava	10 000 Kč
Cena elektro-projektu + revize	11 000 Kč
Cena kabeláže	100 000 Kč
Montáž HFVE	40 000 Kč

8 KALKULACE EKONOMICKÉ NÁVRATNOSTI

8.1 Spotřeba el. energie v domácnosti

Pro správnou kalkulaci energetické soběstačnosti a návratnosti, je potřeba znát celkovou spotřebu el. energie v domácnosti. V tabulce 8.1 je uvedena současná spotřeba všech elektrických spotřebičů. Jelikož se jedná o větší dvougenerační dům i dílnou. Ohřev TUV a topení je řešeno plynovým kotlem. Součástí navrhované HFVE je i využití tepelného čerpadla pro vytápění domu a ohřev TUV. Tepelná ztráta domu je přibližně 7 kW a ohledem na geografickou polohu RD (kraj Vysočina) je předpokládání roční spotřeba el. energie tepelného čerpadla 7500 kWh.

Tabulka 8.1. Spotřeba el. energie RD.

Spotřebič:	Výkon P (kW)	Doba provozu: t (h)	Spotřeba: Es (kWh)
LCD televize 70"	0,1	3	0,3
LCD televize 40"	0,06	1	0,06
Indukční deska	2,1	1	2,1
Chladnička s mrazničkou	0,3	24	7,2
Pračka + sušička	0,7	1	0,7
Mikrovlákná trouba	0,8	0,2	0,16
Výpočetní technika	0,25	6	1,5
Ovětlení	0,1	4	0,4
Dílna	2	0,5	1
Celková denní spotřeba domácnosti			13,42 kWh
Celková roční spotřeba domácnosti			4 898 kWh
Celková roční spotřeba domácnosti s využitím tepelného čerpadla			12 389 kWh

Tepelné čerpadlo nebude odebírat el energii rovnoměrně po celý rok. V zimních měsících bude spotřeba nejvyšší, kvůli vytápění a nízkým teplotám (listopad – březen). V tomto období nebude HFVE vyrábět dostatečné množství el.energie pro potřeby tepelného čerpadla a bude tedy potřeba odebírat větší množství el. energii z distribuční sítě. Proto bude mezi tyto zimní měsíce započteno přibližně 70% spotřeby el.energie tepelného čerpadla.

Tabulka Tab. 8.2 zobrazuje porovnání dat z matematického modelu PVGIS o výrobě elektrické energie z navržené HFVE, vypočtené měsíční průměrné spotřebě domácnosti a odběru elektrické energie z distribuční elektrické sítě a dodané elektrické energii do sítě.

Tabulka 8.2 Roční využití el. energie RD.

Měsíc	E_{mp} (kWh)	E_{ms} (kWh)	E_{mo} (kWh)	E_{mv} (kWh)
Leden	197	2100	1903	0
Únor	322	1800	1478	0
Březen	627	1400	773	0
Duben	839	504	0	335
Květen	873	504	0	369
Červen	878	504	0	374
Červenec	897	504	0	393
Srpen	824	504	0	320
Září	629	504	0	0
Říjen	440	504	64	0
Listopad	213	1800	1587	0
Prosinec	155	2100	1945	0
Celkem za rok	6890	12 389	7750	1791

E_{mp} – průměrná měsíční produkce elektrické energie HFVE.

E_{ms} – průměrná měsíční spotřeba elektrické energie domácnosti.

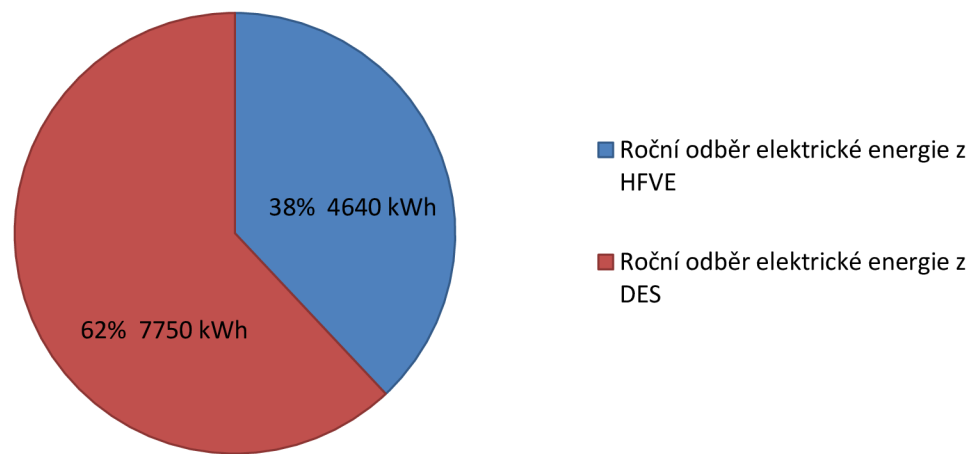
E_{mo} – průměrný měsíční odběr elektrické energie z distribuční elektrické sítě.

E_{mv} – průměrná měsíční elektrická energie vyrobena do distribuční elektrické sítě.

8.2 Elektrická soběstačnost RD

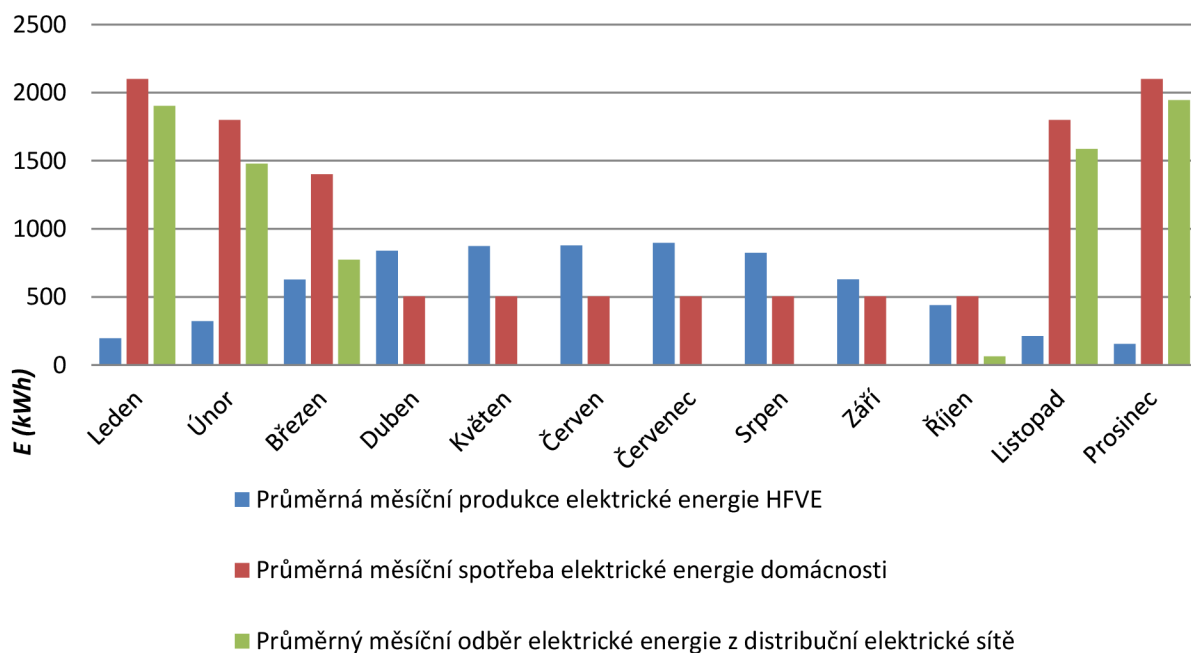
Z tabulky 8.2 vyplývá, že rodinný dům bude v letních měsících zcela soběstačný a dokonce bude dodávat část vyrobené el. energie do distribuční elektrické sítě. V zimních měsících naopak kvůli nedostatku vyrobené el. energie z HFVE bude muset odebírat velkou část el. energie z distribuční soustavy. Na obrázku 8.1 je zobrazena procentuální závislost RD na dodávané el. energii a na obrázku 8.2 spotřeba el. energie po celý rok.

Závislost RD na zdrojích el. energie



Obrázek 8.1 Závislost RD na zdrojích el. energie.

Rozložení el. energie pro RD



Obrázek 8.2 Rozložení el. energie pro RD.

8.3 Celkové náklady

Všechny finanční náklady na výstavbu HFVE s tepelným čerpadlem jsou v tabulce 8.3. Veškeré ceny jsou čerpány z internetových obchodů, případně jejich průměrem.

Tabulka 8.3 Náklady na výstavbu HFVE.

Název	Množství	Cena za jednotku s DPH	Cena celkem s DPH
Fotovoltaické panely STP6-250/60	36 ks	5 250 Kč	189 000 Kč
Střídač XTM 4000-48	2 ks	55 450 Kč	110 900 Kč
Regulátor VarioTrack VT-80	2 ks	15 930 Kč	31 860 Kč
Akumulátor SOL48/1000	1 ks	115 100 Kč	115 100 Kč
Montáž	1 ks	40 000 Kč	40 000 Kč
Tepelné čerpadlo Zubadan PUHZ-SHW80VHA	1 ks	125 650 Kč	125 650 Kč
Akumulační nádoba PAST 750	1 ks	91 900 Kč	91 900 Kč
Konstrukce na střechu	1 ks	41 200 Kč	41 200 Kč
Cena kabeláže	1 ks	100 000 Kč	100 000 Kč
Konstrukce na střechu	1 ks	41 200 Kč	41 200 Kč
Výroba rozvaděčů	2 ks	40 050 Kč	80 100 Kč
Příslušenství (RCC-2,BSP-500,BTS-01)	1ks	13 600 Kč	13 600 Kč
Elektro-projekt + revize	1 ks	11 000 Kč	11 000 Kč
Doprava	1 ks	10 000 Kč	10 000 Kč
Cena celkem			965 510 Kč
Cena celkem s využitím dotačního programu Zelená úsporám			870 510 Kč

Celková cena projektu vychází přibližně na 870 500 Kč včetně DPH. Tento projekt dosáhl na dotaci na tepelné čerpadlo ve výši 75 000 Kč, z dotačního programu Zelená úsporám.

8.4 Náklady na provoz

Všechny zařízení mají omezenou životnost, obecně známý fakt čím složitější zařízení, tím je větší šance poruchy. Solární panely mají záruky 10 let, vzhledem k povaze FV panelů, může nastat vady jenom jako snížení výkonu. Pro časový výhled na 30 let, nebude plánovaná žádná obměna FV panelů. Regulátory a střídače, obsahují velké množství elektroniky, tudíž zde je náchylnost na poruchu větší. Tyto komponenty mají záruku jenom 5 let. Avšak bude předpokládáno, že vydrží minimálně trojnásobek tedy 15 let, než dojde k obměně. Vybraná akumulátor SOL48/1000 v HVFE vydrží maximálně 10 let, než bude potřeba jeho obměna. Tepelného čerpadlo bude podle předpokladu také fungovat třikrát déle, než je jeho záruka 5 let. Akumulační nádoba, neobsahuje velké množství elektroniky, tudíž bude předpokládáno, že bude fungovat celých 30 let. Orientační výměny komponent jsou zobrazeny v tabulce 8.4.

Tabulka 8.4. Obměna komponent v HFVE.

Název	Interval obměny	Cena za jednotku s DPH	Počet kusů	Cena celkem s DPH
Fotovoltaické panely STP6-250/60	30 let	5 250 Kč	0x	0 Kč
Střídač XTM 4000-48	15 let	55 450 Kč	2x	110 900 Kč
Regulátor VarioTrack VT-80	15 let	15 930 Kč	2x	31 860 Kč
Akumulátor SOL48/1000	10 let	115 100 Kč	2x	230 200 Kč
Tepelné čerpadlo Zubadan PUAZ-SHW80VHA	15 let	125 650 Kč	1x	125 650 Kč
Celkové náklady na obměnu zařízení za 30 let provozu HFVE				498 610 Kč

8.5 Ekonomická návratnost HFVE

K vyčíslení ekonomické návratnosti HFVE bylo započteno všech nákladů na výstavbu a obměnu komponentů. RD využíval před návrhem HFVE k vytápění a k ohřevu TUV plynový kotel. V tabulce 8.5 jsou zobrazeny všechny náklady na energie RD za jeden kalendářní rok, bez využití HFVE.

Tabulka 8.5 Náklady RD na energie za jeden kalendářní rok bez HFVE.

