

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**Využití solárních systému pro snížení energetické  
náročnosti budovy**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vypracoval:**

**Bc. Martin Ekrt**

**Vedoucí práce:**

**doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.**

**2021/2022**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Bc. Ekrť</u>	Jméno: <u>Martin</u>	Osobní číslo: <u>468253</u>
Zadávací katedra: <u>K125 - Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>Budovy a prostředí</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Vytápění domu pro seniory</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Building heating system for the elderly</u>	
Pokyny pro vypracování: Projekt vytápění zadané budovy domu pro seniory Textová část - technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, návrh trasy soustavy vytápění, návrh dimenzí rozvodů, základní energetické výpočty. Výkresová část - půdorys, svislý řez, řešení technické místnosti	
Studie na téma <u>Využití solárního systému pro snížení energetické náročnosti budovy</u>	
Seznam doporučené literatury: Kabele, Karel : TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV. Vytápění. ČVUT. Praha 2014. ISBN 978-80-01-05203-7 ČSN EN 12831 -1 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. ČSN EN 12828 A1 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav. Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5.	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>24.9.2021</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>2.1.2022</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne

podpis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Michalovi Kabrhelovi, Ph.D. za jeho cenné rady a připomínky. Dále bych rád poděkoval majiteli řešeného objektu za poskytnutí projektové dokumentace.

## **Anotace v českém jazyce**

Diplomová práce se zabývá využitím solárních systémů pro snížení energetické náročnosti budov. Vycházím z popisu jednotlivých systémů a následným konkrétním návrhem na úrovni studie v rámci řešeného objektu v návaznosti na vypracovanou projektovou dokumentaci vytápění domu pro seniory v Trutnově.

## **Klíčová slova**

Vytápění, solární systémy, fotovoltaické systémy, fototermické systémy, ohřev teplé vody

## **Annotation**

The diploma thesis deals with the use of solar systems to reduce the energy intensity of buildings. I am based on the description of individual systems and the subsequent specific proposal at the level of the study within the solved object in connection with the developed project documentation for the heating of a home for the elderly in Trutnov.

## **Keywords**

Heating, solar systems, photovoltaic systems, photothermal systems, hot water heating

## Obsah

1. Úvod.....	6
2. Slunce.....	7
2.1. Vznik energie .....	7
2.2. Spektrum slunečního záření.....	7
2.3. Sluneční záření na povrchu Země .....	8
3. Využití slunečního záření .....	9
3.1. Parametry vázané na umístění objektu .....	10
3.1.1. Vliv zeměpisné šířky .....	10
3.1.2. Vliv sklonu a orientace plochy .....	12
4. Solární systémy.....	13
4.1. Pasivní systémy .....	13
4.1.1. Trombeho stěna.....	13
4.1.2. Energetické fasády .....	15
4.1.3. Dvojité transparentní fasády .....	15
4.1.4. Nezasklený solární vzduchový kolektor .....	16
4.1.5. Energetická střecha.....	16
4.1.6. Transparentní tepelná izolace.....	16
4.1.7. Solární komín .....	17
4.2. Aktivní systémy.....	18
4.2.1. Fotovoltaika .....	18
4.2.1.1. Fotovoltaické panely .....	18
4.2.1.2. Střídače, měniče .....	20
4.2.1.3. Bateriové úložiště .....	21
4.2.2. Umístění na budovu.....	21
4.2.3. Fototermální systémy .....	23
4.2.3.1. Kapalinový systém .....	23
4.2.3.1.1. Ploché kolektory .....	24
4.2.3.1.2. Trubicové kolektory.....	25
4.2.3.1.3. Tlakový solární kolektor se zabudovanou nádrží .....	27
4.2.3.1.4. Koncentrační kolektor .....	27
4.2.3.1.5. Komponenty soustavy .....	27
5. Návrh fototermického systému pro ohřev teplé vody v domu pro seniory.....	29

5.1.	Popis objektu .....	29
5.2.	Potřeba TV v objektu .....	30
5.2.1.	Křivka odběru teplé vody .....	30
5.3.	Současný způsob ohřevu teplé vody .....	31
5.4.	Dostupnost solárního záření .....	31
5.5.	Návrh fototermického systému .....	33
5.5.1.	Fototermické panely .....	33
5.6.	Výpočet.....	34
5.7.	Ekonomické zhodnocení.....	35
5.7.1.	Náklady na ohřev TV .....	35
5.7.2.	Investiční náklady.....	36
5.7.3.	Návratnost investice .....	36
6.	Závěr .....	37
7.	Seznam tabulek.....	38
8.	Seznam obrázků.....	38
9.	Použité zdroje .....	39

## 1. Úvod

Energetická politika Evropské unie v současné době čelí v oblasti energetiky několika výzvám, mezi které patří rostoucí závislost na dovozu, vysoké a kolísavé ceny energie, rostoucí celosvětová poptávka po energii, bezpečnostní rizika postihující producentské a tranzitní země, rostoucí hrozby související se změnou klimatu, dekarbonizace, pokrok v oblasti energetické účinnosti, zvýšení podílu obnovitelných zdrojů, zabezpečení dodávek a udržitelnost odvětví energetiky. [2]

Podle Evropské unie má energetická politika EU pět hlavních cílů[2]:

- Diverzifikace zdrojů energie a zajištění energetické bezpečnosti v rámci spolupráce mezi zeměmi EU
- Zajištění integrovaného vnitřního trhu s energií, který umožní volný tok energie v rámci celé EU prostřednictvím odpovídající infrastruktury
- Zlepšení energetické účinnosti a snížení závislosti na dovozu energie, omezení emisí
- Dekarbonizovat ekonomiku a posunout se blíže k nízkouhlíkovému hospodářství
- Podpora výzkumu v oblasti nízkouhlíkového hospodářství a technologií čisté energie

Při návrhu budov bychom se měli snažit tyto cíle naplnit, a to primárně snížením energetické náročnosti budovy a využíváním obnovitelných zdrojů energie. Energetická náročnost budovy záleží především na tepelně-technických vlastnostech obálky budovy, na účinnosti a správném chodu technického zařízení budovy.

Tepelně-technické vlastnosti konstrukcí dnes podléhají přísným požadavkům, kdy jsou na jednotlivé typy konstrukcí kladeny požadavky v podobě limitní hodnoty součinitele prostupu tepla. Tyto hodnoty je nutno dodržovat jak při výstavbě nových budov, tak i při rekonstrukci stávajících.

Pod pojmem technické zařízení budov si můžeme představit veškeré systémy zajišťující bezproblémový chod budovy, ať už se jedná například o systémy vytápění, chlazení, větrání, osvětlení, elektroinstalace, zabezpečení a zásobování vodou. Tyto systémy mají na celkovou energetickou potřebu budovy bezpochyby nemalý vliv. Při návrhu těchto systémů je šance na ovlivnění následné spotřeby energií vysoká, a to ať už se jedná o volbu typu zařízení a jeho účinnosti, typu primární energie pro jeho provoz, nebo jeho správné aplikace.

Pod pojmem obnovitelná energie si můžeme představit energii vyrobenou z obnovitelných zdrojů, které se v lidském časovém měřítku jsou schopny obnovit. Tato energie je dostupná v neomezeném množství a při využívání významně nezatěžuje životní prostředí. Jedná se například o energii větrnou, vodní, energii vln a přílivu, energii prostřední, geotermální a slunečnou. Často jsou mezi obnovitelné zdroje zařazovány biomasa a bioplyny.

Na trhu je k dispozici nepřeberné množství systémů a zařízení pro využití obnovitelné energie v aplikaci od malých až po velké objekty. Je zcela zřejmé, že se v dohledné době zvýší zájem o tyto systémy, a to jak ze zájmu lidí o úsporu svých financí, tak i ze strany tlaku státu v požadavcích legislativy.



## 2. Slunce

Slunce je pro naši planetu Zemi neblíží a nejvýznamnější hvězda, která se v naší sluneční soustavě nachází. Na Slunci vzniká solární energie, která je bezesporu hlavním zdrojem života na Zemi. Slunce nepředstavuje pouze zdroj solární energie jako takové, ale sluneční energie je základním prvkem vzniku většiny energetických zdrojů, které se na Zemi nachází. Například vznik fosilních paliv probíhal před několika miliony let přeměnou odumřelých rostlin a živočichů, větrná energie vzniká nerovnoměrným ohřátím zemského povrchu a následným prouděním vzduchu. Koloběh vody je závislý na odparu vody s následným transportem vodních par právě větrným prouděním a všechny tyto energie dokážeme v současné době jako lidstvo využít, avšak nemusí nám být na první pohled zcela jasné, že jejich původ je právě ve Slunci.

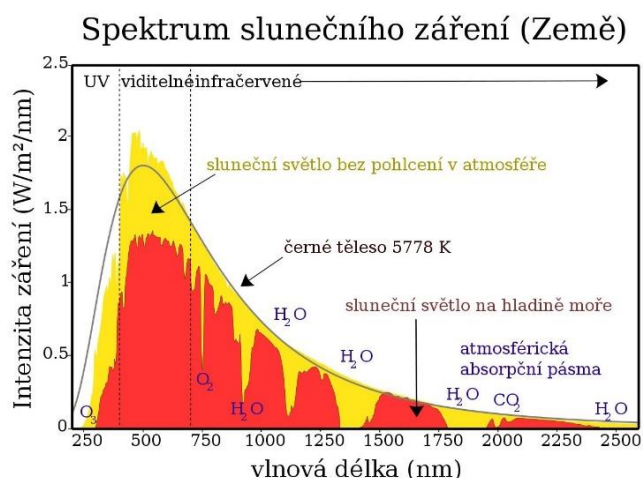
### 2.1. Vznik energie

Slunce je tvořeno dvěma hlavními prvky, a to vodíkem a héliem. V převaze je zastoupení vodíku, a to přibližně ze 70%, hélium z 28% a zbývající dvě procenta připadají na méně významné prvky. Všechny tyto prvky jsou zastoupeny ve skupenství plazmy. V nitru Slunce neustále dochází k termonukleární reakci, která spočívá v přeměně lehčích jader vodíku na těžší jádra hélia za doprovodu vzniku obrovského množství energie (až  $10^{26}$  J). Takto vzniklá energie je poté vyzařována do okolí Slunce a na naši planetu Zemi dopadá v podobě elektromagnetického záření.

Zásoby hlavních prvků potřebných pro průběh termonukleární reakce, tedy vodík a hélium, jsou odhadovány na několik miliard let. Slunce lze tedy z hlediska využívání jeho energie považovat za zdroj obnovitelný.

### 2.2. Spektrum slunečního záření

Sluneční záření je, jak už je řečeno výše, elektromagnetické záření. Záření má charakteristické spektrum vlnových délek, které před vstupem do zemské atmosféry mají spektrum dokonale černého tělesa, což odpovídá hodnotě 5778 Kelvinu. Sluneční spektrum dělíme na tři základní složky a to: ultrafialové, viditelné a infračervené záření. Lidské oko je schopno vnímat pouze viditelné světlo, čemuž odpovídá záření o vlnové délce 400-700 nm.