Náklady	Množství	Cena
Roční spotřeba el. energie	4 800 kWh	26 400 Kč
Plyn	3 240 m ³	37 723 Kč
Celkové roční náklady		64 123 Kč

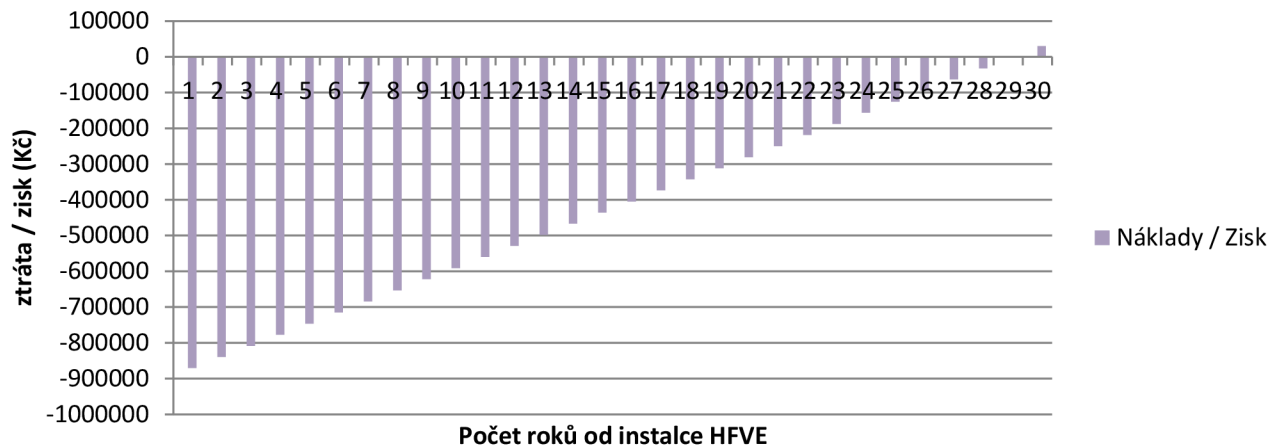
S využitím HFVE je celková roční spotřeba el. energie z DS 7750 kWh. Při nákupní ceně 4,80 Kč za kWh, budou roční náklady na el. energii z DS 37 200 Kč. Předpokládaná výkupní cena je 0,40 Kč za dodanou kWh do DS, v tomto případě je zisk 716 Kč ročně. Další kladná položka je podpora ERÚ na výrobu z obnovitelných zdrojů, pro kalendářní rok 2016 činí 495 Kč za vyrobenou MWh, pro modelovou HFVE to činí kladný příjem ve výši 3 410 Kč ročně. Celková úspora s využitím HFVE činí 31 049 Kč ročně. Popsáno v tabulce 8.6.

Tabulka 8.6 Náklady RD na energie za jeden kalendářní rok s HFVE.

Náklady s HFVE	Množství	Cena
Roční spotřeba el. energie z DS	7750 kWh	37 200 Kč
Dodaná el. energie do DS	1791 kWh	-716 Kč
Podpora ERÚ	6890 kWh	-3410
Celkové roční náklady		33 074 Kč

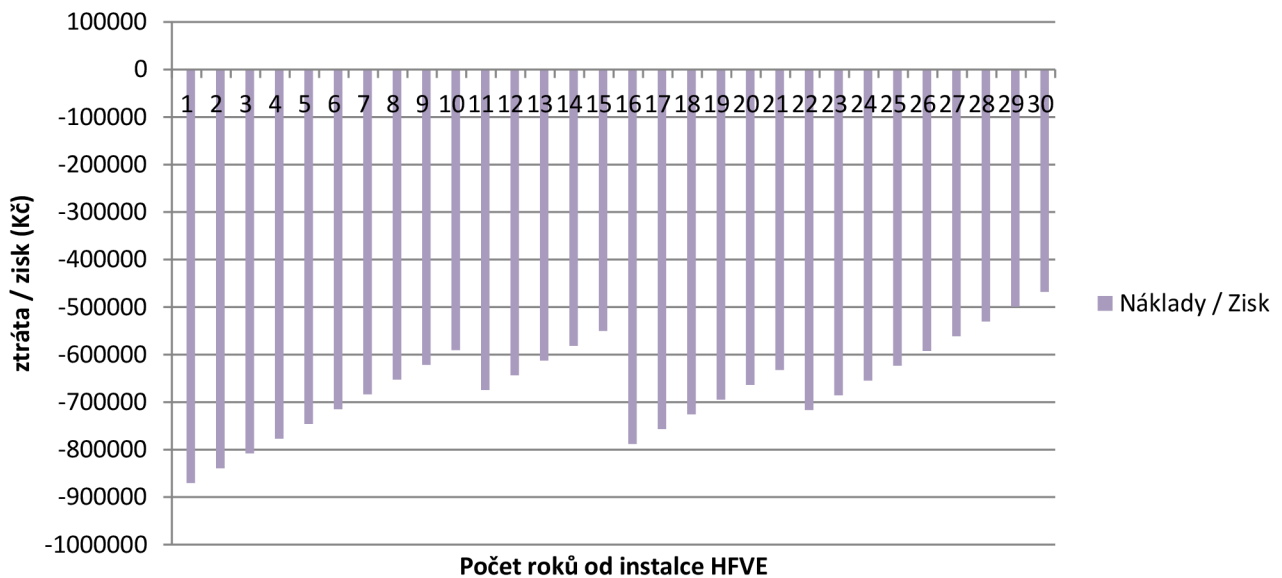
Grafické zobrazení návratnosti finančních prostředků do výstavby HFVE je na obrázku 8.3 a 8.4. První graf zobrazuje návratnost v ideálním případě, kdy by za 30 let provozu nedošlo k žádné poruše na zařízení. V tomto případě by začala být HFVE zisková až v posledním roce by byl zisk necelých 50 000 Kč. V druhém případě, za předpokladu životností komponent systém nebude nikdy výdělečný. Na konci životnosti, po 30 letech bude ztráta přibližně 450 000 Kč.

Návratnost finančních prostředků vložených do navržené HFVE v ideálním případě.



Obrázek 8.3 Návratnost finanční prostředků do HFVE v ideálním případě.

Návratnost finančních prostředků vložených do navržené HFVE v s obměnou komponent.



Obrázek 8.4 Návratnost finanční prostředků do HFVE.

8.6 Realizace výstavby HFVE

V roce 2013 byla zahájena výstavba navrhované HFVE. K realizaci byla vybrána firma Solární Panely CZ s.r.o., se sídlem v Brně. Firma byla zvolena na základě pozitivních referencí a polohou v Brně. Cenové kalkulace od firmy Solární panely s.r.o. je na obrázku 8.5 Finanční kalkulace od firmy Solární panely s.r.o..

Cenová nabídka - Hybridní fotovoltaická elektrárna 9kWp / 8kW 2 fáze
 Pro: p. Soukop
 Místo: Jinošov

ks	Materiál	Wp	Cena (CZK)
36	Fotovoltaický polykrystalický panel JA SOLAR 250Wp	250	199 755 Kč
3	Regulátor nabíjení Studer Innotec Vario Track 80A		49 290 Kč
1	Trakční průmyslový akumulátor 48V 8PzS1000L (min. 1500 cyklů při 80% vybití)*		103 254 Kč
2	Hybridní měnič napětí Studer Innotec XTM 4000-48		119 906 Kč
Cena bez DPH:			472 205 Kč
Příslušenství a doplňkové služby:			
set	Konstrukce na střechu		41 026 Kč
	Zpracování a výroba rozvaděčů		40 120 Kč
	Montáž panelů a konstrukce		31 500 Kč
	Cena elektroprojektu		11 300 Kč
	Revize rozvaděčů a celého systému		1 000 Kč
	Příslušenství k měniči - RCC-02, BTS-01,RCM-10, BSP 500		13 794 Kč
	Cena elektromateriálu + kabeláž		92 320 Kč
	Doprava materiálu		12 000 Kč
	DPH - HFVE na klíč pro plátce DPH		0%
	DPH - dodávka vč. montáže (fyzická osoba, bytové účely)		15%
	DPH - ostatní případy		21%
Celkem bez DPH:			715 265 Kč

Obrázek 8.5 Finanční kalkulace na HFVE od firmy Solární panely s.r.o

Celková cena činí 715 265 Kč bez DPH, s 15% DPH je výsledná cena 822 920 Kč, jenom za HFVE bez tepelného čerpadla a kumulační nádoby. Důvodem je i zapojení třetího regulátoru, který také navýší cenu. Napětí na každém regulátoru 'na prázdno' bude 84V. Na obrázku 8.6 je střecha RD s nainstalovanými FV panely. Na obrázku 8.7 je technická místnost kde jsou umístěny dva střídače Studer Inotec XTM 4000-48 a tři regulátory VarioTrack VT-80 a také monitorovací jednotka RCC-02.



Obrázek 8.7 střecha RD s nainstalovanými FV panely (8).



Obrázek 8.7 Technická místnost se střídači a regulátory a monitorovací jednotka.

8.7 Realizace tepelného čerpadla

Pro výstavbu tepelného čerpadla a akumulční nádrže bylo zvolena na základě pozitivních referencí firma Bears s.r.o. Cenová kalkulace od firmy Bear je na obrázku 8.8. Instalované tepelné čerpadlo je obrázku 8.9.

	Označení	Cena za 1ks (Kč)	Množství	Cena (Kč)
Venkovní jednotka Kód SVT4427	PUHZ-SHW80V	103 800	1ks	103 800
Rozvaděč MaR s ekvitermní regulací pro řízení TČ a ÚT	Řídicí systém PAR-W21MAA	44 800	1kpl	44 800
Výměňíková stanice	PAST typ 750	73 392	1ks	73 392
Vedení chladiva	měděné potrubí chladivo R410A tepelná izolace komunikace	1 250kč/bm	5bm	6 250
Záložní elektropatrona pro výměňíkovou stanici PAST 6 kW				5 350
Montáž jednotky, vedení chladiva, odzkoušení a uvedení do provozu				8 000
Naprogramování a oživení řídicí elektroniky				1 200
Betonové podstavce				300
Cena celkem za celé dílo (bez DPH)				243 092
SLEVA 8,5 %				20 662,80 Kč
Cena celkem za celé dílo (bez DPH) po slevě				222 429,20 Kč
Sazba DPH				15 %
Cena celkem včetně 15 % DPH				255 794,- Kč
Poměr oprávněné / celkové náklady (%)				100 / 100

Obrázek 8.8 Cenová kalkulace od firmy Bear na tepelné čerpadlo a akumulční nádrž.

Celková s DPH je 255 794 Kč. Od této ceny bude odečteno 75 000 Kč, z programu Zelená úsporám. Výsledná cena bude 180 794 Kč.

Tabulka 8.7 Porovnání teoretických pořizovacích nákladů se skutečnými.

	Teoretické náklady	Skutečné náklady	Rozdíl
HFVE s příslušenstvím	746 750 Kč	822 920 Kč	+ 76 170 Kč
Tepelné čerpadlo a akumulční nádoba	123 750 Kč	180 794 Kč	+ 57 044 Kč
Celkem	870 500 Kč	1 003 714 Kč	+ 133 214 Kč



Obrázek 8.9 Umístění tepelného čerpadlo Mitsubishi.

Reálné pořizovací náklady jsou o přibližně 133 000 Kč vyšší než teoretické. Jeden z důvodů byl, že teoretická kalkulace vznikala v roce 2016, kde určité komponenty zlevnily, než v roce 2013 kdy by jejich cena vyšší. Dalším rozdílem je vyšší cena za rozvaděče a práce.

8.8 Zhodnocení výroby skutečné el. energie

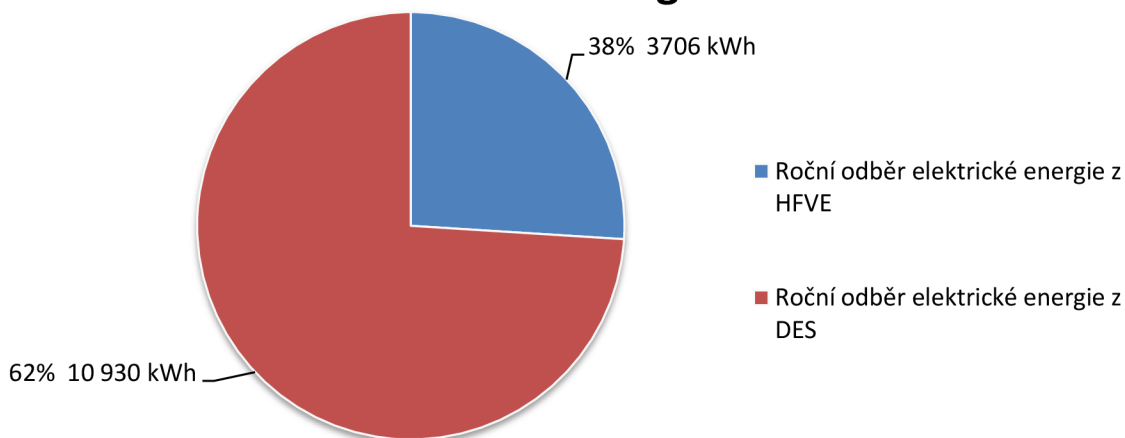
V tabulce 8.8. jsou zobrazeny skutečné hodnoty využití el. energie RD za kalendářní rok 2014.

tabulka 8.8 Roční využití el. energie RD s HFVE.

Měsíc	Vyrobeno HFVE kWh	Spotřeba domácnosti kWh	Spotřeba z DS kWh	Dodáno do DS kWh
Leden	231	1900	2 181	0
Únor	247	1800	1 631	0
Březen	443	1400	937	0
Duben	510	504	565	0
Květen	527	504	609	0
Červen	527	504	369	187
Červenec	568	504	115	485
Srpen	679	504	298	356
Září	550	504	388	200
Říjen	624	504	624	0
Listopad	468	900	1 387	0
Prosinec	123	1700	1 826	0
Celkem za rok	5497	14636	10930	1291

Na obrázku 8.10 je zobrazena procentuální závislost RD na dodávané el. energii

Závislost RD s instalovanou HFVE na zdrojích el. energie



Obrázek 8.10 Závislost RD na zdrojích el. energie.

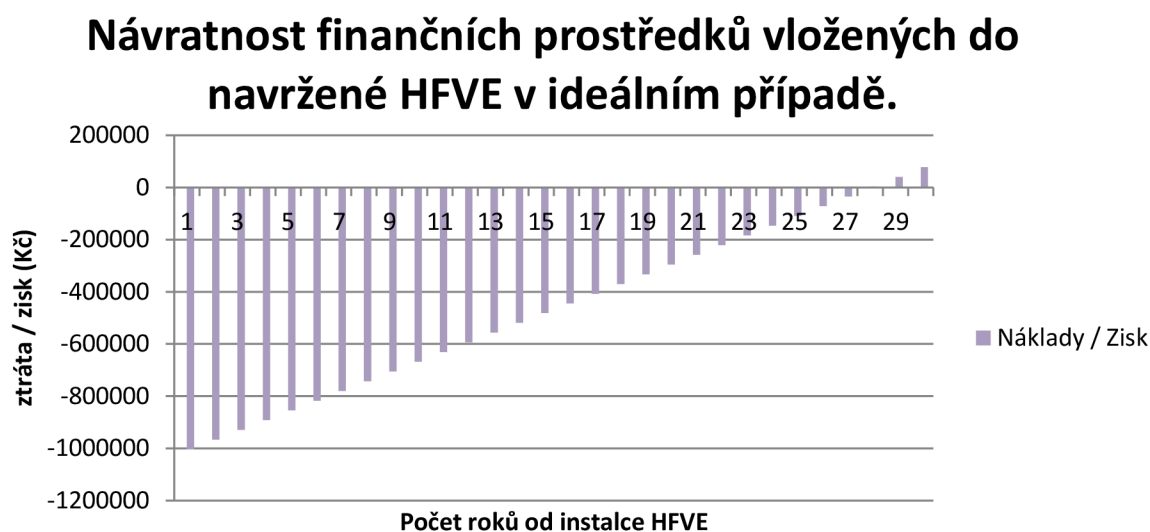
Původní roční náklady za energie v RD činili 64 123 Kč. V tabulce 8. 9. lze vyčíst, že náklady na energie klesly o 37 287 Kč ročně. Do nákladů je započtena cena za udření přípojky plynu, která činí 200 Kč měsíčně, neboť tepelné čerpadlo v extrémních mrazech pod -15 °C nepracuje a k vytápění je využito

Tabulka 8.9 Náklady RD na energie za jeden kalendářní rok.

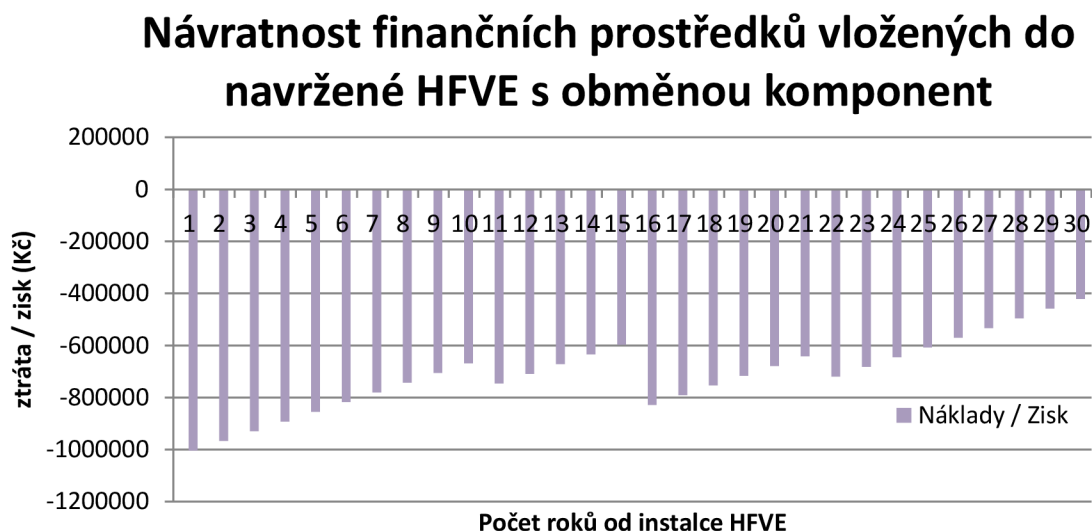
Náklady s HFVE a tepelným čerpadlem	Množství	Cena
Roční spotřeba el. energie z DS	10 930 kWh	32 252 Kč
Dodaná el. energie do DS	1291 kWh	-716 Kč
Podpora ERÚ	5497 kWh	-7 100 Kč
Udržovací poplatek za přípojku plynu	200 Kč/ měsíc	2400 Kč
Celkové roční náklady		26 836 Kč

9 ZHODNOCENÍ

Grafické zobrazení návratnosti finančních prostředků do výstavby HFVE je na obrázku 9.1. Zde je zobrazen ideální případ, bez obměny komponent. V tomto případě by začala být HFVE zisková až po 29 letech a ke konci životnosti po zhruba 30 letech by byl zisk necelých 77 500 Kč. A obrázku 9.2 Za předpokladu životnosti komponent systému a jejich obměn, nebude instalovaný systém nikdy ziskový a jeho ztráta na po 30 letech bude přibližně 400 000 Kč.



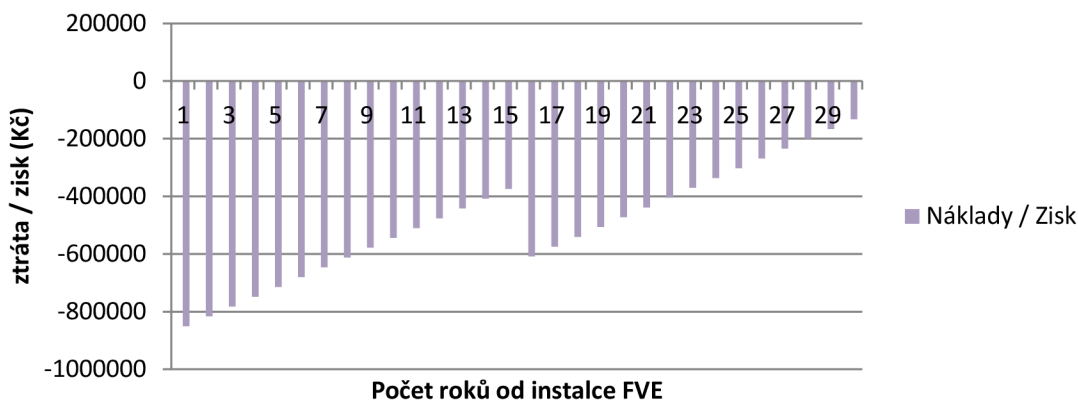
Obrázek 9.1 Návratnost finanční prostředků do HFVE v ideálním případě.



Obrázek 9.2 Návratnost finanční prostředků do HFVE s obměnou komponent.

Pro porovnání na obrázku 9.3 je zobrazen graf návratnosti FVE opět s využitím tepelného čerpadla, ale bez baterií. V grafu je počítáno i s obměnou komponent v případě poruchy a tato varianta by byla po 30 letech provozu stále ve ztrátě přibližně 100 000 Kč.

Návratnost finančních prostředků vložených do navržené FVE bez baterií



Obrázek 9.3 Návratnost finanční prostředků do FVE bez baterií.

Po dvou letech provozu HFVE, už nastalo několik technických problémů na komponentách. Jeden střídač musel být opraven a druhý dokonce vyměněn za nový kus. Další problém nastal u jednoho článku akumulátoru, který musel být také vyměněn. Všechny tyto opravy, byly provedeny v záruční lhůtě tedy zdarma. U instalované HFVE můžeme v budoucnu očekávat další náklady na údržbu. Nejnákladnější jsou baterie, které mají omezenou životnost a v současnosti není dostupná cenově přijatelnější a efektivnější náhrada kam skladovat vyrobenou el. energii. Využití tepelného čerpadlo vzduch/voda s kombinací HFVE, se jeví jako nejlepší volba. I přes nepříznivé předpoklady na návratnost celé instalace, činí roční úspora RD za energii 37 287 Kč, což je o 55 % méně než bez HFVE.

10 ZÁVĚR

Práce přináší přehled dostupných technologií přeměny slunečního záření na elektrickou energii. Zabývá se specifikací nejdůležitějších komponentů, které obsahují současné typy fotovoltaických elektráren. Shrnuje možnosti zapojení a způsobu provozu fotovoltaických elektráren. V posledních letech počet nových velkých FVE velmi zpomalil, z důvodu nedotovaný výkupních tarifů. Zájemci o malé a mikro-fotoltaické systémy mohou žádat o finanční podporu z programu Nová zelená úsporám, která může být až 100 000 Kč, musí však splnit dané podmínky. Podle novely energetického zákona (č. 458/2000 Sb.), který vejde v platnost od 1.1.2016, už nebude potřeba licenci na malé zdroje el. Energie do 10kW, tím se sníží administrativní zátěž pro budoucí zájemce. Hlavní změnou v této novele je zavedení jednotky Kč/A/měsíc podle velikosti hlavního jističe před elektroměrem, ale zároveň obsahuje garanci, že nikdo nezaplatí více než doposud. Podporované zdroje energie, například větrné a sluneční elektrárny zatím povinně dotovali jenom spotřebitelé elektřiny. Na zvýšení ceny elektřiny pro koncového zákazníka tato novela nebude mít vliv, jelikož novela obsahuje již zmíněnou garanci, že zákazník nezaplatí více než doposud. Česká republika si vede velmi dobře v globálním měřítku, co do instalovaného fotovoltaického výkonu, v evropském i světovém žebříčku, se umísťujeme na předních příčkách. Důležitým je směr, kam se naše energetická závislost bude ubírat a kterým druhům výroby energie dáme přednost před ostatními. Zda zůstane naším primárním zdrojem jaderná energetika, nebo budeme směřovat jako například Německo k většímu využívání obnovitelných zdrojů.

Pro návrh FVE na RD bylo hlavním omezením lichoběžníkový tvar střechy, který výrazně zmenšil užžitnou plochu. V návrh je použito devět FV panelů Schutten Solar o celkovém výkonu 2,25 kWp. Střídač Fronius Galvo byl vybrán kvůli poměru cena/výkon a že se jedná o menší FVE. Z programu PVGIS, bylo zjištěno množství slunečního záření a vyrobené elektrické energie. Před použitím FVE byla roční spotřeba el. energie RD 2664 kWh, což při ceně elektřiny 4,20 Kč za kWh udává 11 200 Kč ročně za el. energii. V případě použití FVE je roční spotřeba el. energie RD z distribuční soustavy pouze 697 kWh, přepočteno na koruny 2930 Kč. V případě dodání přebytečné elektrické energie do distribuční soustavy, bude roční úspora ještě o 1324 Kč méně, tedy 1326 Kč, což je velmi znatelný rozdíl. Každý rok od instalace FVE bude ušetřeno 9880 Kč, FVE začne být výdělečná od 15-tého roku provozu. Návrh této FVE je ziskový velmi brzo, z důvodu že se jedná o místo s malou spotřebou el. energie a vytápění a ohřev vody je řešen plynem.

Pro návrh HFVE pro rodinný dům v obci Jinošov, byly zvoleny komponenty od značkových výrobců, což se podepsalo na vyšší ceně. Využití tepelného čerpadlo, patří v současnosti k nejefektivnější možnosti vytápění domácnosti a ohřevu TUV. Nevýhodou tvoří velká vstupní investice v řádu statisíců. Předpokládané náklady na výstavbu HFVE téměř odpovídaly skutečným nákladům na instalaci. Ve skutečném provozu HFVE vyrábí přibližně 1 300 kWh ročně méně, než bylo předpokládáno. Důvodem je inteligentní dobíjení baterií, aby jejich kapacita neklesla pod 80% a bylo docíleno nejdelší životnosti. HFVE tedy vyrábí tolik energie kolik je aktuálně potřeba

pro potřeby domácnosti a případné dobíjení baterií. Po dvou letech provozu HFVE, už nastalo několik technických problémů na komponentách. Jeden střídač musel být opraven a druhý dokonce vyměněn za nový kus. Další problém nastal u jednoho článku akumulátoru, který musel být také vyměněn. Všechny tyto opravy, byly provedeny v záruční lhůtě tedy zdarma. U instalované HFVE můžeme v budoucnu očekávat další náklady na údržbu. Nejnákladnější jsou baterie, které mají omezenou životnost a v současnosti není dostupná cenově přijatelnější a efektivnější náhrada kam skladovat vyrobenou el. energii. Využití tepelného čerpadlo vzduch/voda s kombinací HFVE, se jeví jako nejlepší volba. I přes nepříznivé předpoklady na návratnost celé instalace, činí roční úspora RD za energie 37 287 Kč, což je o 55 % méně než bez HFVE.