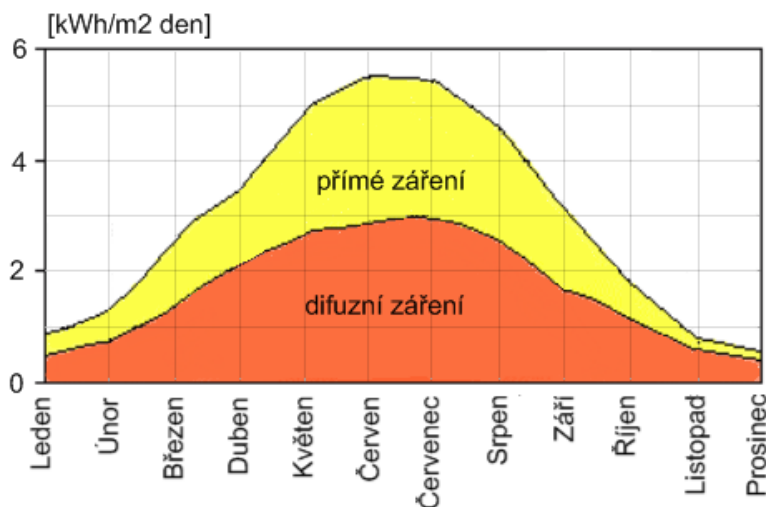


Obrázek 1 - spektrum slunečního záření

Autor: Nick84 - File:Solar\_spectrum\_ita.svg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24648395>

### 2.3. Sluneční záření na povrchu Země

Sluneční záření dopadající na zemský povrch lze rozdělit na přímé a rozptýlené. Přímé sluneční záření představují paprsky, které nejsou před dopadem na zkoumaný bod zatíženy rozptylem. Při jasné obloze je záření tvořeno převážně zářením přímým. Průchodem skrz zemskou atmosféru však dochází ke značnému rozptylu vlivem působením ozonové vrstvy, oblačnosti a znečištění ovzduší. Záření tedy nedopadá přímo, ale je rozptýleno v atmosféře, nebo odraženo o překážky. Toto záření nazýváme rozptýlené, nebo lépe difuzní. Podíl jednotlivých složek slunečního záření v průběhu roku je patrný na obr.2. Solární systémy můžeme rozlišovat podle toho, zda umí využít energii z difusního záření či nikoli. Při návrhu konkrétního systému musíme zohlednit požadavky dané budovy a přizpůsobit tomu navrhovaný systém.



Obrázek 2 - podíl přímého a difusního záření

Autor: <http://www.isofenenergy.cz/fotovoltaika.aspx>

Výkon slunečního záření závisí na poloze a orientaci zkoumaného bodu, přítomnosti překážek, zeměpisné šířce a výšce Slunce nad horizontem. Maximální výkon paprsků dopadající na zemský povrch je přibližně  $1100 \text{ W/m}^2$ , přičemž se jedná o ideálně umístěný bod, tedy bez překážek bránící přímému záření s orientací kolmo ke Slunci a nejnižší možnou výškou Slunce nad horizontem.

V České republice lze uvažovat výkon záření přibližně[3]:

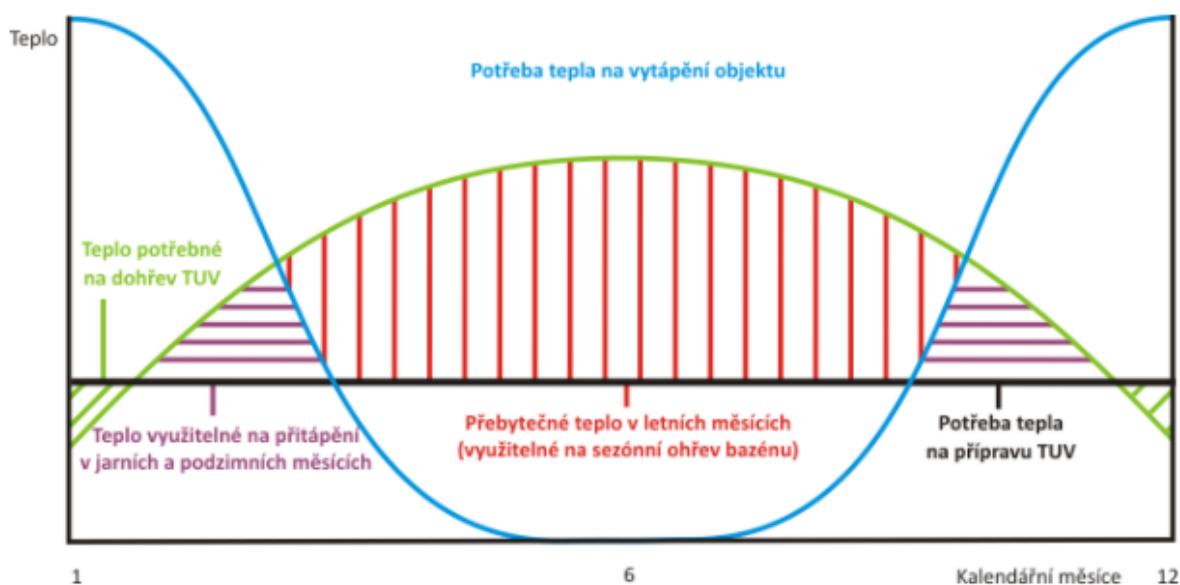
- Letní poledne  $1000 \text{ W/m}^2$
- Zimní poledne  $300 \text{ W/m}^2$
- Souvisle zatažená obloha  $100 \text{ W/m}^2$
- V noci při úplňku  $0,01 \text{ W/m}^2$

### 3. Využití slunečního záření

Se zvyšujícími se nároky na využívání energie z obnovitelných zdrojů se zvyšuje poptávka po zdrojích energie využívající sluneční záření. Možností, jak tuto energii využít máme nepřeberné množství, ale vždy se jedná o přeměnu primární energie, v podobě slunečního záření, do sekundární energie a to elektřiny nebo tepla. V budovách tyto energie můžeme využít pro snížení celkové energetické náročnosti. Přeměnu slunečního záření na energii elektrickou využijeme pro přímé napájení elektrických zařízení zajišťující chod budovy (osvětlení, běžné spotřebiče, zabezpečovací zařízení, ...), či v technických zařízeních budov pro přeměnu do energie tepelné, nebo pro pohon zařízení (klimatizace, čerpadla, ...). Tepelnou energii využijeme především pro ohřev teplé vody a vytápění objektu. Uplatnění si zajisté najde i v průmyslu.

Systemy pro využití slunečního záření dělíme ze základního pohledu na pasivní, kde využíváme sluneční energii v potřebném místě bez použití technologií, nebo naopak systémy aktivní, kde využíváme dostupné technologie k transformaci slunečního záření do přenosového média, které následně dopravujeme do místa potřeby.

Systemy využívající sluneční energii pro vytápění a ohřev teplé vody se potýkají s problémem dostupnosti slunečního záření a potřeby energie během roku. Pro typickou obytnou budovu je potřeba energie na ohřev teplé vody během roku téměř konstantní a na vytápění je nejvyšší potřeba v zimě, kdy dostupnost slunečního záření je naopak nejnižší. Na obrázku 3 je graficky znázorněna potřeba tepla v závislosti na dostupnosti energie ze slunečního záření během roku. Modrá křivka znázorňuje potřebu na vytápění, černá přímka potřebu na ohřev teplé vody a zelená dostupnost energie ze Slunce. Je patrné, že v létě je energie nadbytek, a naopak v zimních měsících je třeba energii dodávat z jiného zdroje.



Obrázek 3 - potřeba/dostupnost energie během modelového roku

Autor: Altec International s.r.o. , <http://ekoenergie.altec-int.cz/solarni-panely-vyuziti-kolektoru.htm>

### 3.1. Parametry vázané na umístění objektu

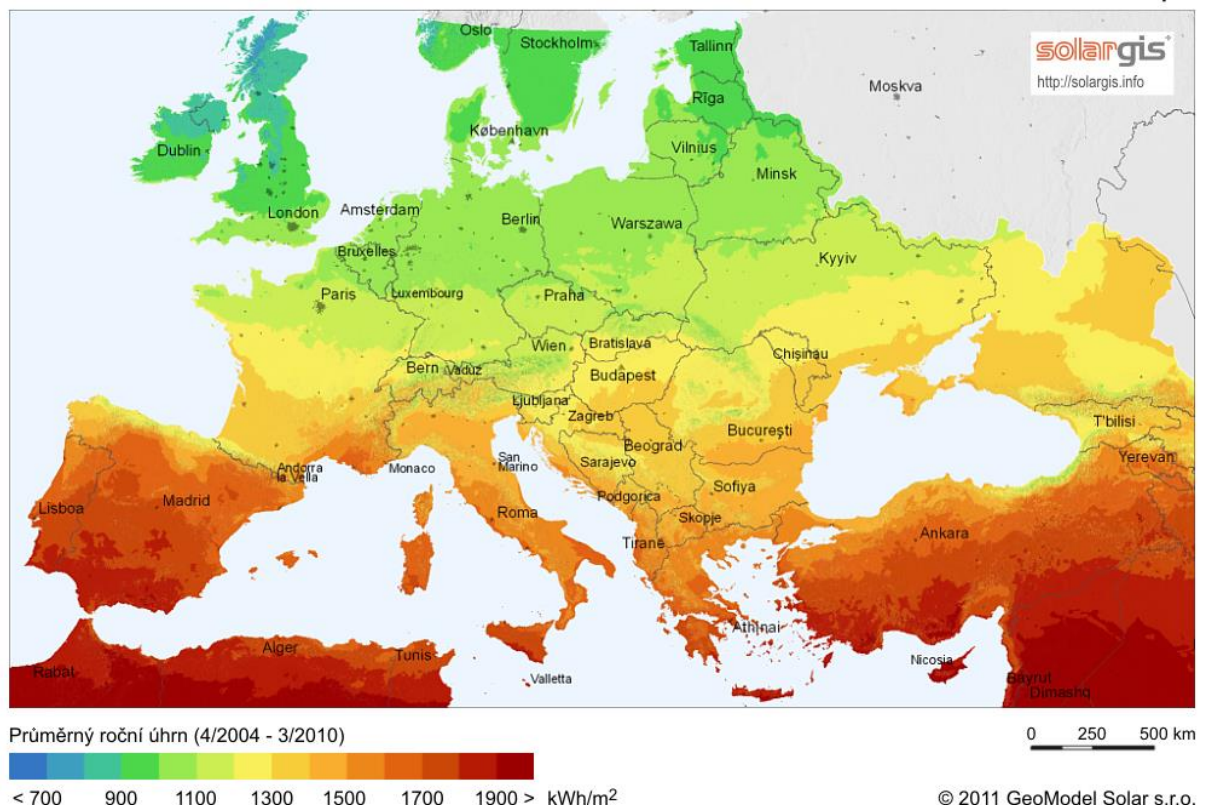
Při návrhu solárního systému je nutno pracovat se spousty proměnných veličin týkající se převážně umístění, orientace objektu ke světovým stranám a potřebu energie v budově během roku.

#### 3.1.1. Vliv zeměpisné šířky

Jedním z důležitých parametrů ovlivňující návrh systému je zeměpisná šířka. Výkon slunečního záření se mění v závislosti na poloze zkoumaného bodu k rovníku. Obecně lze říci, že čím blíže se k rovníku nacházíme, tím je výkon slunečního záření vyšší. Vyšší je jak intenzita slunečního záření, kdy na rovníku může dosahovat hranice  $1100 \text{ W/m}^2$ , tak i průměrný roční úhrn. Průměrný roční úhrn slunečního záření je závislý na intenzitě slunečního záření a na počtu slunečných dní. Na obr.4 je patrné, jak se v závislosti na zeměpisné šířce tato veličina mění. Graficky je znázorněn průměrný roční úhrn slunečního záření v Evropě vztážený na jednotku plochy. Je tedy zřejmé, že při návrhu systému je nutno respektovat geografické podmínky objektu a navrhnout systém vhodný do dané lokality. Nesmíme též opomenout proměnlivost slunečního svitu během různých ročních období, kdy v zimě je délka a intenzita záření daleko nižší než v letních měsících.