LITERATURA

- [1] Solární energie [online]. [cit. 2015-12-16]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>
- [2] Solární fotovoltaické panely. ISOLAR S.R.O. ISolar [online]. 2014 [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: <http://www.isolar.cz/solarni-panely.html>
- [3] Střídač pro fotovoltaickou elektrárnu [online]. 2013 [cit. 2015-12-16]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/9555-stridac-pro-fotovoltaiickou-elektrarnu-jakou-technologie-zvolite>.
- [4] Solární regulátor [online]. [cit. 2015-12-16]. Dostupné z: <http://wifi.aspa.cz/solarni-regulator-carspa-cd1212-12v-12a-z104096>
- [5] SOLARENVI [online]. 2014 [cit. 2015-12-16]. Dostupné z: http://www.solarenavi.cz/UserFiles/images/img_fv_hybrid.jpg
- [6] *Fotovoltaika v České republice* [online]. 2014 [cit. 2015-12-16]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/12162-fotovoltaiika-v-ceske-republice-v-roce->
- [7] AGEB [online]. 2015 [cit. 2015-12-16]. Dostupné z:
- [8] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: www.mapy.cz
- [9] STUDER INNOTEK SA [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: [Http://www.cce.edu.om/contentfiles/images/CSR-solar05.jpg](http://www.cce.edu.om/contentfiles/images/CSR-solar05.jpg)
- [10] SMART-POWERSHOP [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://www.smart-powershop.com/images/product_images/original_images/251_0.jpg
- [11] Solarni-Panely.cz [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://solarni-panely.cz/katalog-produktu/solarni-akumulatory/solarni-tracni-kyselinovy-akumulator-1000ah>
- [12] MITSUBISHU-ELECTRIC [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://www.mitsubishi-zubadan.cz/foto/AHR4c741f_PUHZ_SHW80_140YHA.jpg
- [13] WATT-PROJEKT [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://www.wattprojekt.cz/editor/filestore/Image/cerpadla/PAST_big.png
- [14] SOLARPARTNER [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://shop.solarpartner.cz/dalkove-ovladani-studer-rcc-02>
- [15] STUDER INNOTEK SA [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://shop-microtherm.com/en/studer-bts.html>

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

<i>FV</i>	Fotovoltaický systém.
<i>FVE</i>	Fotovoltaická elektrárna
<i>HFVE</i>	Hybridní fotovoltaická elektrárna
<i>OZE</i>	Obnovitelný zdroj energie
<i>RD</i>	Rodinný dům
<i>ERÚ</i>	Energetický regulační úřad.
<i>TUV</i>	Teplá užitková voda
<i>MPPT</i>	Maximal power point trackers
<i>A</i>	Amper
<i>kW</i>	Kilowatt
<i>V</i>	Volt
<i>CO₂</i>	Oxid uhličitý

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Katalogový list fotovoltaických panelů Schutten Solar STP6-250/60 Series.

Příloha B – Katalogový list střídače Fronius Galvo.

Příloha C – Katalogový list střídače XTM

Příloha D – Katalogový list solárního regulátoru VarioTrackt VT-80.

Příloha E – Výstup ze softwaru PVGIS.

Příloha F – Katalogový list tepelného čerpadla Zubadan PUAZ- SHW80VHA.

Příloha G – Katalogový list akumulční nádrže Techtrans PAST 750.

STP6-XXX/60 Series

STP6-250W, STP6-245W, STP6-240W, STP6-235W,
STP6-230W



- I. GLASS
- II, IV EVA
- III. CELL
- V. BACKSHEET
- VI. FRAME
- VII. JUNCTION BOX

Polycrystalline
photovoltaic
Module



Three-Busbar Cell



I GLASS

- High light transmission giving more electricity
- Excellent mechanical loading performance (5400Pascal)
- SPF-UL certified

II, IV EVA

- High light transmission assuring better power performance
- High GEL and peeling strength guarantying strong encapsulation
- Good ultraviolet aging resistance
- TUV/UL certified

III CELL

- Excellent efficiency and long term reliability
- Good performance under high temperature and low irradiance conditions
- 100% In-Line Electroluminescence(EL) tested
- Positive tolerance for each panel
- TUV/UL

V BACKSHEET

- TEDLAR based encapsulation and protection
- Good aging resistance guarantying strong durability performance
- Excellent adhesion and ultraviolet stability
- TUV/UL certified

VI FRAME

- Anodized/Electrophoretic aluminum means durable protection from environment
- Unique designed profile ensuring strong mechanical loading performance
- Silver/Black color available

VII JUNCTION BOX

- Reliable by-pass diodes assuring good product protection
- Locking connector working compatible worldwide
- Excellent heat emission performance
- IP65 or IP67 protection
- TUV/UL certified



Temperature dependence of Isc Voc and Pmax
Irradiance dependence of Isc Voc and Pmax
(cell temperature:25°C)



STP6-XXX/60 Series

STP6-250W, STP6-245W, STP6-240W, STP6-235W, STP6-230W

Electrical Characteristics

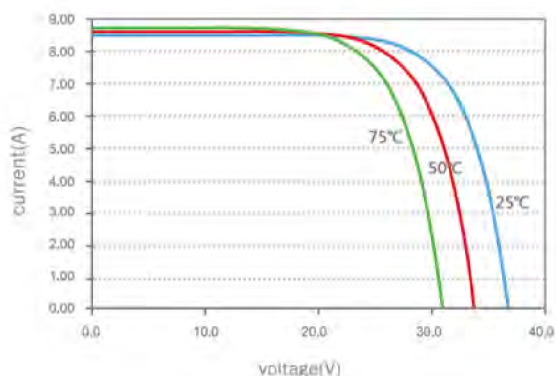
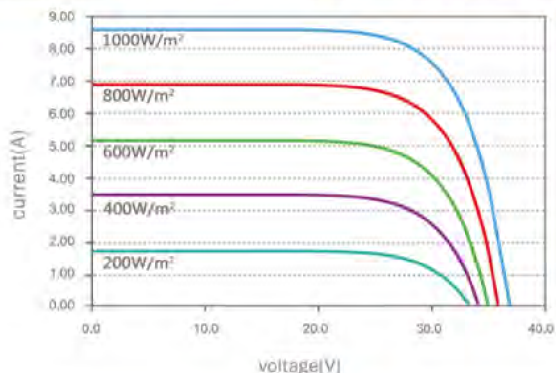
Module Type	Unit	STP6-250/60	STP6-245/60	STP6-240/60	STP6-235/60	STP6-230/60
Rated Power at STC (Pmp)	W	250	245	240	235	230
Power Tolerance	W	(0, +5)	(0, +5)	(0, +5)	(0, +5)	(0, +5)
Power Maximum at STC	W	255	250	245	240	235
Cell Efficiency (η_c)	%	17.7-18.0	17.3-17.6	17.0-17.3	16.6-16.9	16.3-16.6
Minimum Module Efficiency (η_m)	%	15.4-15.7	15.0-15.4	14.7-15.0	14.4-14.7	14.1-14.4
Open Circuit Voltage (Voc)	V	37.1	37.0	36.9	36.7	36.6
Short Circuit Current (Isc)	A	8.92	8.78	8.65	8.53	8.42
Maximum Power Voltage (Vmp)	V	29.9	29.9	29.8	29.6	29.5
Maximum Power Current (Imp)	A	8.35	8.21	8.05	7.94	7.83
Maximum System Voltage	V	1000 (TUV), 600 (UL)				
Maximum Series Fuse Rating	A	15				

STC: Irradiance 1000W/m², module temperature 25°C, AM=1.5;

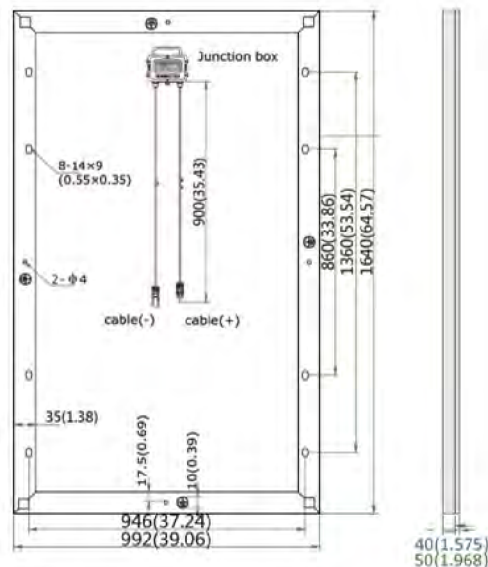
Temperature Characteristics

Pmax Temperature Coefficient	%/°C	-0.47
Voc Temperature Coefficient	%/°C	-0.32
Isc Temperature Coefficient	%/°C	+0.04
Operating Temperature	°C	-40 ~ +85
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	°C	45±2

Current-Voltage & Power-Voltage Curve (STP6-245/60)



Dealer information:



- All Dimensions in mm (inch)
- The above drawing is a graphical representation of the product. For engineering quality drawings please contact **SCHUTTEN**

Mechanical Specifications

External Dimensions	1640 × 992 × 40 mm
Weight	19.0kg
Solar Cells	Polycrystalline 156 × 156mm (60pcs)
Front glass	3.2 mm tempered glass, low iron
Frame	Anodized/ Electrophoretic aluminum alloy
Junction Box	IP65 /IP67
Output Cables	4.0 mm ² , symmetrical lengths 900mm
Connector	MC4 Compatible
Maximum Snow Load	550kg/m ²
Maximum Wind Load	200km/h
Hailstone Impact Test	80km/h for 25mm ice ball



/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



SHIFTING THE LIMITS

FRONIUS GALVO

/ The future of residential solar has arrived - The revolutionary new Fronius Galvo



/ Fast PC board replacement



/ SnapINverter Mounting system



/ Wi-Fi** on board



/ AFCI & NEC 2014 Ready



/ Smart Grid Ready



/ Fronius introduces the brand new Fronius Galvo! The Fronius Galvo is the first and only Wi-Fi** enabled, super lightweight residential inverter that disrupts the residential solar market by providing a list of features never before seen in the solar industry. With the revolutionary Fronius SnapINverter hinge mounting system, which allows for a single person installation in record time, it is no wonder that installers are demanding the Fronius Galvo more than any other string inverter currently available. The Fronius Galvo provides an extra wide voltage window allowing for utmost flexibility in string design. The industry leading Fronius Service Provider program allows full service in less than 15 minutes by one installer with one truck roll.

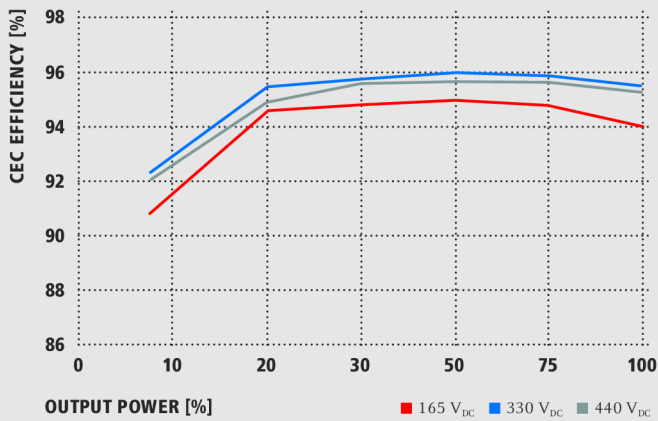
/ System owners are amazed by the attractive new low-profile design, integrated Wi-Fi** with included Fronius Solar.web monitoring portal and Fronius smart phone app, the touch sensitive display, and quiet high-performance. The new Fronius Galvo creates convenience and sets the industry standard in installation, service and overall ownership.

TECHNICAL DATA FRONIUS GALVO

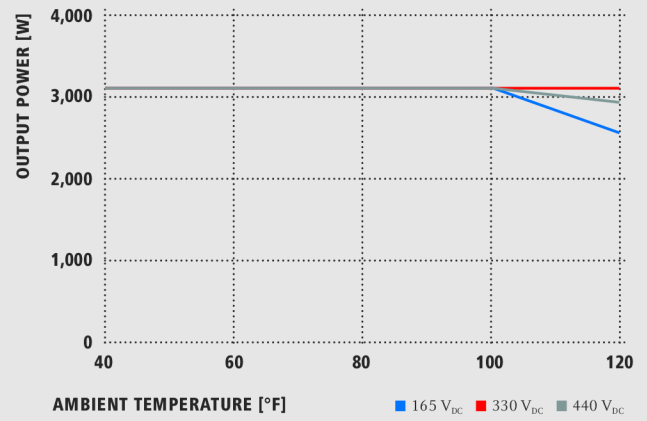
INPUT DATA		GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1
Recommended PV Power (kWp)		1.2 - 2.4	1.6 - 3.2	2.0 - 3.8	2.5 - 4.5
Max. usable input current	240 V	13.4 A	17.9 A	16.1 A	20.0 A
	208 V	13.4 A	17.0 A	16.1 A	18.7 A
Max. array short circuit current		16.7 A	22.4 A	20.1 A	25.0 A
Nominal input voltage		260 V		330 V	
Min./Max. input voltage		120 V / 420 V		165 V / 550 V	
DC startup voltage		140 V		185 V	
MPP Voltage Range		120 V - 335 V		165 V - 440 V	
Admissible conductor size (DC)		AWG 14 to AWG 6 - CU / AWG 6 - AL - solid			
Number of DC input terminals		3x DC+ and 3x DC- screw terminals for solid copper or aluminium and stranded / fine stranded copper			
OUTPUT DATA		GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1
AC nominal output power		1,500 VA	2,000 VA	2,500 VA	3,100 VA
Max. output power		1,500 VA	2,000 VA	2,500 VA	3,100 VA
Max. continuous output current	240 V	6.3 A	8.3 A	10.4 A	12.9 A
	208 V	7.2 A	9.1 A	12.0 A	14.1 A
Recommended OCPD/AC breaker size	240 V	10.0 A	15.0 A	15.0 A	20.0 A
	208 V	10.0 A	15.0 A	15.0 A	20.0 A
Admissible conductor size (AC)		AWG 14 to AWG 6 - CU / AWG 6 - AL - solid			
Max. output overcurrent protection		20 A			
Grid connection		208 / 240 V			
Frequency		60 Hz			
Frequency range		45 - 65 Hz			
Total harmonic distortion		< 4 %			
Power factor range		0.85 - 1 ind./cap			

*The term Wi-Fi is a registered trademark of the Wi-Fi Alliance.

FRONIUS GALVO 3.1-1 CEC EFFICIENCY CURVE



FRONIUS GALVO 3.1-1 TEMPERATURE DERATING



TECHNICAL DATA FRONIUS GALVO

GENERAL DATA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1
Dimensions (height x width x depth)	24.7 x 16.9 x 8.1 in.			
Weight	36.05 lbs.		36.93 lbs.	
Protection Class	NEMA 4X			
Night time consumption	< 1 W			
Inverter technology	HF transformer			
Cooling	Variable speed fan			
Installation	Indoor and outdoor installation			
Ambient operating temperature range	-40 - 122°F (-40 - 50°C)			
Permitted relative humidity	0 to 100% (non-condensing)			
Elevation	11483 ft (3500m) with a max. input voltage of 430 V DC			
Certificates and compliance with standards	UL 1741-2010, UL1998 (for functions: AFCI, GFDI and isolation monitoring), IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2003, ANSI/IEEE C62.41, FCC Part 15 A & B, NEC Article 690, C22.2 No. 107.1-01 (September 2001), UL1699B Issue 2-2013, CSA TIL M-07 Issue 1-2013			
EFFICIENCY	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1
Max. efficiency	95.8 %		96.0 %	
CEC efficiency	208 V	94.0 %	94.5 %	95.0 %
	240 V	94.5 %	94.5 %	95.5 %
PROTECTION DEVICES	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1
Overload behavior	Operating point shift, power limitation			
2014 NEC Ready	Included			
DC Arc Fault Circuit Protection	Internal AFCI Type 1 (Arc Fault Circuit Interrupter); in accordance with UL1699B Issue 2-2013 and CSA TIL M-07 Issue 1-2013			
DC operation modes	ungrounded / neg. grounding in accordance with NEC 2014. Positive grounding in accordance with NEC 2011			
DC Ground fault detector / interrupter	Internal GFDI (Ground Fault Detector/Interruptor); in accordance with UL 1741-2010 and NEC 2014 (negative grounding)			
DC disconnect	Included			
INTERFACES	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.1-1
Wi-Fi* / Ethernet LAN	Wireless standard 802.11 b/g/n / Fronius Solar.web, SunSpec Modbus TCP, JSON			
Digital inputs/outputs	6 digital configurable I/O + 4 digital inputs + 1 relay contact			
USB (A socket)	For USB sticks- updates, logging			
2x RS422 (RJ45 socket)	Fronius Solar Net			
Datalogger and Webserver	Included			
RS485	SunSpec Modbus RTU, SunSpec Modbus TCP and Fronius Solar API (JSON, for actual values) or meter connection (Available Fall 2014)			

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



WE HAVE THREE DIVISIONS AND ONE PASSION: SHIFTING THE LIMITS OF POSSIBILITY.

/ Whether welding technology, photovoltaics or battery charging technology – our goal is clearly defined: to be the innovation leader. With around 3,000 employees worldwide, we shift the limits of what's possible - our record of over 1,000 granted patents is testimony to this. While others progress step by step, we innovate in leaps and bounds. Just as we've always done. The responsible use of our resources forms the basis of our corporate policy.

Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at www.fronius.com

Xtender series



Model	XTS 900-12	XTS 1200-24	XTS 1400-48	XTM 1500-12	XTM 2000-12	XTM 2400-24	XTM 2600-48	XTM 3500-24	XTM 4000-48	XTH 3000-12	XTH 5000-24	XTH 6000-48	XTH 8000-48	
Inverter														
Nominal battery voltage	12V	24V	48V	12V		24V	48V	24V	48V	12V	24V	48V		
Input voltage range	9.5 - 17V	19 - 34V	38 - 68V	9.5 - 17V		19 - 34V	38 - 68V	19 - 34V	38 - 68V	9.5 - 17V	19 - 34V	38 - 68V		
Continuous power @ 25°C	650*+/500VA	800*+/650VA	900*+/750VA	1500VA	2000VA		2000VA	3000VA	3500VA	2500VA	4500VA	5000VA	7000VA	
Power 30 min. @ 25°C	900*+/700VA	1200*+/1000VA	1400*+/1200VA	1500VA	2000VA	2400VA	2600VA	3500VA	4000VA	3000VA	5000VA	6000VA	8000VA	
Power 5 sec. @ 25°C	2.3kVA	2.5kVA	2.8kVA	3.4kVA	4.8kVA	6kVA	6.5kVA	9kVA	10.5kVA	7.5kVA	12kVA	15kVA	21kVA	
Maximum load	Up to short-circuit													
Maximum asymmetric load	Up to Pcont.													
* Load detection (stand-by)	2 to 25 W													
Cos φ	0.1-1													
Maximum efficiency	93%	93%	93%	93%		94%	96%	94%	96%	93%	94%	96%		
Consumption OFF/Stand-by/ON	1.1W/1.4W/7W	1.2W/1.5W/8W	1.3W/1.6W/8W	1.2W/1.4W/8W	1.2W/1.4W/10W	1.4W/1.6W/9W	1.8W/2W/10W	1.4W/1.6W/12W	1.8W/2.1W/14W	1.2W/1.4W/14W	1.4W/1.8W/18W	1.8W/2.2W/22W	1.8W/2.4W/30W	
* Output voltage	Pure sine wave 230Vac (+/- 2%) / 120Vac ⁽¹⁾													
* Output frequency	50Hz / 60Hz ⁽¹⁾ +/- 0.05% (crystal controlled)													
Harmonic distortion	<2%													
Overload and short-circuit protection	Automatic disconnection with 3 time restart attempt													
Overheat protection	Warning before shut-off - with automatic restart													
Battery charger														
* Charge Characteristic	6 steps: Bulk-Absorption-Floating-Equalization-reduced floating-periodic absorption Number of steps, thresholds, end current and times completely adjustable with the RCC-02/03													
* Maximum charging current	35A	25A	12A	70A	100A	55A	30A	90A	50A	160A	140A	100A	120A	
* Temperature compensation	With BTS-01 or BSP 500/1200													
Power Factor Correction (PFC)	EN 61000-3-2													
General data														
Input voltage range	XTS 900-12	XTS 1200-24	XTS 1400-48	XTM 1500-12	XTM 2000-12	XTM 2400-24	XTM 2600-48	XTM 3500-24	XTM 4000-48	XTH 3000-12	XTH 5000-24	XTH 6000-48	XTH 8000-48	
Input frequency	150 to 265vac / 50 to 140Vac (1)													
Input current max. (transfer relay) / Output current max.	16A/20A							50A/56A				50A/80A		
Transfer time	<15ms													
Multifunction contacts	Module ARM-02 with 2 contacts, in option			2 independent contacts (potential free 3 points, 16Aac/5Adc)										
Weight	8.2 kg	9 kg	9.3 kg	15 kg	18.5 kg	16.2 kg	21.2 kg	22.9 kg	34 kg		40 kg	42 kg	46 kg	
Dimension hxxwxd [mm]	110x210x310	110x210x310	110x210x310	133x322x466				133x322x466		230x300x500		230x300x500	230x300x500	
Protection index	IP54			IP20										
Conformity	Directive EMC 2004/108/EC : EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 55014, EN 55022, EN 61000-3-2, 62040-2 Low voltage directive 2006/95/EC : EN 62040-1-1, EN 50091-2, EN 60950-1													
Operating temperature range	-20 à 55°C													
Relative humidity in operation	100%			95% without condensation										
Ventilation	Optional cooling module ECF-01			Forced from 55°C										
Acoustic level	<40dB / <45dB (without/with ventilation)													
Warranty	5 years													
Accessoires														
Remote control RCC-02 or RCC-03	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Module XCOM-232i	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Bridge XCOM-MS	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Remote Control Module RCM-10 (3 m)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Communication module TCM-01	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
2 aux. contacts module ARM-02	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Cooling Module ECF-01	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Battery temp. sensor BTS-01 (3 m)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Communication cable for 3ph and // CAB-RJ45-8-2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Mounting frame X-Connect	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	

* Adjustable with the RCC-02/03

** These features are valid only when using the cooling module ECF-01.

⁽¹⁾ With -01 at the end of the reference, means 120V/60Hz. Available for all Xtenders except XTH 8000-48



MPPT solar charge controller

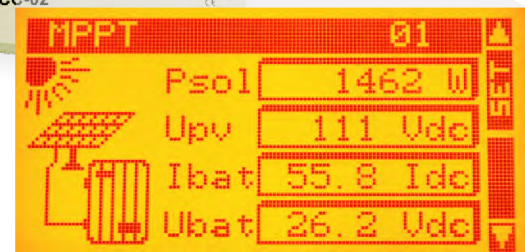
VarioTrack

VT-80
VT-65

Maximize the energy generated from solar panels by adding a **VarioTrack** solar charge controller with maximum power point tracker (MPPT) to any solar installation.

The solar charge controller, **VarioTrack**, contains the MPPT algorithm that continuously tracks the maximum power point and automatically charges the batteries in an optimal way with all the available solar power.

65 or 80A / Battery voltage: 12-24-48V
up to 150V input PV voltage range



Product features

- Easy and safe commissioning with full protection against incorrect wiring
- Rugged and durable, this device is designed to perform in harsh environmental conditions (IP54)
- High conversion efficiency, 98%
- Up to 15 **VarioTrack** in parallel
- 4 step charger for longer battery life
- Low self-consumption : <1W in night time mode
- Display with 7 LEDs showing status and current
- Comprehensive display, programming and datalogging with RCC-02/-03
- Optimal usage in an **Xtender** system with a synchronized battery management

Xtender



VarioTrack

VT-80

VT-65

Electrical characteristics PV array side	VT-65			VT-80		
	12 V	24 V	48 V	12 V	24 V	48 V
Maximum Solar power recommended (IGSTC)	1000 W	2000 W	4000 W	1250 W	2500 W	5000 W
Maximum Solar Open Circuit Voltage	80 Vdc	150 Vdc	80 Vdc	150 Vdc		
Maximum Solar functional circuit voltage	75 Vdc	145 Vdc	75 Vdc	145 Vdc		
Electrical characteristics Battery side						
Maximum Output Current	65 A			80 A		
Nominal Battery Voltages	automatic / manual set to 12, 24 or 48 Vdc					
Operating voltage range	above battery voltage, minimum 7 V					
Performances of the device						
Power Conversion Efficiency (in a 48 V typical-system)	98 %					
Maximum Stand-By Self-consumption (48 V)	25 mA > 1.2 W					
Maximum Stand-By Self-consumption (24 V)	30 mA > 0.8 W					
Maximum Stand-By Self-consumption (12 V)	35 mA > 0.5 W					
Charging stages	4 stages : Bulk, Absorption, Float, Equalization					
Battery temperature compensation (available with accessory BTS-01)	-3 mV /°C /cell (25°C ref) default value adjustable -8 to 0 mV /°C					
Electronic protections						
PV reverse polarity	protected					
Battery reverse polarity	up to -150 Vdc					
Battery overvoltage	up to 150 Vdc					
Over temperature	protected					
Reverse current at night	prevented by relays					
Environment						
Operating Ambient Temperature Range	-20 to 55°C					
Humidity	100 %					
Ingress Protection of enclosures	IP54, IEC/EN 60529:2001					
Mounting location	indoor					
General data						
Warranty	5 years					
Weight	5.2 kg			5.5 kg		
Dimensions h/w/l [mm]	120 / 220 / 310			120 / 220 / 350		
Parallel operation (separated PV arrays)	up to 15 devices					
Max wire size	35 mm ²					
Glands	M 20 x 1,5					
Communication						
Network Cabling	STUDER communication BUS					
Remote Display and Controller	RCC-02/-03 / Xcom-232i					
Menu languages	English / French / German / Spanish					
Data Logging	With RCC-02/03 on SD card · One point every minute					
Accordance to standards						
CE compliant	EMC 2004/108/CE · LV 2006/95/CE · RoHS 2002/95/CE					
Safety	IEC/EN 62109-1:2010					
EMC (Electro Magnetic Compatibility)	IEC/EN 61000-6-3:2011 · IEC/EN 61000-6-1:2005					

Accessories (optional):



RCC -02
Remote control and programming center (Wall mounted)



RCC -03
Remote control and programming center (Panel mounted)



BTS -01
Battery temperature sensor

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 49°13'52" North, 16°11'50" East, Elevation: 480 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 9.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 11.2% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.2%