#### Globální horizontální záření

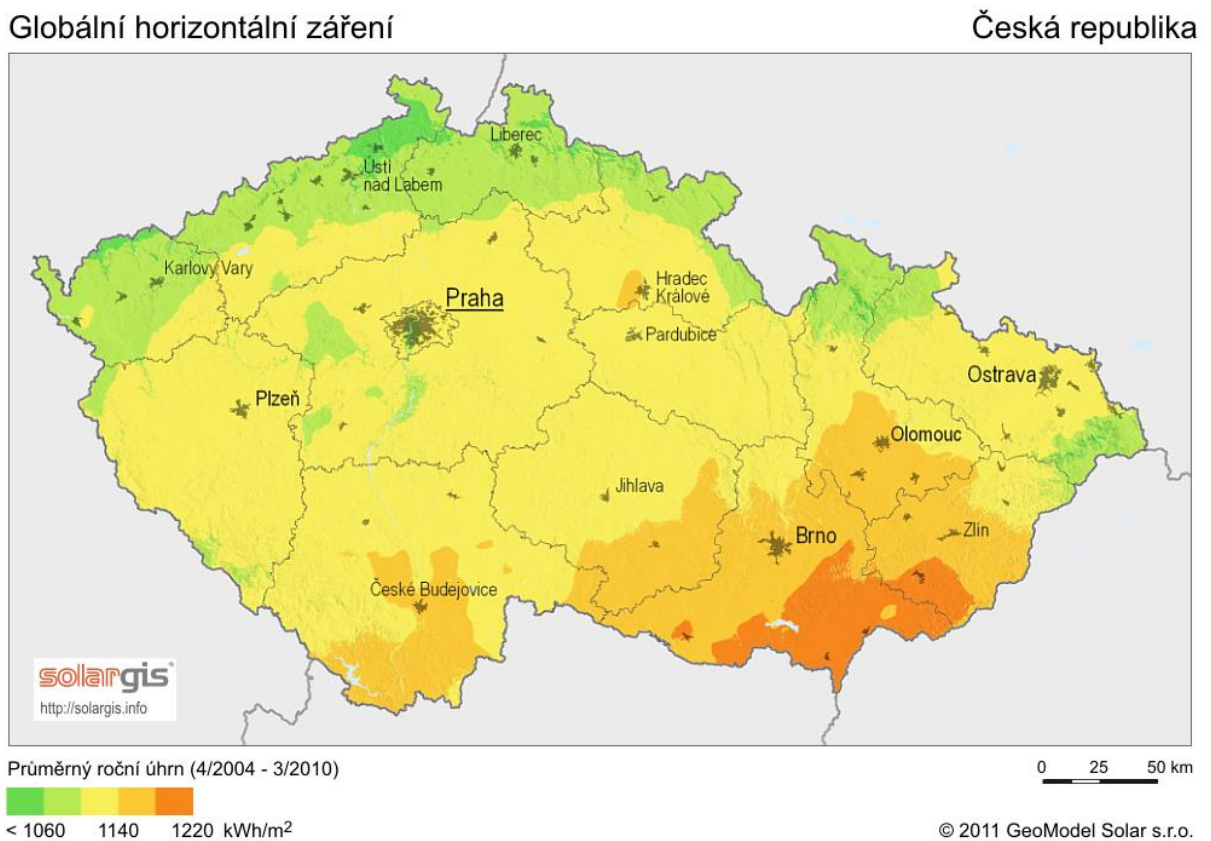
#### Evropa



Obrázek 4 - Průměrný roční úhrn slunečního záření v Evropě [3]

Autor: SolarGIS © 2011 GeoModel Solar s. 1

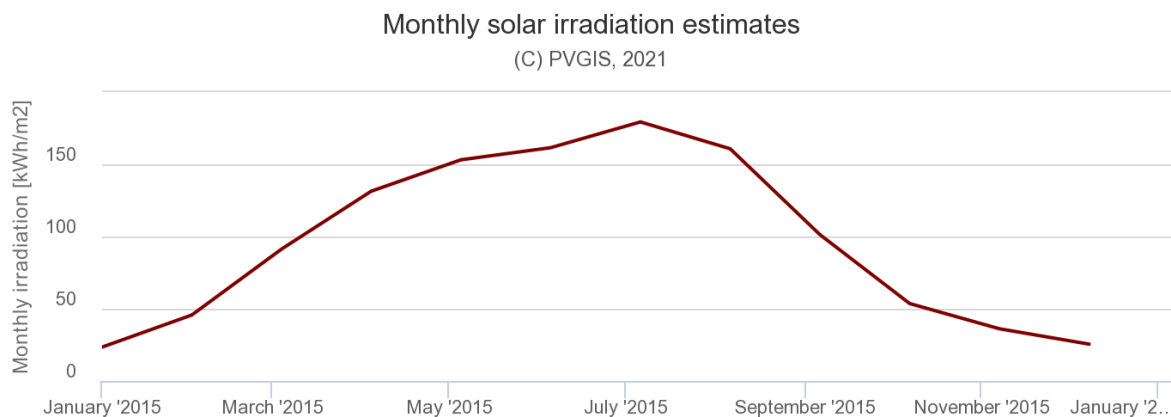
Na obrázku 5 je zobrazen průměrný roční úhrn slunečního záření v České republice. Obdobně jako na obr.4 je graficky znázorněn rozdíl v jednotlivých lokalitách v rámci naší republiky, kde je zřejmé, že i v rámci menších území jsou znatelné rozdíly v dostupném množství sluneční energie. Rozdíl mezi severní částí republiky, kde se nachází převážně horské oblasti, a například jižní Moravou může v roční dostupnosti slunečního záření činit přibližně 150 kWh/m<sup>2</sup> za rok ve prospěch jižních oblastí. Je tedy zřejmé, že musíme brát v úvahu při navrhování systémů pro využití sluneční energie v rámci naší republiky i zeměpisnou polohu. Se zeměpisnou polohou se do jisté míry pojí závislost dostupnosti slunečního záření a energetické náročnosti budovy. Energetická náročnost budovy, převážně potřeba tepla na vytápění, je v horských oblastech značně vyšší, než je tomu například v okolí jižní Moravy. V horských oblastech je využití solárního systému například pro podporu vytápění méně účinné oproti jižním oblastem. Je tedy patrné, že k návrhu těchto systémů je třeba vždy přistupovat konkrétně v závislosti k dané lokalitě a potřebám budovy.



Obrázek 5 - Průměrný roční úhrn solárního záření v ČR [3]

Autor: SolarGIS © 2011 GeoModel Solar s. 2

Graf na obrázku 6 znázorňuje roční průběh solárního záření v Praze roku 2015, kdy na vodorovné ose jsou zobrazeny jednotlivé měsíce v roce a na svislé ose intenzita slunečního záření. Nejnižší hodnoty dosahujeme v zimních měsících, a to konkrétně v lednu přibližně 23 kWh/m<sup>2</sup>. Nejvyšší intenzity dosahujeme v měsících letních, a to v červenci téměř 180 kWh/m<sup>2</sup>.



Obrázek 6 - Průběh solárního záření během roku, Praha 2015

Autor: PVGIS © 2021

### 3.1.2. Vliv sklonu a orientace plochy

Výkon solárního zařízení se mění s úhlem dopadu slunečních paprsků, kdy nejvyššího výkonu dosahujeme při kolmém dopadu. Ideální orientace plochy je závislá na geografické poloze a potřebě dodávky energie během roku.

V České republice je vhodná orientace panelů jižním směrem. Optimální sklon od vodorovné polohy je u fotovoltaických panelů přibližně 35%, pro fototermické panely je sklon 45%. Tato orientace poskytuje dostatečný výkon v letních měsících a zároveň umožňuje využití části slunečního záření i v zimních měsících, kdy je poloha Slunce nízko nad horizontem. Se sklonem se mění množství dodané energie během ročních období, kdy nižší sklon umožňuje dopad paprsků v letních měsících kolmo na panely a tím poskytnout větší výkon, ale zároveň se tím sníží výkon v zimních měsících. Vyšší sklon naopak sníží výkon v letním období, ale zvýší se v období zimním. S tímto faktem lze pracovat při návrhu konkrétního systému, například pokud je v letních měsících zvýšená potřeba energie na ohřev bazénu, provoz klimatizačního zařízení, lze tomu přizpůsobit sklon panelů tak, aby v letních měsících produkovaly větší množství energie.

Pro celoroční provoz systému nejsou v dodané energii pro rozdílný sklon ploch příliš velké rozdíly. Dle provedeného výzkumu fotovoltaické laboratoře ČEZ u elektrárny Ledvice je rozdíl mezi optimální orientací 35% a vodorovnou polohou v ročním výkonu přibližně 10%. Sklony v rozmezí 10-40% činí úbytek dodané energie od optimální polohy zhruba 5%.

Orientace ke světovým stranám je, jak je řečeno výše, nejideálnější na jižní stranu. S mírným poklesem výkonu lze využít i světové strany od východu přes jih až na západ. Směr orientovaný k severu není pro využívání sluneční energie příliš vhodný, ale při navržení správné technologie lze s nižší účinností taktéž využít.

## 4. Solární systémy

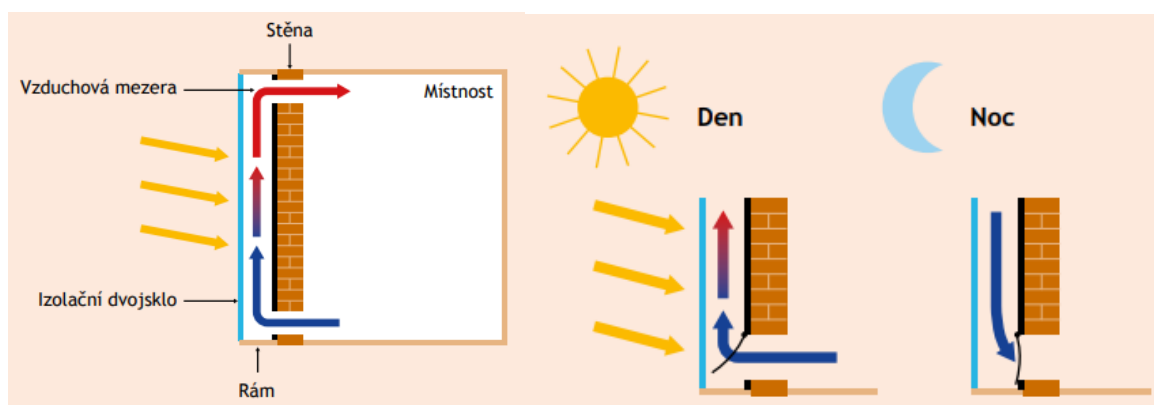
### 4.1. Pasivní systémy

Pasivní využití energie v budovách má dnes na starosti zejména architekt, který by svým urbanistickým, architektonickým a stavebním návrhem měl umožnit získávat teplo v zimním období a zároveň omezit tepelné zisky v období letním, které způsobují dnes často řešené téma přehřívání budov. Špatný architektonický návrh má zásadní vliv na celkovou spotřebu energie v budově. Při nevyužití solárních zisků v zimním období je nutné tento nedostatek kompenzovat systémem vytápění, a naopak zvýšenou teplotu v budovách v letních měsících snižovat pomocí systému větrání a chlazení. Při koncepčním návrhu budovy by měli spolupracovat odborníci všech odvětví pro optimální řešení budovy jako celku. Správný návrh má vliv na komfort a zdraví obyvatel v budově, náklady na provoz budovy a bezpochyby vlivem spotřeby primární energie i na životní prostředí.

#### 4.1.1. Trombeho stěna

Trombeho stěna umožňuje nejjednodušší využití sluneční energie k vytápění objektu, případně predehřevu teplé vody. Skládá se z akumulární stěny, která je směrem do exteriéru opatřena černým absorpčním povrchem. Stěna funguje na principu akumulace tepla ze slunečního záření přes den a následného vyzařování do svého okolí v noci. Před akumulární stěnou může být předsazena skleněná předstěna, která funguje jako skleník. Vzduch mezi skleněnou a akumulární vrstvou se zahřívá a lze využít pro ohřev vzduchu v místnostech. Možných variant řešení je několik a budou pospány níže.

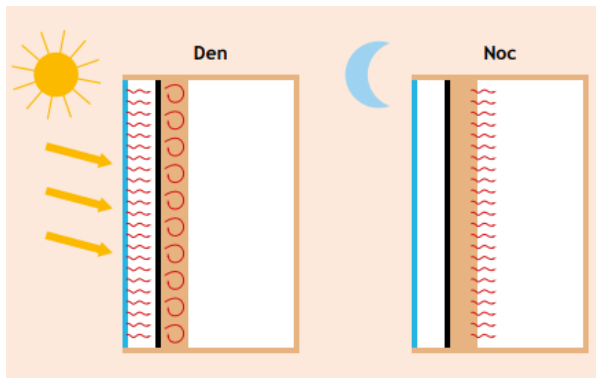
Jedna z možných variant Trombeho stěny funguje na principu akumulace tepla ze slunečního záření přes den pomocí černého absorpčního povrchu a následnému předávání tepla do interiéru v nočních hodinách. Teplo se částečně akumuluje do stěny a částečně je odváděno proudícím vzduchem skrz otvory do interiéru. V případě osvitů skla Sluncem se vzduchový prostor ohřeje a dochází k proudění vzduchu ze spodního otvoru, ohřevu vzduchu a prouděním zpátky do interiéru horním otvorem. Otvory je vhodné opatřit uzávěry, aby se zamezilo proudění chladného vzduchu do interiéru. V nočních hodinách, kdy Slunce nesvítí se vzduchová mezera ochladí a docházelo by ke zpětnému proudění vlivem nasávání teplého vzduchu horním otvorem a výfukem studeného vzduchu do interiéru spodním otvorem. Otvory lze opatřit automatickými klapkami, či například fóliovou zábranou. Viz. obr.7.



Obrázek 7 - Trombeho stěna

Autor: [www.envic.cz](http://www.envic.cz)

Stěnu je možno libovolně upravovat a přizpůsobovat daným podmínkám. Je možno stěnu využít pouze jako akumulční, kdy se nevyužije skleněná předstěna, ale pouze se opatří černým povrchem. Stěna poté funguje pouze v režimu, kdy přes den teplo naakumuluje a v nočních hodinách ho naopak vyzařuje do interiéru. Problémem u tohoto typu je materiálové řešení konstrukce. Pro umožnění prostupu tepla ze stěny do interiéru není možné umísťovat do konstrukce tepelnou izolaci, což naopak činí problém v období, kdy není v konstrukci naakumulována energie a dochází poté k přestupu tepla z interiéru do exteriéru. Tato konstrukce není příliš vhodná do našich podmínek. Tento typ stěny je znázorněn na obrázku 8.

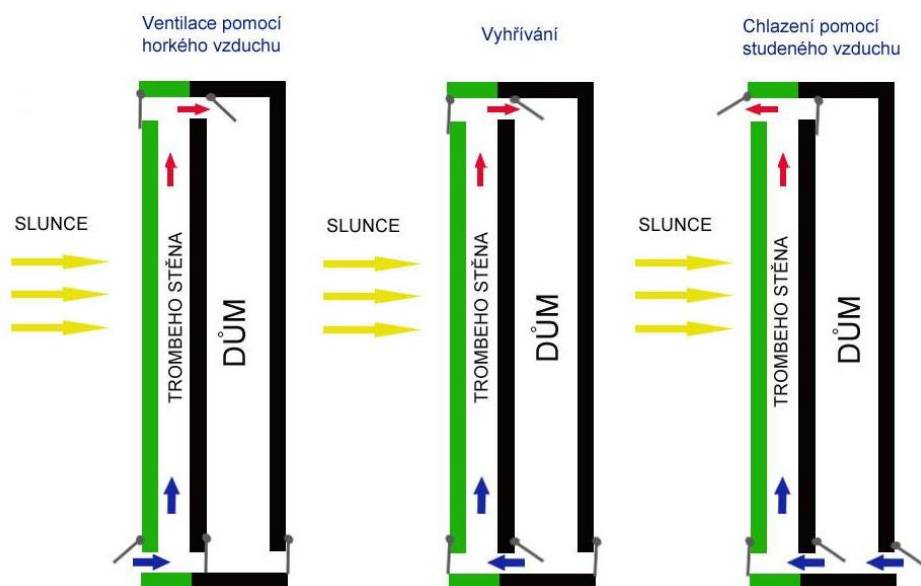


Obrázek 8 - Trombeho stěna

Autor: [www.envic.cz](http://www.envic.cz)

U systému s využitím prouděním vzduchu lze pracovat s několika režimy. Obr.9.

- Ventilace pomocí horkého vzduchu – zajišťuje současně přívod čerstvého vzduchu a jeho ohřev
- Vyhřívání – pouze cirkulace vnitřního vzduchu a jeho ohřev
- Chlazení pomocí studeného vzduchu – využití v letních měsících



Obrázek 9 - Trombeho stěna - režimy proudění vzduchu

Autor: Jan Čech



#### 4.1.2. Energetické fasády

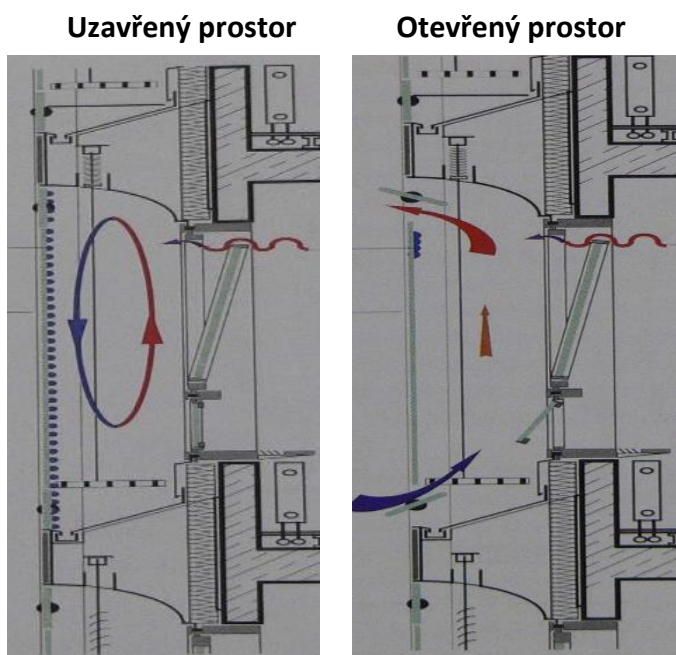
Energetické fasády se skládají ze dvou hlavních částí, a to z klasické fasády objektu a předsazené skleněné konstrukce. Mezi těmito vrstvami vznikne vzduchový kolektor, který můžeme využít pro snížení energetické náročnosti budovy.

V zimních měsících vlivem slunečního záření vzniká v kolektoru teplo, které se následně může rozvádět do celého objektu a snížit tak energetickou náročnost na vytápění. V letních měsících je energetická fasáda schopna odvádět část tepelné zátěže dopadající na osluněnou stranu budovy. Energetická fasáda v tomto případě funguje na principu větrací šachty s přirozenou cirkulací vzduchu. Studený vzduch je přiváděn otvory ve spodní části fasády a ohřátý je odváděn v horní části fasády.

#### 4.1.3. Dvojitě transparentní fasády

Tento typ pasivního systému pro využití slunečního záření je tvořen obdobným vzduchovým kolektorem, jako v předcházejícím případě energetické fasády. Fasáda je tvořena skleněnými deskami předsazenými před obvodovou prosklenou konstrukcí. Ve vzniklé vzduchové mezeře jsou umístěny stínící prvky a otvory umožňující regulaci vzduchu ve vnějším plášti. Tento typ fasády nabízí při vhodné koncepci větrání zlepšení energetické náročnosti budovy, ochranu proti okolnímu hluku a možnost předehřevu přiváděného čerstvého vzduchu. Též lze využít pro pasivní noční chlazení při sníženém riziku vloupání do objektu skrz otevřené otvory. [19]

Zimní provoz je v režimu, kdy je vnější i vnitřní plášť uzavřena a tvoří teplený „tlumič“ mezi vnitřním a vnějším prostředím, který snižuje tepelné ztráty budovy a zlepšuje akustický útlum. Vzniklý prostor lze využít pro předehřev čerstvého vzduchu, který je následně veden do budovy.



Obrázek 10 - dvojitá transparentní fasáda

Autor: doc.Ing.Miroslav Pavlík, CSc. [20]

Letní režim v denní době je zajištěn uzavřeným prostorem s aktivací stínících prvků, které zamezí průniku slunečního záření do budovy. V nočních hodinách je možno využít otevřeného prostoru a odvést přebytečnou tepelnou zátěž z budovy a předchladit ji na nadcházející den.

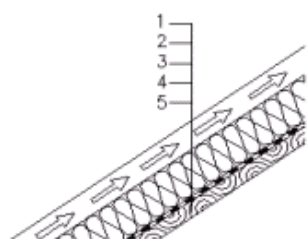
#### 4.1.4. Nezasklený solární vzduchový kolektor

Základem nezaskleného vzduchového kolektoru je tmavý děrovaný trapézový plech, který je umístěn na nezasklené plochy fasády budovy ve vzdálenosti 2 až 4 cm od povrchu stěny. V systému je umístěn ventilátor, který nasává vzduch skrz otvory v plechu a následně proudí skrz dutinu, kde dojde k jeho ohřátí. Ohřátý vzduch je následně rozváděn běžným vzduchotechnickým systémem do budovy.

Účinnost tohoto systému je poměrně vysoká, a to až 70%. Teplotu přiváděného vzduchu lze zvýšit přibližně o 10-25% a též se sníží tepelné ztráty konstrukce. Efektivně lze využít na budovách s velkou nezasklenou plochou orientovanou na jih a požadavku na velkou výměnu vzduchu, typicky průmyslové objekty.

#### 4.1.5. Energetická střecha

Jedná se též o vzduchový kolektor tentokrát zabudovaný do střešní konstrukce. Krytinu střechy tvoří skleněná plocha, pod kterou se nachází vzduchová dutina. Tento prostor lze využít pro předehřev vzduchu, nebo pro odvod tepelné zátěže a zabránění přehřívání prostoru pod střechou v letních měsících. Šikmý sklon střechy podporuje proudění vzduchu vlivem účinku vztlaku. Tento systém se doporučuje pro střechy se sklonem větším než 30°.



- 1 - zasklení
- 2 - vzduchový kanál vytvořený prolamovaným tmavým plechem
- 3 - tepelná izolace
- 4 - parozábrana
- 5 - dřevěné desky

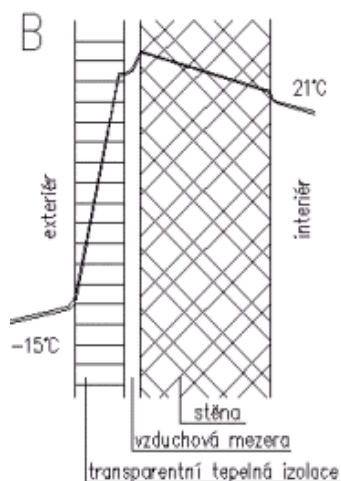
Obr. 2 Skladba střešní konstrukce se vzduchovým kolektorem

Obrázek 11 - energetická střecha

Autor: [19]

#### 4.1.6. Transparentní tepelná izolace

Transparentní tepelné izolace se umísťují na exteriér osluněných konstrukcí. Jedná se o materiály, které výhodně kombinují dvě základní vlastnosti požadované v solární technice, a to dobrou propustnost slunečního záření a nízkou tepelnou ztrátu. Na obrázku 12 je graficky zobrazena skladba konstrukce a průběh teploty v konstrukci během zimního období. Je patrné, že transparentní fasáda mění průběh teploty v konstrukci ke stavu, kdy výsledná tepelná ztráta konstrukce je nižší, než je tomu u běžných tepelných izolací. Typickým materiálem je plast a sklo, přičemž je nutné zajistit dostatečnou odolnost proti UV záření a vysoké teplotě.