Other losses (cables, inverter etc.): 30.0%

Combined PV system losses: 39.9%

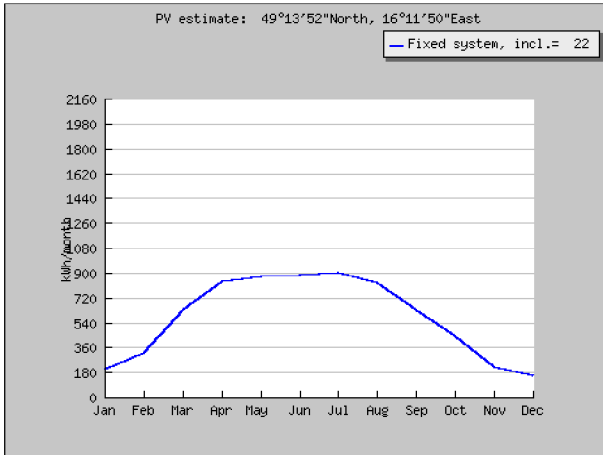
Fixed system: inclination=22 deg., orientation=-20 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	6.34	196	1.06	32.8
Feb	11.50	323	1.95	54.6
Mar	20.20	627	3.56	110
Apr	28.00	840	5.18	155
May	28.20	874	5.36	166
Jun	29.30	878	5.64	169
Jul	29.00	898	5.63	175
Aug	26.60	826	5.13	159
Sep	21.00	630	3.90	117
Oct	14.20	441	2.53	78.5
Nov	7.10	213	1.22	36.6
Dec	4.99	155	0.84	26.0
Year	18.90	575	3.51	107
Total for year		6900		1280

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

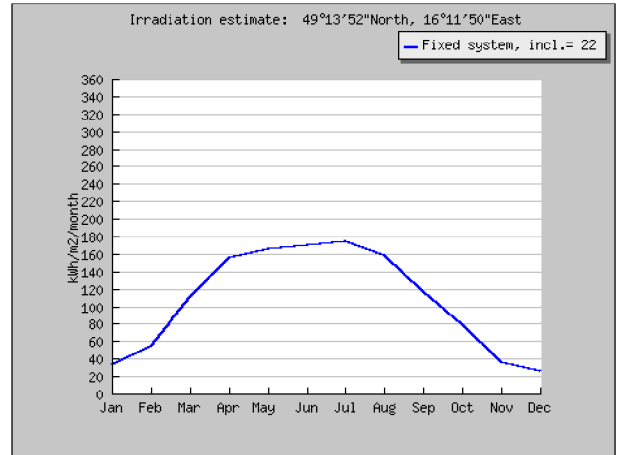
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

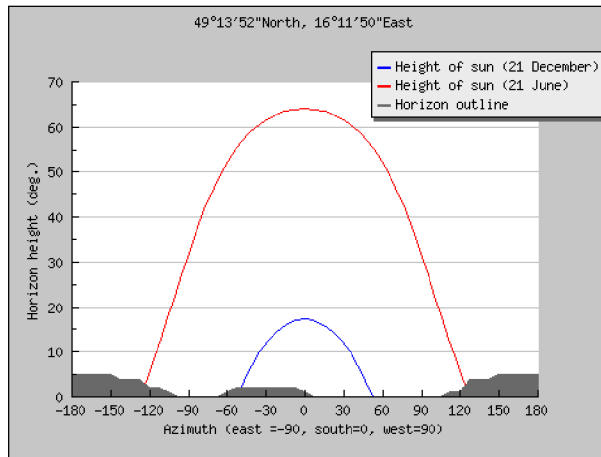
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)



Monthly energy output from fixed-angle PV system



Monthly in-plane irradiation for fixed angle



Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

1 Specifications

Outdoor unit

■ Zubadan

Model Name			PUHZ-SHW80VHA	PUHZ-SHW112VHA	PUHZ-SHW112YHA
Power supply (phase, cycle, voltage)			1φ, 230V, 50Hz	1φ, 230V, 50Hz	3φ, 400V, 50Hz
	Max. current	A	29.5	35.0	13.0
Breaker size		A	32	40	16
Outer casing			Galvanized plate	Galvanized plate	Galvanized plate
External finish			Munsell 3Y 7.8/1.1	Munsell 3Y 7.8/1.1	Munsell 3Y 7.8/1.1
Refrigerant control			Linear expansion valve	Linear expansion valve	Linear expansion valve
Compressor			Hermetic scroll	Hermetic scroll	Hermetic scroll
	Model		ANB33FJMMT	ANB33FJMMT	ANB33FJLMT
	Motor output	kW	2.5	2.5	2.5
	Start type		Inverter	Inverter	Inverter
	Protection devices		HP switch LP switch Discharge thermo Comp. Surface thermo	HP switch LP switch Discharge thermo Comp. Surface thermo	HP switch LP switch Discharge thermo Comp. Surface thermo
	Oil (Model)	L	1.40 (FV50S)	1.40 (FV50S)	1.40 (FV50S)
Crankcase heater		W	-	-	-
Heat exchanger		Air	Plate fin coil	Plate fin coil	Plate fin coil
		Water	-	-	-
Fan	Fan(drive) x No.		Propeller fan ×2	Propeller fan ×2	Propeller fan ×2
	Fan motor output	kW	0.074 ×2	0.074 ×2	0.074 ×2
	Air flow	m ³ /min (CFM)	100 (3,350)	100 (3,350)	100 (3,350)
Defrost method			Reverse cycle	Reverse cycle	Reverse cycle
Noise level (SPL)	Heating	dB(A)	51	52	52
	Cooling	dB(A)	50	51	51
Noise level (PWL)	Heating	dB(A)	69	70	70
Dimensions	Width	mm(in.)	950 (37-3/8)	950 (37-3/8)	950 (37-3/8)
	Depth	mm(in.)	330+30 (13+1-3/16)	330+30 (13+1-3/16)	330+30 (13+1-3/16)
	Height	mm(in.)	1350 (53-1/8)	1350 (53-1/8)	1350 (53-1/8)
Weight		kg(lbs)	120 (265)	120 (265)	134 (296)
Refrigerant			R410A	R410A	R410A
	Quantity	kg(lbs)	5.5 (12.1)	5.5 (12.1)	5.5 (12.1)
Pipe size O.D.	Liquid	mm(in)	9.52 (3/8)	9.52 (3/8)	9.52 (3/8)
	Gas	mm(in)	15.88 (5/8)	15.88 (5/8)	15.88 (5/8)
Connection method			Flared	Flared	Flared
Between the indoor & outdoor unit	Height difference	m	Max. 30	Max. 30	Max. 30
	Piping length	m	Max. 75	Max. 75	Max. 75
Guaranteed operating range (Outdoor)	Heating	°C	-25 ~ +21	-25 ~ +21	-25 ~ +21
	DHW	°C	-25 ~ +35	-25 ~ +35	-25 ~ +35
	Cooling	°C	-5 ~ +46	-5 ~ +46	-5 ~ +46
Outlet water temp. (Max in heating, Min in cooling)	Heating	°C	+60	+60	+60
	Cooling	°C	+5	+5	+5
Nominal return water temperature range	Heating	°C	+10 ~ +59	+10 ~ +59	+10 ~ +59
	Cooling	°C	+8 ~ +28	+8 ~ +28	+8 ~ +28
Water flow rate range		L/min	10.2 ~ 22.9	14.4 ~ 32.1	14.4 ~ 32.1

1 Specifications

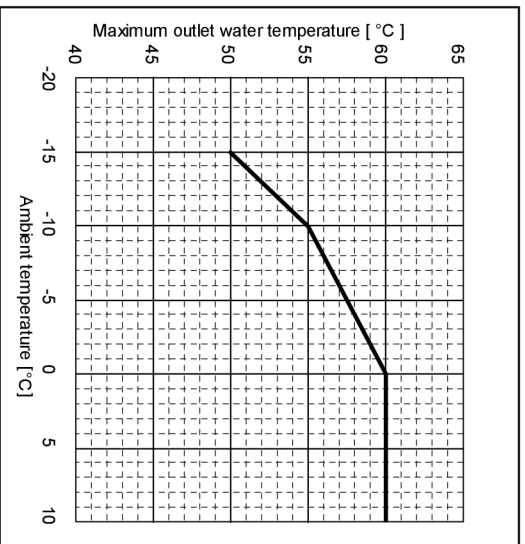
Outdoor unit

Outdoor unit

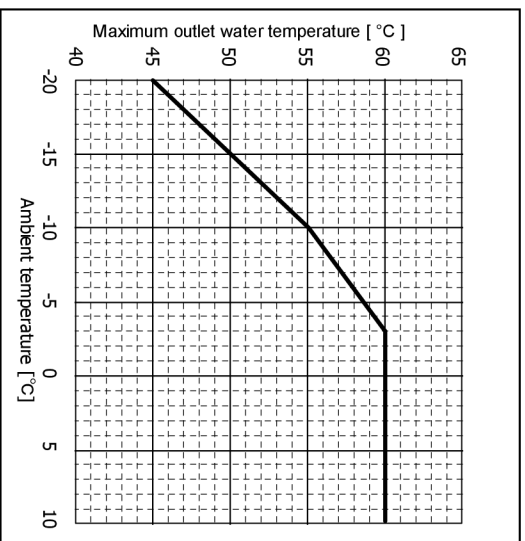
(2) Split-type units

- Power inverter

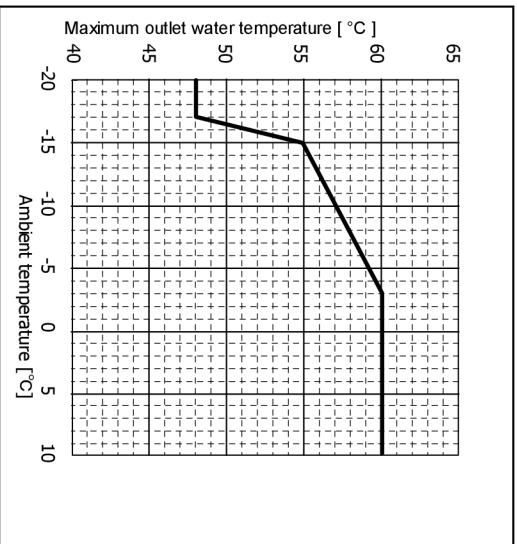
PUHZ-SW40/50VHA



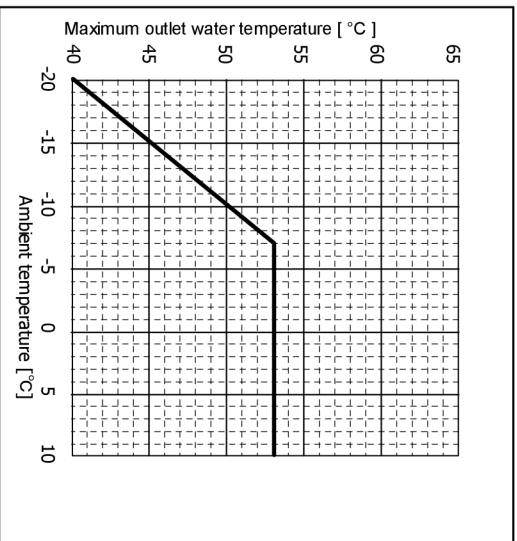
PUHZ-SW75VHA



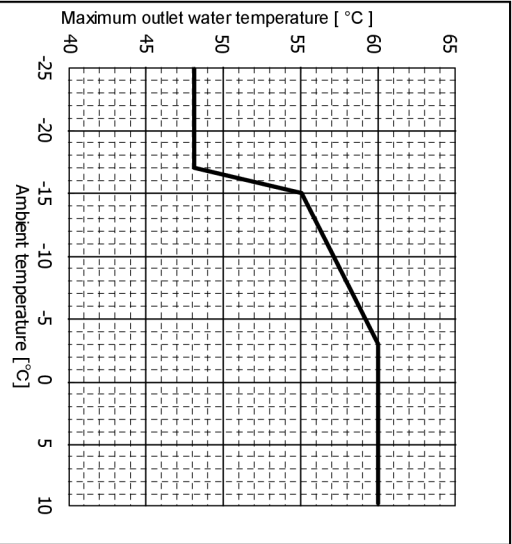
PUHZ-SW100/120VHA
PUHZ-SW100/120YHA



PUHZ-RP200/250YKA



■ Zubadan
PUHZ-SHW80/112VHA
PUHZ-SHW112/140YHA
PUHZ-SHW230YKA



PUHZ-SHW80/112VHA
PUHZ-SHW112/140YHA

Unit : mm

1 FREE SPACE (Around the unit)

The diagram below shows a basic example.
Explanation of particular details is given in the installation manuals etc.

2 SERVICE SPACE

Dimensions of space needed for service access are shown in the below diagram.

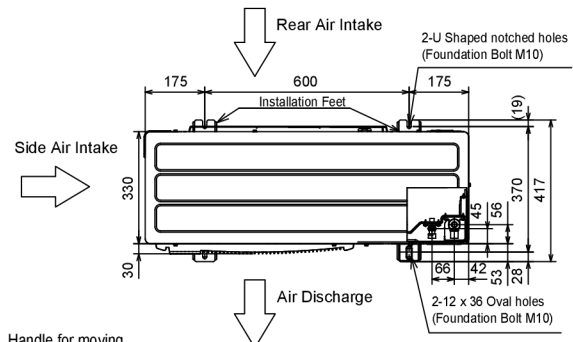
3 FOUNDATION BOLTS

Please secure the unit firmly with 4 foundation (M10) bolts. (Bolts and washers must be purchased locally.)

<Foundation bolt height>

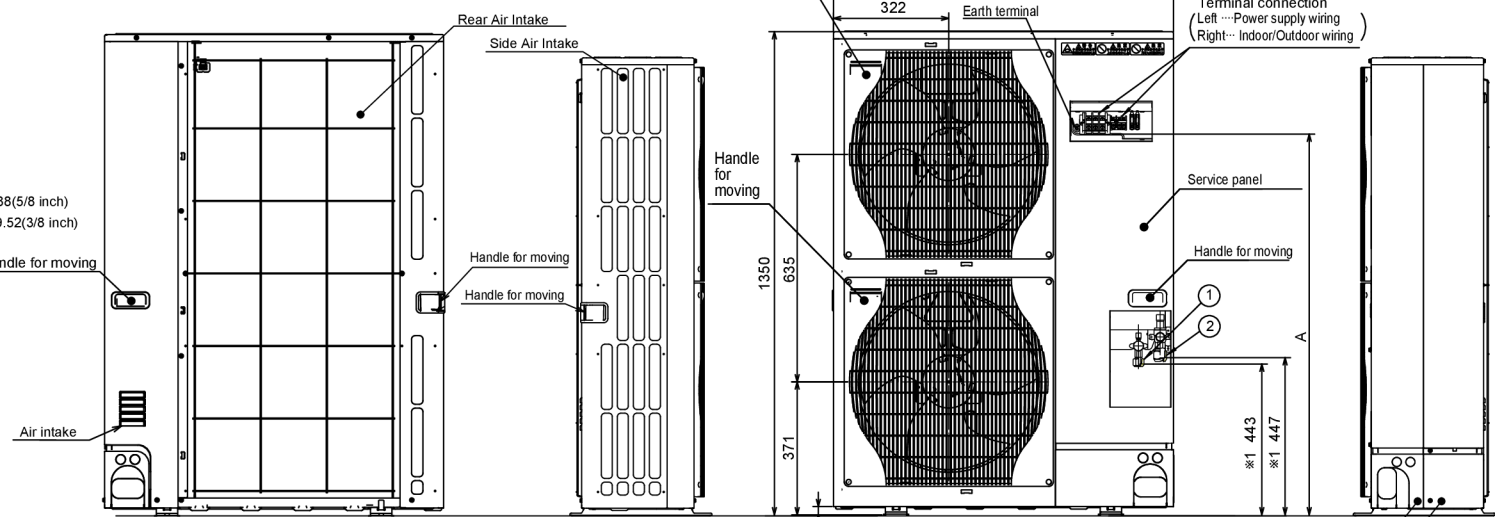
4 PIPING-WIRING DIRECTIONS

Piping and wiring connections can be made from 4 directions: front, right, rear and below.

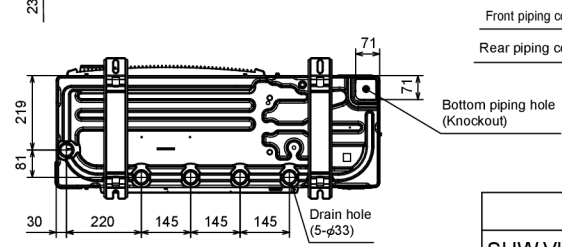
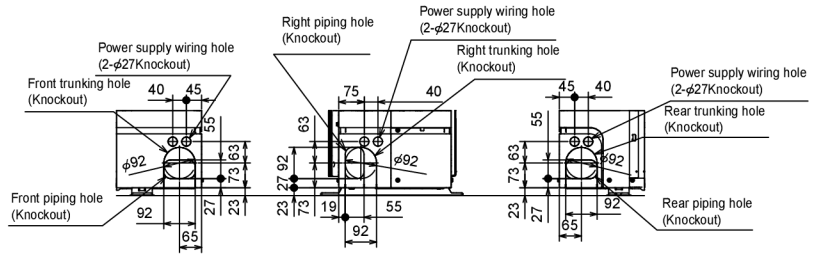


Example of Notes

- ① Refrigerant GAS pipe connection (FLARE) $\phi 15.88(5/8)$ inch
- ② Refrigerant LIQUID pipe connection (FLARE) $\phi 9.52(3/8)$ inch
- *1 Indication of STOP VALVE connection location.



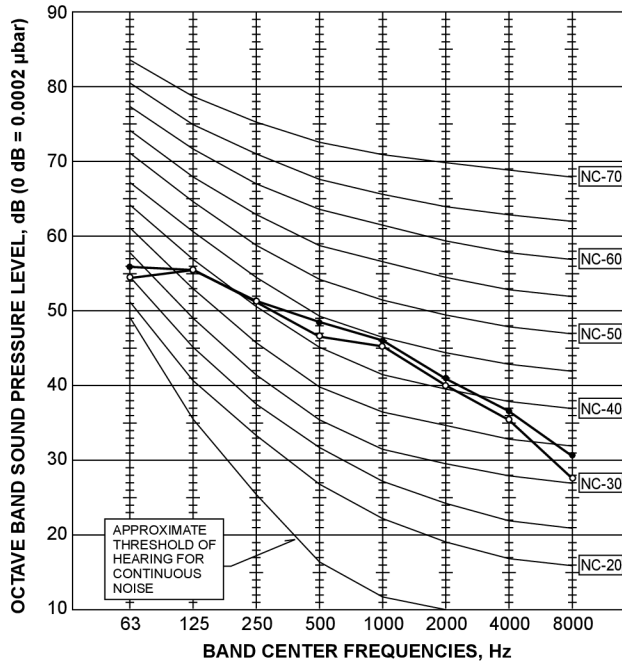
Piping Knockout Hole Details



	A
SHW-VHA	1,079
SHW-YHA	930

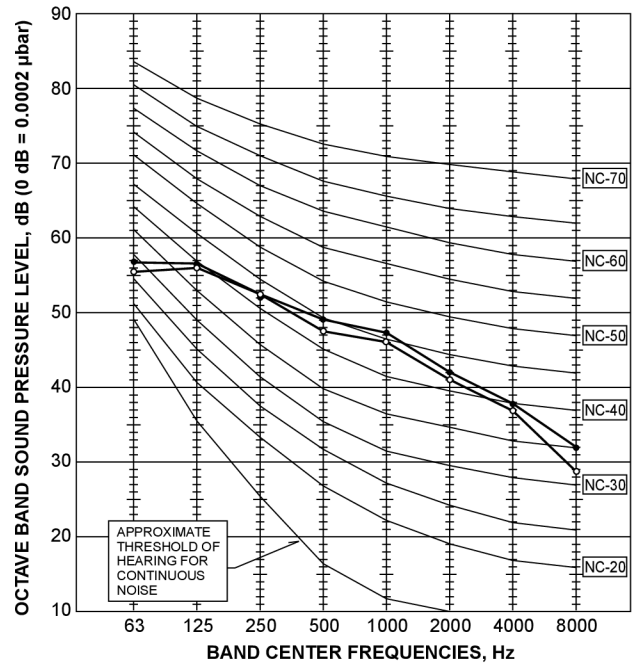
PUHZ-SHW80VHA

MODE	SPL(dB)	LINE
COOLING	50	○—○
HEATING	51	●—●



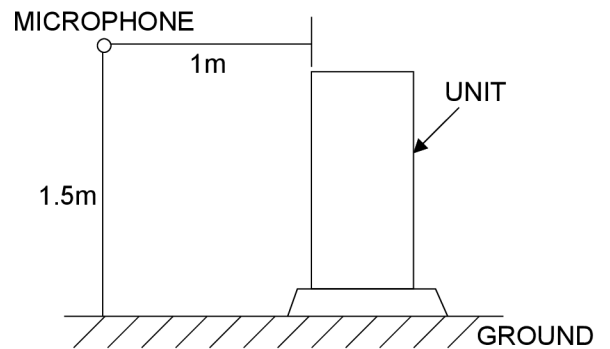
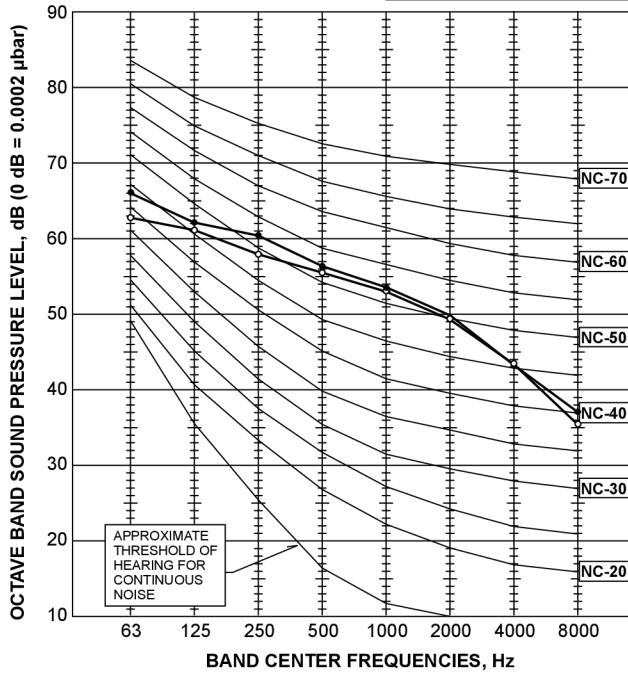
PUHZ-SHW112VHA PUHZ-SHW112/140YHA