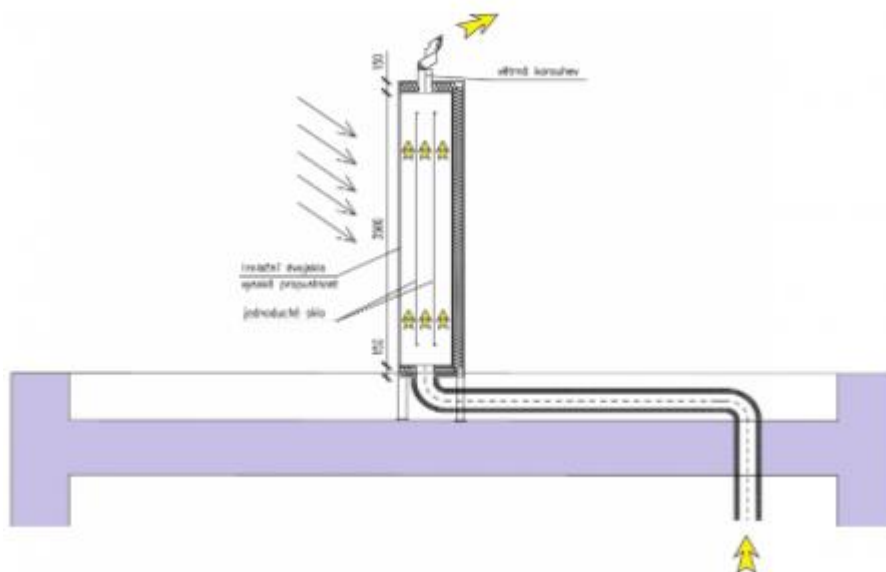
Obrázek 12 - transparentní izolace

Autor: [19]

#### 4.1.7. Solární komín

Solární komín je určený pro přirozené větrání objektu. Sestává z několika částí, a to z čelní prosklené stěny, vzduchové mezery a zadní absorpční stěny. Prosklená část solárního komínu je orientovaná na jih tak, aby se vlivem slunečního záření pronikající skrz prosklenou plochu na absorbér ohřival vzduch uvnitř komínu. Celý systém funguje na principu přirozeného proudění vzduchu, kdy vzduch uvnitř komínu se zahřeje a vlivem vztlaku stoupá vzhůru a současně odsává vzduch z prostoru budovy. Sluneční záření se zároveň akumuluje do absorpční plochy, ze které se poté uvolňuje i v čase, kdy Slunce nesvítí. Díky tomu lze tento systém efektivně využít i k nočnímu chlazení budovy.

Princip solárního komínu je dnes využíván i pro výrobu elektrické energie. V komínu se vytváří proudění, které pohání větrnou turbínu umístěnou na vrcholu komína.



Obrázek 13 - Solární komín

Autor: UCEEB

## 4.2. Aktivní systémy

Aktivními systémy lze přeměnit sluneční energii, kterou nazýváme primární, na energii sekundární v podobě elektrické energie, nebo tepla. Tuto energii nadále využíváme v budovách pro zajištění potřebného provozu.

Elektrickou energii získáváme ze slunečního záření pomocí fotovoltaických článků, která se zpravidla sestavují do celků nazývané fotovoltaické panely. Účinnost této přeměny je přibližně 15%, přičemž závisí na okolních podmínkách a na typu panelu. Elektrickou energii následně využíváme k okamžité spotřebě v místě výroby, akumulací do baterií, či distribucí do přenosové soustavy.

Tepelnou energii vyrábíme s použitím fototermických solárních kolektorů, kde sluneční záření přeměníme na tepelnou energii uchovanou v přenosovém médiu, nejčastěji kapalné teplotnosné látky, nebo vzduchu. Tepelná energie je následně využívána například na ohřev teplé vody, vytápění objektů, ohřev bazénu, nebo využití v průmyslu. Účinnost získávání energie ze slunečního záření je oproti fotovoltaickému systému vyšší a to přibližně 30-70% v závislosti na typu systému.

### 4.2.1. Fotovoltaika

Fotovoltaický systém se skládá z několika základních součástí a to panelů, měničů, střídačů, bateriového úložiště, regulačních prvků a jištění.

Produktem tohoto systému je elektrická energie, která je následně využívána v budově pro napájení spotřebičů. Přebytek lze uložit do bateriového úložiště pro využití v době, kdy není dostupný sluneční osvit, případně lze přebytek prodat do distribuční soustavy. Samostatnou výrobou elektřiny jsme schopni ušetřit náklady na provoz a zároveň zlepšit ekologickou bilanci objektu využíváním obnovitelného zdroje energie.

Množství získané elektrické energie ovlivňuje několik zásadních parametrů, a to především typ použité technologie a umístění na objektu. V našem podnebí lze pro základní návrh a představu o množství vyrobené energie uvažovat o ročním výkonu 1000kW/m<sup>2</sup> instalované plochy.

#### 4.2.1.1. Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely jsou zařízení určené k přeměně slunečního záření na elektrickou energii. Hlavní součástí jsou fotovoltaické články, které jsou obvykle vyrobeny z polovodičového křemíku s příměsí drahých kovů, nebo z organických prvků.

Životnost fotovoltaických panelů dnes běžně dosahuje 25let a více, je ovšem třeba počítat s jistým úbytkem výkonu. Běžně dnes výrobce garantuje výkon na úrovni 80% po 20 letech provozu. Lze tedy počítat přibližně s úbytkem výkonu 1% za rok. Vše závisí na typu panelu a jeho aplikaci.

Panel se skládá z několika součástí, přičemž klíčovou součástí tvoří fotovoltaický článek. Tyto fotovoltaické články jsou v panelu osazeny vedle sebe a propojeny sériově-parallelně do modulů. Nosný prvek panelu pak nejčastěji tvoří hliníkový rám se zasklením, který chrání jednotlivé články před účinky vnějších vlivů. Dle technologie výroby a použitých prvků můžeme typy panelů v současné době rozdělit na tři základní:

### a) Monokrystalické panely

Monokrystalické panely se vyrábí tažením monokrystalu z taveniny. Panel má tmavě modrou až černou barvu po celém svém povrchu bez patrných křemíkových obrazců.

Tyto panely jsou vhodné pro využití v lokalitě, kde jsme schopni zajistit správnou orientaci vůči solárnímu záření. Panely mají nejvyšší účinnost při co nejkolmějším dopadu slunečního záření a to přibližně 14-18%.

### b) Polykrystalické panely

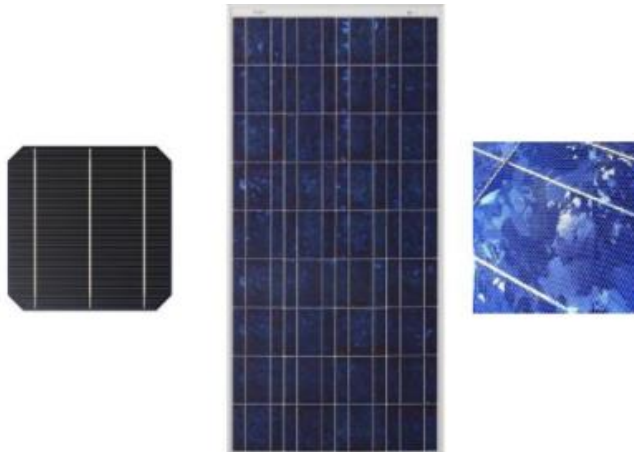
Polykrystalické panely se na rozdíl od monokrystalických vyrábí lisováním roztaveného křemíku do formy. Jednotlivé krystaly křemíku mají rozdílnou polohu a plocha článků je tedy značně nerovnoměrná. Barva panelů je modrá.

Polykrystalické panely jsou schopny lépe zachytit difusní záření než panely monokrystalické, ale zároveň mají nižší účinnost. Použití je vhodné tehdy, pokud nejsme schopni zajistit optimální orientaci vůči slunečnímu záření. V minulosti byly charakteristické nižší cenou, avšak v dnešní době se ceny velmi přiblížily. Účinnost se pohybuje v rozmezí 12-17%.

**Monokrystalický panel**



**Polykrystalický panel**



Obrázek 14 - Monokrystalické a polykrystalické panely

Autor: <https://www.abctech.cz/default.asp?show=wm&wmpart=article&wmaid=99>

### c) Amorfní panely

Jedná se o odlišnou technologii výroby od předchozích typů. Amorfní panely jsou vyráběny napařováním tenké křemíkové vrstvy na sklo, nebo folii ve vakuové komoře při teplotě kolem 200°C.

V případě, kdy máme k dispozici pozemek nebo konstrukci, na kterou chceme panely umístit, s nevhodnou orientací vůči slunečnímu záření můžeme s výhodou využít amorfní panely. Tyto panely mají velkou přednost ve schopnosti zachycovat sluneční záření, které nedopadá na plochu panelu pod ideálním úhlem. Tato vlastnost je však vykoupená jejich nižší účinností a to zhruba 7-9%. Další výhodou je nižší pokles účinnosti s rostoucí teplotou. V létě tedy poskytují při vysokých teplotách větší výtěžnost.

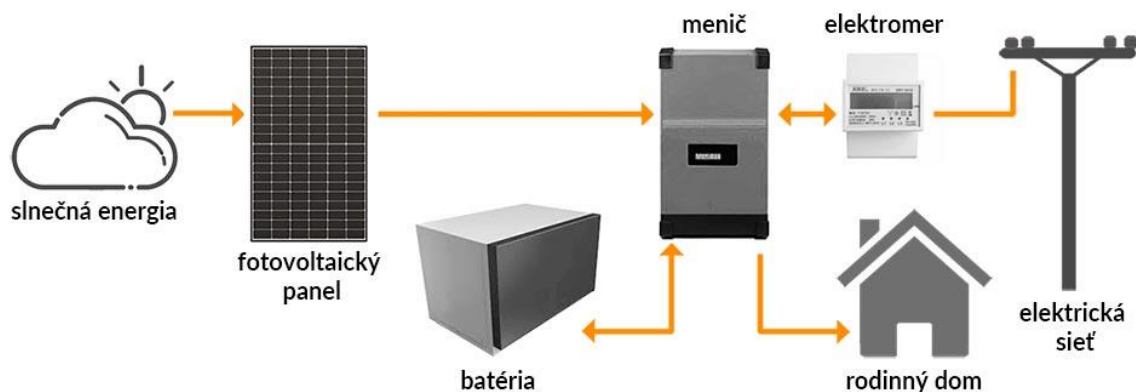
V celkovém ročním úhrnu výroby mohou dosahovat vyšší roční výroby elektřiny než monokrystalické a polykrystalické panely, a to díky schopnosti vyrábět elektřinu i při nepříznivých podmínkách.

#### 4.2.1.2. Střídače, měniče

Střídač je typ měniče, který zajišťuje převod stejnosměrného napětí na střídavé. Pro využití ve fotovoltaickém systému máme tři základní druhy:

- Síťové střídače (on grid)
  - Přeměňují stejnosměrné napětí z fotovoltaických panelů a zajišťují kompatibilitu s distribuční soustavou (napětí, fázování).
  - Tento systém je určen pro spolupráci s distribuční soustavou a výsledkem je úspora financí za elektrickou energii.
- Ostrovní střídače (off grid)
  - Využívají stejnosměrnou energii z akumulátorů, do kterých byla nabitá z fotovoltaických panelů a přeměňuje ji na běžně používanou střídavou síť.
  - Ostrovní systémy jsou využívány v objektech, kde není možné přivést elektrickou energii, nebo máme oddělenou soustavu od distribuční.
- Hybridní střídače
  - Tento typ střídače umožňuje uložení energie z fotovoltaických panelů do baterií a zároveň dodávat elektřinu do distribuční soustavy.

Měnič napětí je zařízení, které zajišťuje změnu napětí, v našem případě vstupní napětí z baterií, či fotovoltaických panelů přeměňuje na výstupní požadované. Ve fotovoltaických instalacích se dnes velmi často používají přístroje, které zajišťují funkci střídače i měniče.



Obrázek 15 - fotovoltaický systém – hybridní

<https://www.designmag.cz/architektura/52242-nebusicka-vila-ma-fasadu-z-fotovoltaickych-panelu.html>

#### 4.2.1.3. Bateriové úložiště

Baterie tvoří často největší část investice do fotovoltaické elektrárny. Umožňují výrazně redukovat přetoky do distribuční soustavy a zlepšit tak výslednou ekonomiku provozu. Bateriové úložiště pro budovy jsou dnes obvykle řešeny pomocí takzvaného „racku“, což je skříň, do které lze umístit libovolné množství prvků, baterií, a provést jejich pospojení. Výsledkem je poté kompaktní skříň, ze které jsou vedeny kabeláže k dalším komponentům. Životnost baterií byla v minulosti velmi často diskutovaným tématem, ale s příchodem nových technologií se baterie stále vyvíjejí a prodlužuje se jejich životnost a kapacita. Dnes výrobci běžně poskytují záruku v délce 10 let. Kapacitu baterií je třeba volit dle dostupného množství elektrické energie a její spotřeby. Pro běžný rodinný dům se volí kapacita v rozsahu 5-10 kW. Orientačně lze říci, že se cena baterií v dnešní době pohybuje okolo 10 000Kč/kW.



Obrázek 16 - bateriové úložiště, RACK

Autor: <https://www.smichovexpo.shop/pylontech--ukozny--boxt--12u-4-battery/>

#### 4.2.2. Umístění na budovu

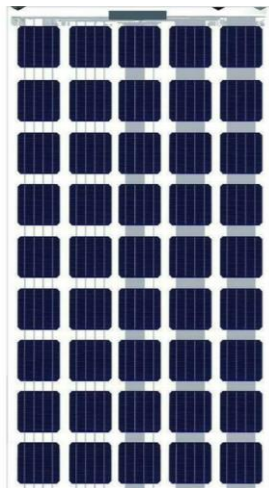
Dnes nejčastěji využívaným prvkem pro výrobu elektrické energie ze slunečního záření jsou fotovoltaické panely. Panely lze umísťovat na budovu ve vertikální i horizontální poloze. Panely lze instalovat na ploché a šikmé střechy, na fasády objektu, markýzy, zábradelní systémy a veškeré jiné konstrukce, které jsou pro umístění vhodné. Je třeba vždy při umístění panelů respektovat orientaci ke slunečnímu záření. Na obrázku 17 jsou použity fotovoltaické panely jako prvek fasády tvořící funkční architektonický prvek.



Obrázek 17 - Fotovoltaická fasáda

Autor: <https://www.designmag.cz/architektura/52242-nebusicka-vila-ma-fasadu-z-fotovoltaickych-panelu.html>

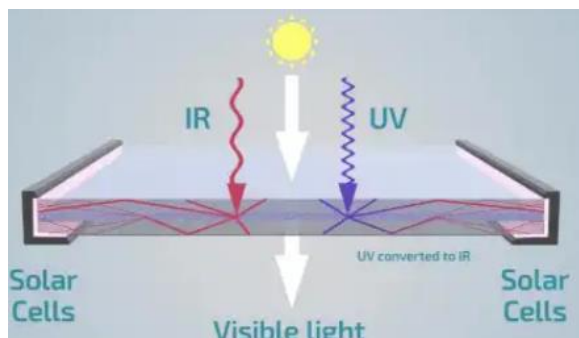
Další možnou variantou jsou transparentní fotovoltaické články. Monokrystalická mřížka je vložena mezi dvě tabule skla a tvoří tak skleněný prvek, který není v celé ploše zcela průhledný, ale umožní prostup slunečního záření do prostoru. Vhodnou aplikací je například zastřešení atrií, teras, markýz, velké skleněné fasády a veškeré prostory, kde si můžeme dovést sníženou propustnost slunečního záření.



Obrázek 18 - transparentní fotovoltaický panel

Autor: [www.argos.cz](http://www.argos.cz)

Inovativní metodou jsou nově vyvinuté zcela průhledné fotovoltaické fólie, které jsou integrovány do zasklení. Tyto zasklívací prvky lze poté využít do běžného zasklení například kancelářských objektů s velkými zasklenými plochami, skleníky, atria, bez jakéhokoli zásadního omezení. Na trhu je dnes velmi málo výrobců, kteří jsou tuto technologii schopni nabídnout. V Austrálii v roce 2021 vznikl pilotní projekt, kde byla tato technologie použita na zasklení skleníku. Výrobce udává výkon jednoho metru čtvereční zasklené plochy na 30W při zachování 70% průhlednosti. Funkčnost průhledných solárních skel je založena na principu, kdy viditelné světlo prochází sklem a UV s infračerveným zářením jsou pomocí speciálních vrstev nasměrovány k fotovoltaickým článkům.



Obrázek 19 - fotovoltaické průhledné sklo

Pokud se v blízkosti objektu nachází nevyužívaná plocha, lze fotovoltaickou elektrárnu situovat i mimo objekt. Panely lze instalovat na nosnou konstrukci, která zajistí optimální sklon a orientaci ke slunci, nebo na nosné stožáry, které lze osadit řídicím systémem, který panely polohuje a zajistí tak ideální orientaci po celou dobu osvitů.



### 4.2.3. Fototermální systémy

Rozlišujeme dva základní druhy fototermálních systémů, a to dle typu sekundárního přenosového média. Nejběžněji využívaným je systém kapalinový, kde se využívá uložení tepelné energie do kapalného přenosového média, které je nadále využíváno pro transport tepla do místa potřeby. Druhým typem je vzduchový fototermální systém, kde se slunečním zářením v kolektoru ohřeje vzduch a ten je poté rozveden do budovy. Optimální umístění kolektoru je ve sklonu 45° s orientací na jih  $\pm 30^\circ$ .

#### 4.2.3.1. Kapalinový systém

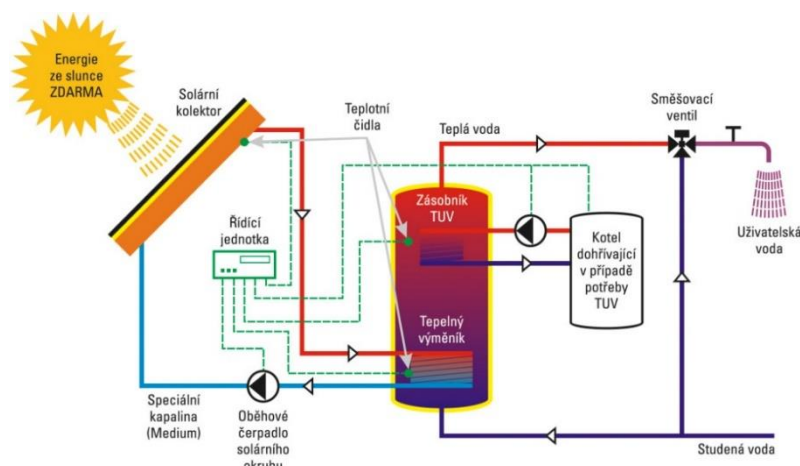
Kapalinový systém se skládá z několika zásadních komponent, a to z kapalinových kolektorů, čerpadlové skupiny, výměníku tepla, zásobníku, regulace a bezpečnostních prvků.

Systém lze provozovat i jako pasivní, kdy proudění vyvolává vztlak, který vznikne rozdílnou teplotou kapaliny v systému.

V kapalinových systémech je pro přenosové médium použita syntetická směs na bázi propylen glykolu, amoniaku, především z důvodu nutné nezámrzné ochrany. Kolektory a vedení je umístěno mimo vytápěný prostor objektu a v případě působení nízkých teplot by mohlo dojít k zamrznutí kapaliny v soustavě a následné destrukci jednotlivých komponent zařízení. V případě zajištění provozu v režimu, kdy nemůže dojít k zamrznutí kapaliny, je možné využívat pro přenos tepla vodu.

Princip využití sluneční energie v tomto aktivním kapalinovém systému je založen na solárních kolektorech, které absorbují sluneční záření, ohřejí přenosové médium, které je následně čerpadlovou skupinou dopraveno do předávacího místa. Předávací místo obvykle tvoří výměník, který může být součástí zásobníku na teplou vodu, případně je tvořen jako samostatný prvek před odběrným spotřebičem. Na obrázku 20 je znázorněno základní schéma kapalinového systému s integrovaným výměníkem v zásobníku teplé vody.

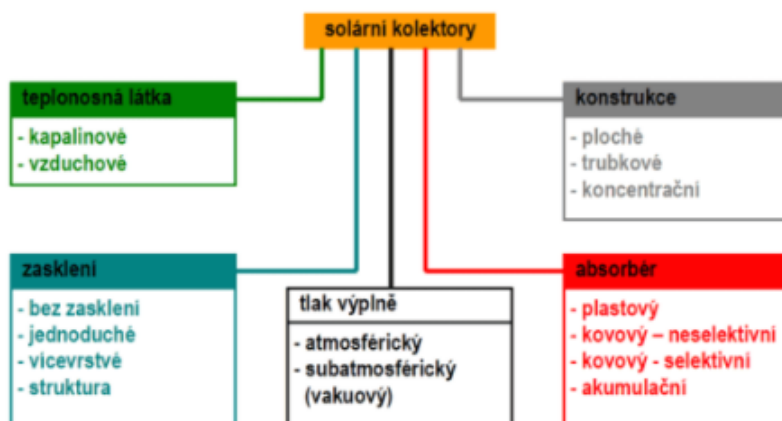
Základním předpokladem pro správnou funkci systému je dostatečný odběr tepla převážně v letních měsících. Veškeré typy kolektorů je třeba udržovat pod maximální přípustnou teplotou, která při překročení vede k poškození, nebo zkrácení životnosti kolektorů.



Obrázek 20 - schéma kapalinového systému

Autor: <https://oenergetice.cz/elektrina/investice-do-distribuovanych-zdroju-energie-2-dil-fototermicky-system>

Solárních kapalinových kolektorů máme několik typů a liší se konstrukčním provedením a vhodnou aplikací.



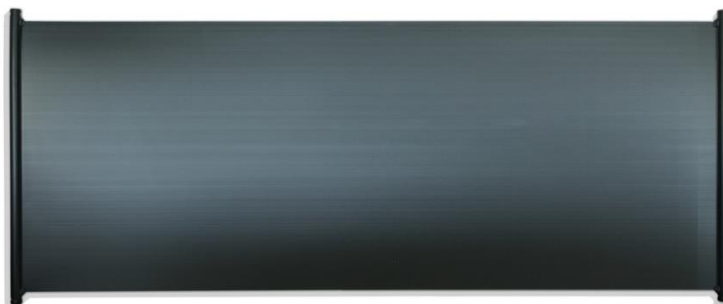
Obrázek 21 - základní rozdělení kapalinových kolektorů [21]

#### 4.2.3.1.1. Ploché kolektory

Ploché, neboli též deskové, kolektory mohou být od jednoduchých bez zasklení s plastovým absorpčním povrchem až po složité účinnější zařízení s pevným rámem, zaklením a selektivním absorpčním povrchem. Níže jsou popsány základní typy a jejich charakteristika.

##### a) Plochý nekrytý kolektor

Zpravidla tvořen plastovou rohoží bez zasklení. Pro bližší představu se jedná o plastovou desku, ve které jsou vytvořeny kanálky, kterými proudí ohřívána kapalina. Kolektory mají velkou tepelnou ztrátu závislou na okolních podmínkách, zvláště na okolní teplotě a rychlosti proudící větru. Nekryté kolektory jsou určeny především pro sezónní využití solárního ohřevu bazénové vody o nízké teplotní úrovni.



Obrázek 22 - plochý nekrytý kolektor

Autor: <https://www.multiplast.cz/eshop/solarni-ohrev-vody-hobby-d50mm-76/solarni-absorber-23>

##### b) Plochý neselektivní kolektor

Plochý zasklený kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně neselektivním povlakem, například v podobě černého nátěru. Kolektory díky svým vysokým tepelným ztrátám nejsou příliš vhodné pro využívání v zimních měsících. V dnešní době se příliš nevyužívají. Roční výkon v rozmezí 250-370 kWh/ m<sup>2</sup>.