MODE	SPL(dB)	LINE
COOLING	51	○—○
HEATING	52	●—●



PUHZ-SHW230YKA

MODE	SPL(dB)	LINE
COOLING	58	○—○
HEATING	59	●—●



Outdoor unit

UNIT : mm

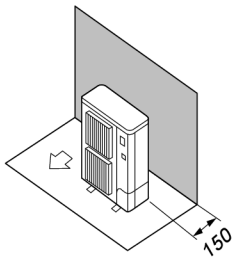


Fig. 3-6

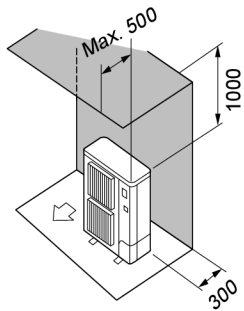


Fig. 3-7

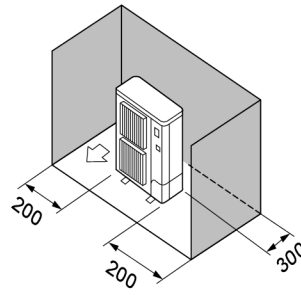


Fig. 3-8

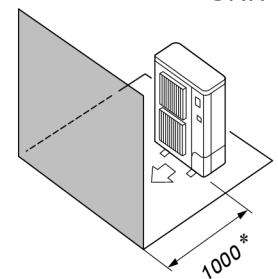


Fig. 3-9

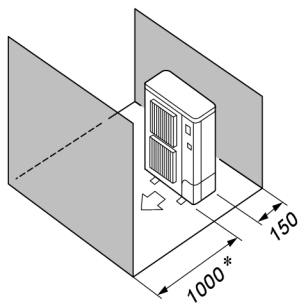


Fig. 3-10

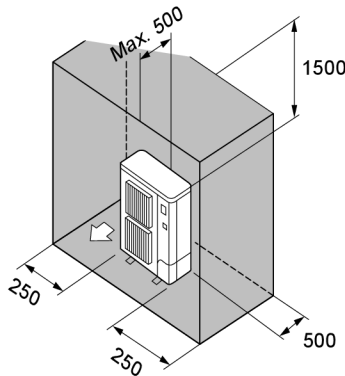


Fig. 3-11

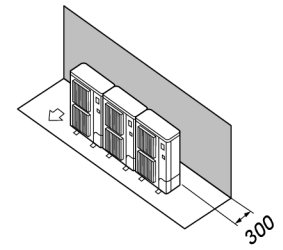


Fig. 3-12

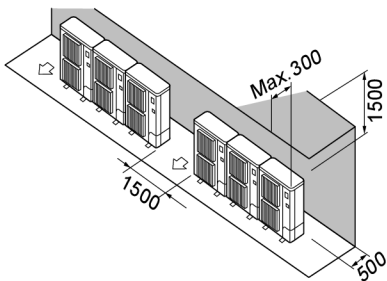


Fig. 3-13

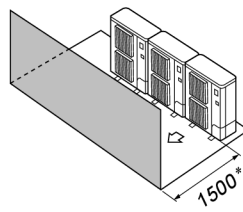


Fig. 3-14

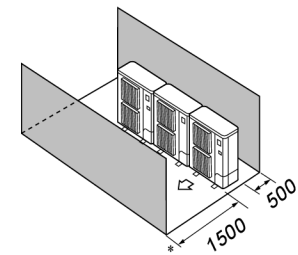


Fig. 3-15

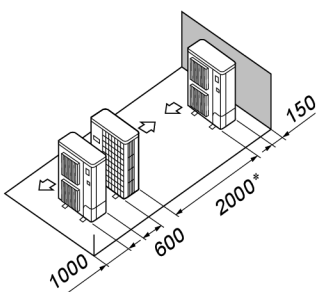


Fig. 3-16

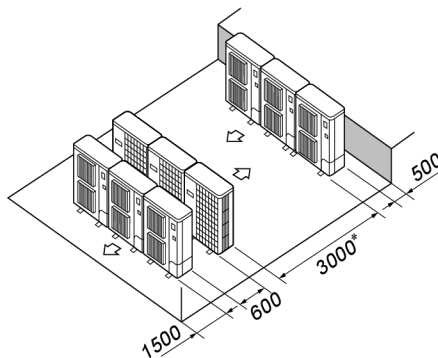


Fig. 3-17

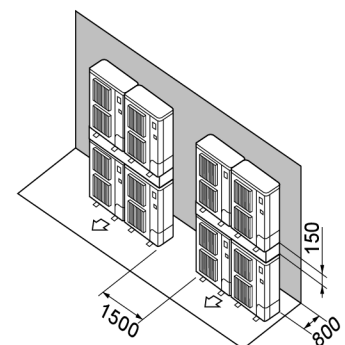
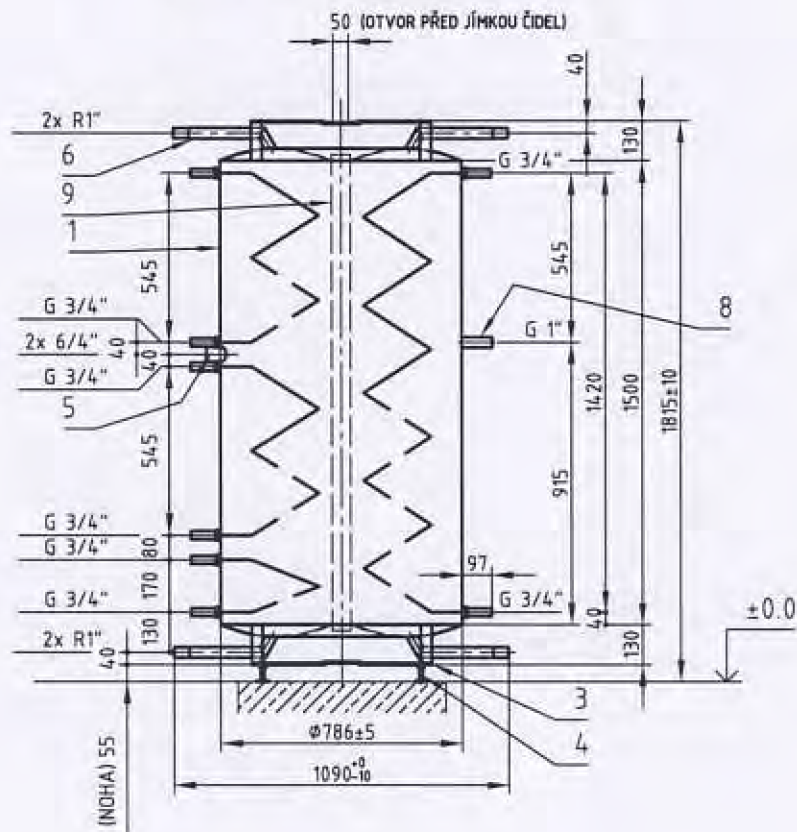


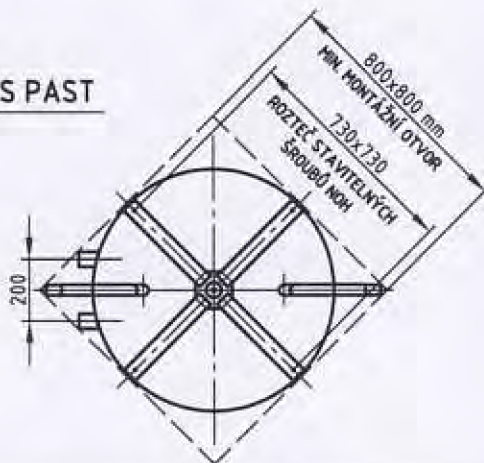
Fig. 3-18

POHLED "Q" - NÁDOBA PAST 750



PŮDORYS PAST

POHLED "P"



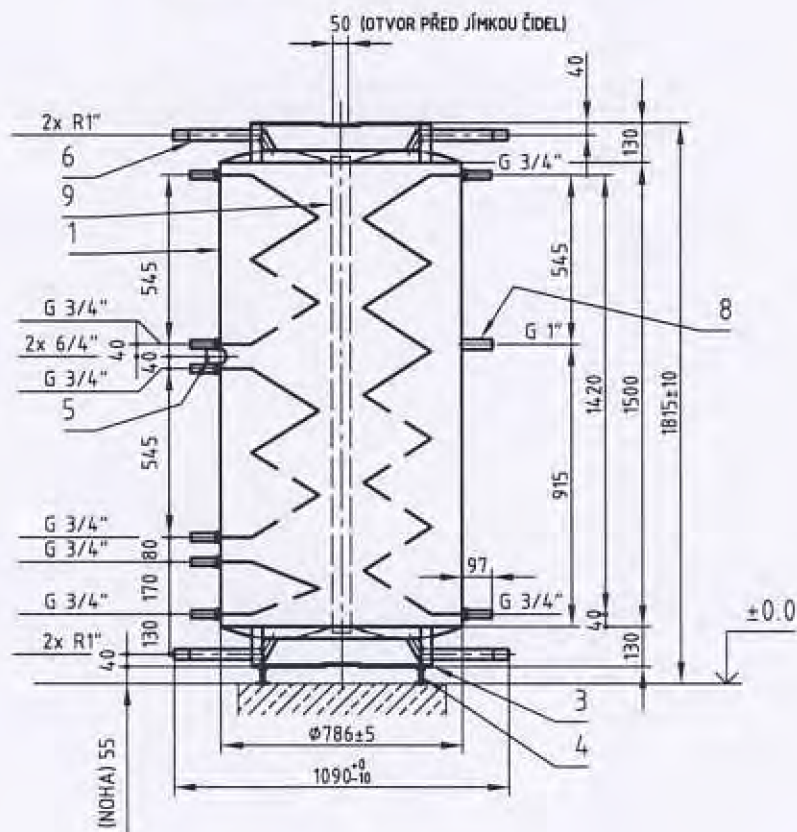
LIST : NÁZEV :

1 PAST 750 - typ SOLAR HP

DATUM :

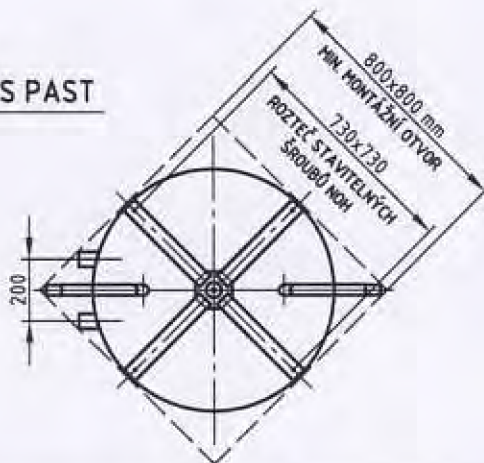
25.10.2009

POHLED "Q" - NÁDOBA PAST 750



PŮDORYS PAST

POHLED "P"



LIST : NÁZEV :

1 PAST 750 - typ SOLAR HP

DATUM :

25.10.2009

Parametr - akumulční nádoba	Hodnota	Poznámka
Průměr bez tepelné izolace	786 mm	S tepelnou izolací cca 950 mm
Výška bez izolace	1 815 mm	S tepelnou izolací cca 1 900 mm
Vodní obsah	750 litrů	Standardní provedení
Počet tepelných výměníků	1- 6 ks	Speciální patentované uspořádání
Elektrické topné těleso	1-6 kW, 230/400V	
Integrovaná přípojka na straně tep. zdroje	3x s vnějším závitem R 1"	Neoddělené médium ve standardním provedení
Integrovaná přípojka na straně spotřebiče	3x s vnějším závitem R 1"	Neoddělené médium ve standardním provedení
Připojení elektrického topného tělesa	2x s vnitřním závitem R 6/4"	Pouze návarek pro instalaci
Trubka teplotních senzorů	φ 60,3 x 3,6 – 1280 mm	
Nejvyšší pracovní přetlak	do 6 barů	Konkrétní hodnota je dána nastavením pojistného přetlakového zařízení dle projektu
Zkušební přetlak	9 barů	
Nejvyšší pracovní teplota	do 110 °C	Konkrétní hodnota je dána nastavením pojistného zařízení dle projektu
Hmotnost prázdné nádoby s výbavou	175 kg	
• z toho jeden výměník	3,5 kg, 8,5 kg, 9,8 kg 15 kg	TYP S, TYP SX, TYP L, TYP LX
Materiál válcové části pláště	ocel 11373 dle ČSN	Síla stěny 3,0 mm
Klenuté dno (2 ks)	ocel 11373 dle ČSN	Síla stěny 4,0 mm

Tepelné ztráty akumulční nádoby

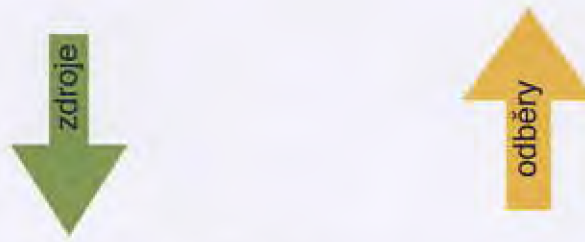
Teplota v akumulční nádobě (°C)	Doba chlazení (h)	Tepelná ztráta za 24 h (kWh)
55	24	2,5
75	24	4,3
90	24	6

Tabulka objemů připravené teplé vody (TV) průtočným způsobem bez dodatečného přívodu tepla ze zdroje.

Teplota v akumulční nádobě (°C)	Požadovaná teplota TV (°C)	Průtok teplé vody (l/min)	Množství teplé vody (litry)
55	45	10	297
55	45	20	177
75	45	10	855
75	45	20	678
90	45	10	1274
90	45	20	1074

Parametr - výměník tepla	Hodnota	Poznámka
Délka trubky svazku bez koncovek	3 080 mm	TYP S - solární
Délka trubky svazku s koncovkami	3 110 mm	
Vodní obsah výměníku	0,66 litru	
Teplosměnná plocha výměníku	1,08 m ²	
Připojovací koncovka pro tepelný výměník	2x vnější závit G3/4"	Oddělené médium
Nejvyšší pracovní přetlak	do 40 barů	Konkrétní hodnota je dána nastavením pojistného přetlakového zařízení dle projektu
Zkušební přetlak	60 barů	
Nejvyšší pracovní teplota	do 200 °C	Konkrétní hodnota je dána nastavením pojistného zařízení dle projektu
Materiál trubky výměníku	SF – Cu(2.0090) DIN1787	Síla stěny 2,35 mm
Hygienické vlastnosti materiálu	Nezávadný	Vhodný pro styk s pitnou vodou

Parametr - výměník tepla	Hodnota	Poznámka
Délka trubky svazku bez koncovek	4 650 mm	TYP SX - v sérii s LX
Délka trubky svazku s koncovkami	4 950 mm	pro TČ 14 kW
Vodní obsah výměníku	1,05 litru	
Teplosměnná plocha výměníku	1,73 m ²	
Připojovací koncovka pro tepelný výměník	2x letovací Cu22	Oddělené médium
Nejvyšší pracovní přetlak	do 40 barů	Konkrétní hodnota je dána nastavením pojistného přetlakového zařízení dle projektu
Zkušební přetlak	60 barů	
Nejvyšší pracovní teplota	do 200 °C	Konkrétní hodnota je dána nastavením pojistného zařízení dle projektu
Materiál trubky výměníku	SF – Cu(2.0090) DIN1787	Síla stěny 2,35 mm
Hygienické vlastnosti materiálu	Nezávadný	Vhodný pro styk s pitnou vodou



kotle, krby

teplá voda

teplá voda cirkulace

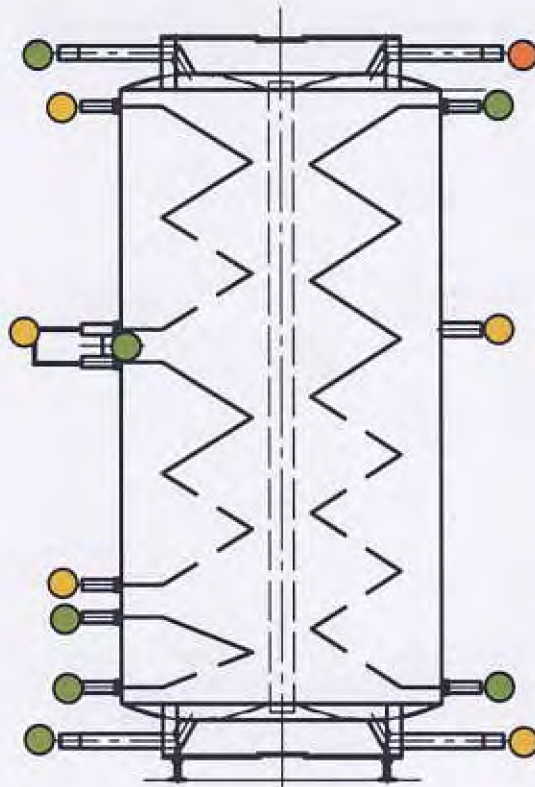
ei. topná patrona

studená voda

solar

solar

kotle, krby



pojistný ventil, exp.

tepelné čerpadlo

otopná soustava

tepelné čerpadlo

otopná soustava