### c) Plochý selektivní kolektor

Tento typ kolektoru je z čelní strany opatřen zasklením, boční a zadní stěna jsou tepelně izolované a absorbér tvoří kov se spektrálně selektivním povlakem. Díky výrazně nižším tepelným ztrátám je tento typ vhodný pro ohřev teplé vody a přitápění objektu po celý rok a tvoří dnes většinu nabízených zasklených kolektorů na trhu. V našich podmínkách při správné orientaci lze uvažovat s roční dodanou energií přibližně 320-530 kWh/m<sup>2</sup>.

### d) Plochý vakuový kolektor

Zasklený deskový kolektor s kovovým spektrálně selektivním absorbérem. Kolektor je hermeticky uzavřen s vnitřním tlakem nižším, než je okolní atmosférický. Tímto je zajištěna nízká tepelná ztráta a vyšší účinnost. Je velmi vhodný pro celoroční provoz na ohřev teplé vody a vytápění, případně pro specifické aplikace s teplotou média až 100 °C. Při dodržení správných okolních podmínek lze dosáhnout ročního výkonu až 700 kWh/ m<sup>2</sup>.



Obrázek 23 - plochý vakuový kolektor

Autor: <http://www.solartop.cz/produkty/ts-400>

#### 4.2.3.1.2. Trubicové kolektory

Trubicové kolektory jsou téměř ve všech případech technicky řešeny jako vakuové trubice se spektrálně selektivním povrchem. Vynikají oproti deskovým kolektorům vyšším výkonem, ale zároveň i vyššími pořizovacími náklady. U běžných produktů je cena trubicového kolektoru bezmála dvakrát vyšší. Tyto kolektory se hodí pro aplikace, kde je třeba dosáhnout vyšší teploty ohřívání média, nebo máme k dispozici menší prostor pro instalaci kolektorů. Výhodou oproti plochým kolektorům je vyšší schopnost pohlcovat difuzní záření, jsou tedy schopny produkovat teplo i při nepříznivých podmínkách. V jednotlivých trubicích se nachází nižší tlak, než je okolní atmosférický a díky tomu jsou daleko náchylnější na poškození. U většiny dostupných výrobků lze vyměnit jednotlivé poškozené trubice za nové bez nutnosti vypouštění média z celého systému. Níže jsou popsány základní typy trubicových kolektorů.

### a) Trubicový jednostěnný kolektor

Trubicový kolektor s plochým spektrálně selektivním absorberem. V jednotlivých trubicích se nachází měděné potrubí, se kterým je pevně spojen plochý absorber. Jsou schopni produkovat ohřáté přenosové médium až na teplotu blížíci se hranici 200 °C. Roční výkon dosahuje hodnot až 800 kWh/ m<sup>2</sup>.



Obrázek 24 - vakuová trubice s plochým absorberem

Autor: <https://engineer.decorexpro.com/cs/eco-energy/sun/vakuumnyj-solnechnyj-kollektor.html>

### b) Trubicový dvojtěnný kolektor

Kolektor s válcově spektrálně selektivním povrchem ve vakuové trubici obdobně jako s jednostěnným absorberem. Nedostatkem u tohoto uspořádání je problémový přenos tepla při nižších teplotách z absorpční trubky do teplotnosné kapaliny. Přenos probíhá pomocí hliníkové teplosměnné lamely. Díky tomuto dosahují v ročním úhrnu o něco málo nižších výkonů, než trubice s jednostěnným plochým absorberem.



Obrázek 25 - vakuová trubice s dvojtěnným absorberem

Autor: <http://www.energysol.cz/solarni-systemy/solarni-kolektory>

#### 4.2.3.1.3. Tlakový solární kolektor se zabudovanou nádrží

Na trhu jsou též k dostání kolektory se zabudovanou tlakovou nádrží pro přímý ohřev teplé vody. Do nádrže je napojena studená voda z vnitřního vodovodu objektu, která je v zásobníku ohřáta a následně vedena do objektu k zařizovacím předmětům. Ohřev zajišťují vakuové trubice. Tento systém je schopen zcela pokrýt potřebu teplé vody v období března až listopadu a ušetřit tak nemalé náklady na ohřev teplé vody. Systém na obrázku 26 je určen pro rodinný objekt se 4-6 členy domácnosti. V zimním období je nutné zajistit zásobník proti zamrznutí.



Obrázek 26 - tlakový solární kolektor se zabudovanou nádrží

Autor: VOBMAT

#### 4.2.3.1.4. Koncentrační kolektor

Systém s kolektory je vybaven zrcadly, čočkami či jinými prvky soustřeďující sluneční záření na aperturu kolektoru do absorbéru o významně menší ploše, než je vlastní plocha apertury. Podmínkou správné aplikace je dostatek slunečního záření během roku.

#### 4.2.3.1.5. Komponenty soustavy

##### a) Čerpadlová skupina

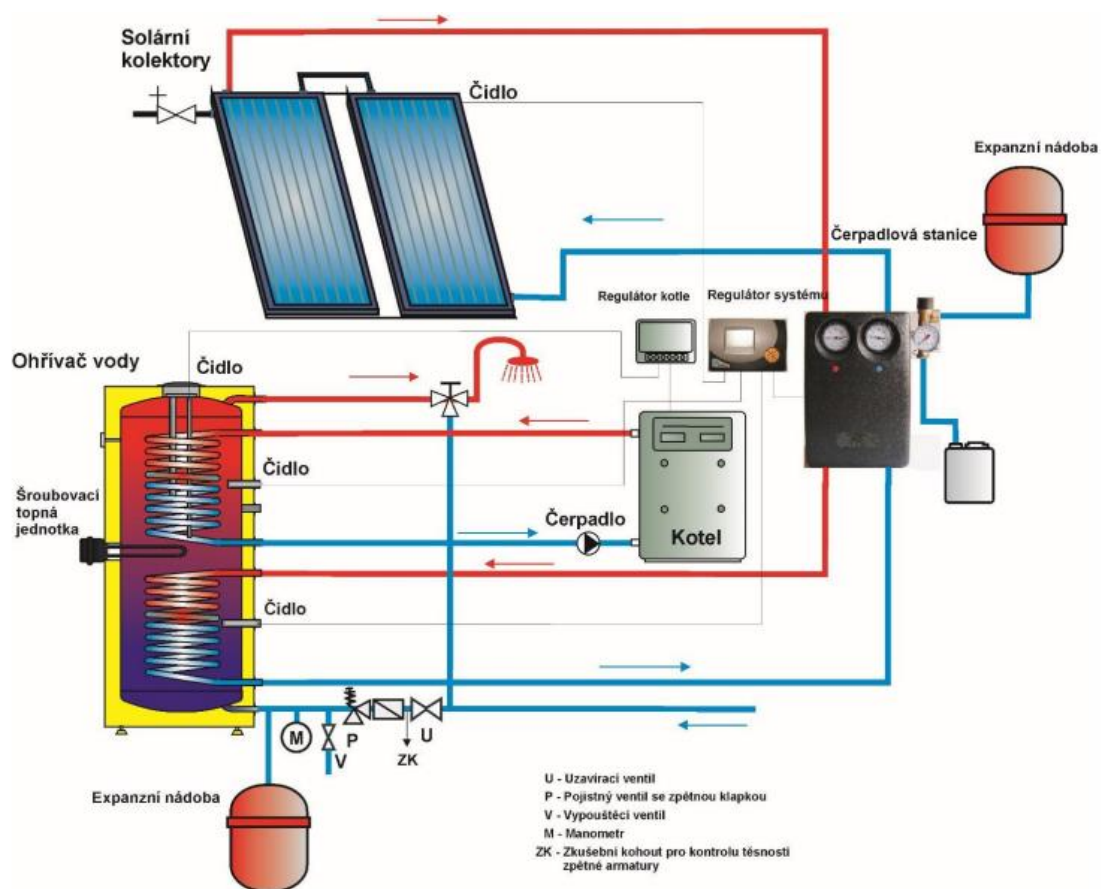
Čerpadlová skupina zajišťuje plynulý oběh teplotnosného média mezi solárními kolektory a výměníkem tepla. Většina na trhu dostupných zařízení je dodávána jako kompaktní sestava, kdy součástí je oběhové čerpadlo a potřebné armatury v podobě zpětné klapky, uzávěrů, manometr, teploměry, odvzdušňovací ventil, může být vybaven pojistným ventilem a přípojným místem pro expanzní nádobu.

Sepnutí čerpadla probíhá na základě regulace, kdy je snímána teplota v kolektorech a při dosažení požadované teploty dojde ke spuštění oběhu.

## b) Zásobníky teplé vody

Při návrhu velikosti zásobníku na teplou vodu je třeba vycházet ze spotřeby teplé vody v objektu. Pro běžný rodinný dům se běžně instalují zásobníky o velikosti 300l. Pro větší budovy může být objem v řádech tisíců litrů a je nutné mít zajištěný dostatečně velký prostor pro instalaci celé zařízení.

Zásobníky mohou mít integrovaný výměník ze solárního systému, kde přenos z teplotnosného média kolektorů do teplé vody probíhá přímo v zásobníku. Tento výměník je u vertikálních zásobníků zpravidla umístěn v dolní polovině. V horní polovině je možno instalovat sekundární výměník, který slouží pro dohřev teplé vody v případě, kdy nelze zajistit dostatečné množství energie ze solárního systému. Dohřev teplé vody v zásobníku můžeme též řešit vložením elektrické topné patrony.



Obrázek 27 - schéma fototermické soustavy

Autor: Dražice

Na obrázku 27 je znázorněn systém zásobníku se dvěma výměníky, a to jedním pro solární soustavu a druhým pro dohřev externím kotlem. V zásobníku je též umístěna elektrická topná spirála. Dále si můžeme všimnout umístění čerpadlové skupiny s připojenou expanzní nádobou. Součástí soustavy musí být vždy pojistný ventil na solárním okruhu i na okruhu s teplou vodou.

## 5. Návrh fototermitického systému pro ohřev teplé vody v domu pro seniory

### 5.1. Popis objektu

Fototermitický systém pro vytápění a ohřev teplé vody je navrhován na objekt domu pro seniory v Truntově.

Jedná se o objekt skládající se ze dvou částí, a to z části stávající, která projde rekonstrukcí, a přístavbou. Objekt je navržen jako třípodlažní nepodskepený, přičemž ze severní strany je částečně zapuštěn do svahu. Zastřešení je provedeno plochou střechou s vyvýšenou atikou.

V objektu se nachází 65 lůžek pro seniory a prostory určené pro personál o kapacitě 22 osob. V přízemí je příprava gastro, která zajišťuje přípravu dovážených pokrmů a mytí nádobí, místnost pro návštěvy, šatny a sociální zařízení pro personál, kanceláře, vyšetřovna a technické zázemí budovy. V druhém a třetím podlaží se nachází pokoje ubytovaných, společenské místnosti a zázemí pro personál.

Nový objekt je situován v mírně svažitém terénu – terén stoupá od jižní části pozemku severním směrem. Výrazné výškové rozdíly se projeví srovnáním plochy před objektem při zhotovování parkovacích stání a bezbariérového vstupu do objektu.

Napojení na inženýrské sítě je ponecháno současné, kdy objekt je napojen na veřejnou splaškovou a dešťovou kanalizaci, veřejný vodovod, a horkovod. Vytápění objektu a ohřev teplé vody je tedy řešen formou centrálního zásobování teplem.



Obrázek 28 - vizualizace objektu

## 5.2. Potřeba TV v objektu

Dle normy ČSN EN 12831-1 Tab.B3 [8] je požadované množství energie pro ohřev TV na lůžko 3,5kW/den.

V objektu se nachází 65 lůžek. V této hodnotě je zahrnuta i spotřeba teplé vody pro personál a zajištění chodu budovy. Spotřeba teplé vody během roku se dá předpokládat rovnoměrná. Systém je dimenzován na plnou obsazenost.

Celkové dodané teplo za den:	$Q_{2t} = 65 * 3,5 = 227,5 \text{ kWh/den}$
Teplo ztracené při ohřevu:	$Q_{2z} = Q_{2t} * 0,5 = 113,75 \text{ kWh/den}$
Teplo dodané ohřivačem celkem:	$Q_{1p} = Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 341,25 \text{ kWh/den}$
Celková roční potřeba tepla pro ohřev TV:	<b>125,7 MWh/rok</b> <b>452,8 GJ/rok</b>

Teplota teplé vody:                       $\Theta_2 = 55^\circ\text{C}$

Teplota studené vody:                       $\Theta_1 = 10^\circ\text{C}$

### 5.2.1. Křivka odběru teplé vody

Pro správné pochopení průběhu odběru teplé vody je třeba znát časové rozdělení spotřeby. Výchozí hodnoty jsou převzaty z normy ČSN EN 12831-1 Tab.B2 [8]

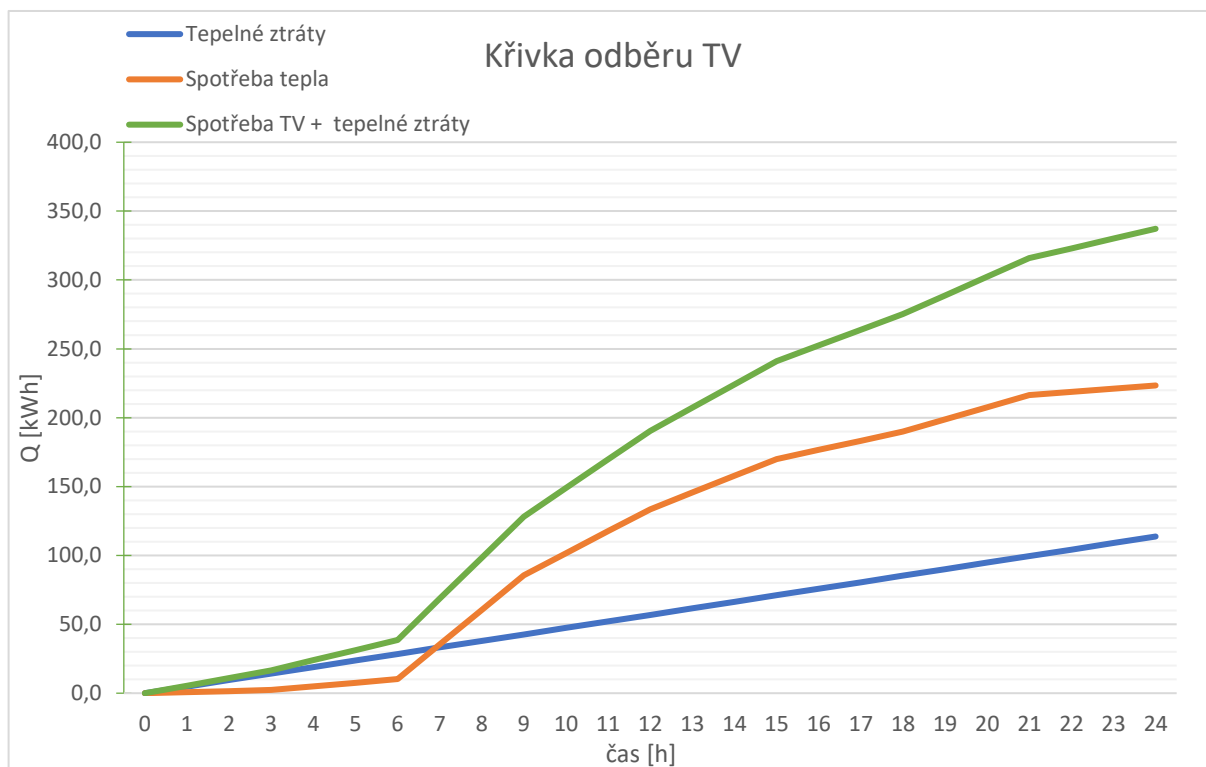
Časové rozdělení potřeby vody dle ČSN EN 12831-1 Tab.B2 [8]

0:00 ≤ t < 3:00	1%
3:00 ≤ t < 6:00	3,5%
6:00 ≤ t < 9:00	33,1%
9:00 ≤ t < 12:00	21,1%
12:00 ≤ t < 15:00	16%
15:00 ≤ t < 18:00	8,8%
18:00 ≤ t < 21:00	11,6%
21:00 ≤ t < 0:00	3,1%

Na obr.29 jsou zobrazeny jednotlivé křivky popisující průběh odběru teplé vody v objektu během dne. Na vodorovné ose je zobrazena časová osa (0-24h), na svislé ose dodané teplo v kWh.

Modrá křivka znázorňuje tepelné ztráty rozvodů a zásobníku teplé vody, ztráta je uvažována ve výši 50%. Tepelné ztráty uvažují po celý den konstantní. Oranžová křivka představuje průběh odběru teplé vody dle výše uvedeného procentuálního zastoupení v čase a zelená křivka je rovna součtu tepelných ztrát a průběhu odběru teplé vody. Zelená křivka přesně popisuje charakteristiku potřeby tepla na ohřev teplé vody a je výchozím aspektem pro návrh systému ohřevu TV.





Obrázek 29 - graf průběhu odběru TV

### 5.3. Současný způsob ohřevu teplé vody

V rámci nově vypracovaného projektu vytápění a ohřevu teplé vody je navržen ohřev pomocí centrálního zásobování teplem. V objektu se nachází stávající přípojka horkovodu, která bude využita pro vytápění a ohřev TV. Předávání tepla bude zajišťovat předávací stanice od firmy Cetetherm, která bude obsahovat výměník tepla pro vytápění o výkonu 50 kW a ohřev teplé vody 30 kW. Teplá voda bude akumulována v zásobníku Dražice OKCE 1000 NTR/BP odkud bude distribuována k odběrným místům. Pro dodržení požadavku na dostupnost teplé vody v zařizovacích předmětech bude v celém objektu zajištěna trvalá cirkulace.

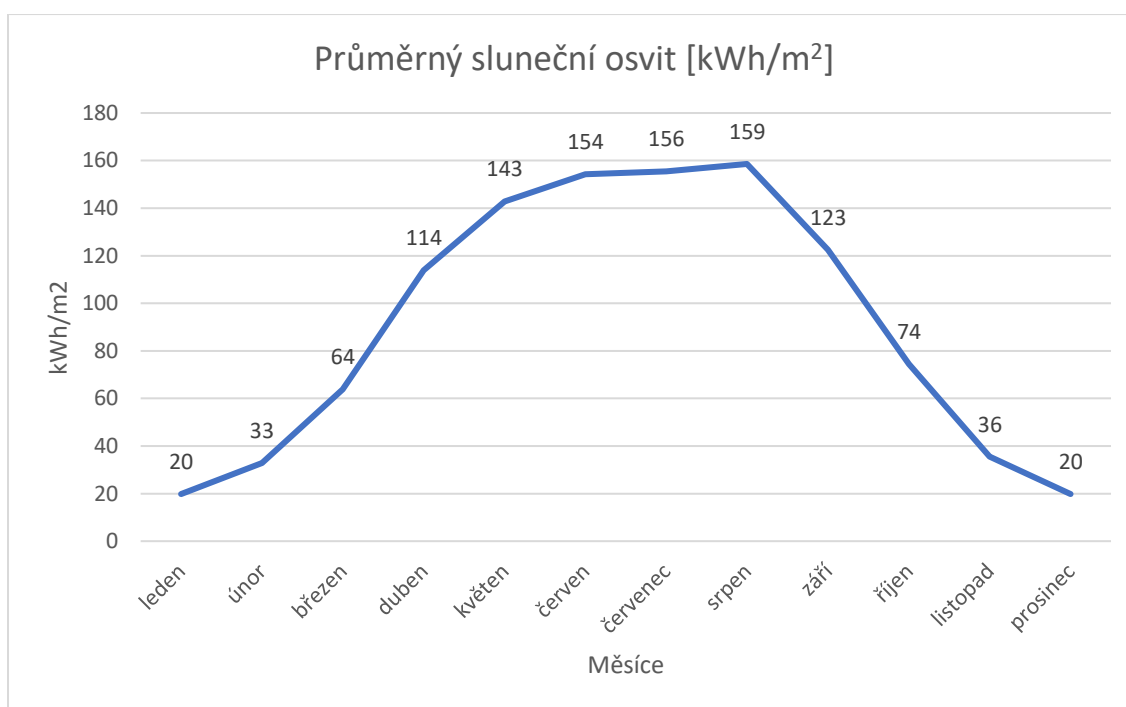
### 5.4. Dostupnost solárního záření

Objekt se nachází v lokalitě Trutnov v severních Čechách v nadmořské výšce přibližně 415 m.n.m. Níže uvedená data byly čerpána z webu PGIS [7].

V tabulce 1 jsou zobrazeny měsíční úhrny solárního záření v letech 2008 až 2015, kde jsou následně z těchto dat vypočteny měsíční průměrné hodnoty, které jsou vyneseny do grafu na obr.30. Z dat je patrné, že sluneční osvit v jednotlivých měsících se v průběhu několika let může značně lišit. Nelze tedy globálně říci, který měsíc disponuje největším slunečním osvitem a naopak. Můžeme pouze shrnout, že v zimních měsících je osvit několikanásobně nižší, než v měsících letních. Při navrhování fototermického systému pro ohřev teplé vody je třeba respektovat dostupnost solárního záření a spotřebu TV. V případě, že bychom navrhli systém pro pokrytí požadovaného výkonu na ohřev teplé vody v zimě, tak by v letních měsících docházelo k přehřívání a zkrácení životnosti celého systému, případně by bylo nutno přebytek energie uložit do jiného zařízení, například bazénu.

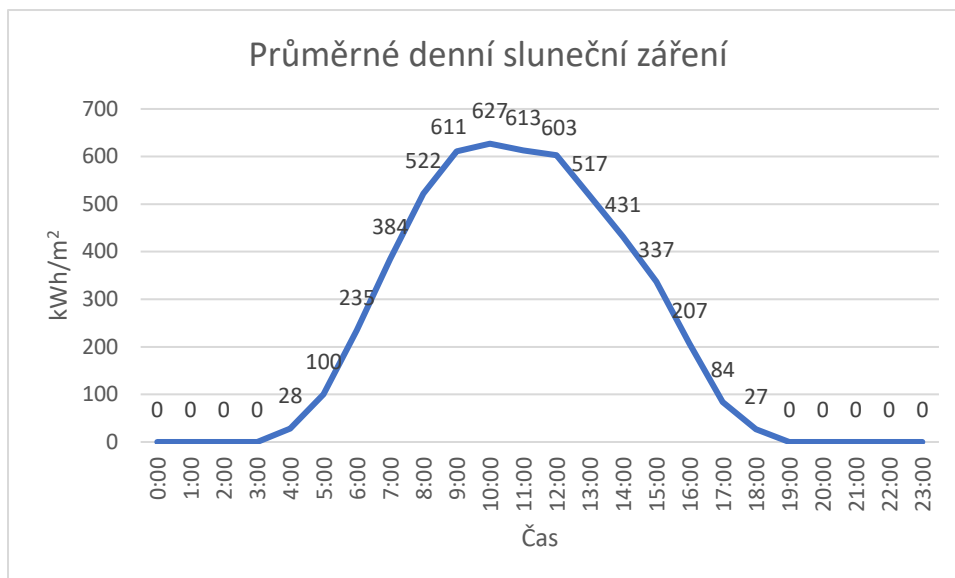
rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Průměr
měsíc	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
leden	15	21	30	24	23	14	15	15	<b>20</b>
únor	43	32	40	45	45	16	21	19	<b>33</b>
březen	71	66	75	101	96	26	39	36	<b>64</b>
duben	113	165	140	132	124	59	95	83	<b>114</b>
květen	163	160	109	180	179	95	118	137	<b>143</b>
červen	176	140	176	170	165	114	137	156	<b>154</b>
červenec	152	156	173	144	159	140	165	155	<b>156</b>
srpen	135	164	125	146	164	183	171	181	<b>159</b>
září	83	104	95	108	153	155	126	156	<b>123</b>
říjen	51	42	68	60	95	80	95	105	<b>74</b>
listopad	21	25	22	22	33	52	61	48	<b>36</b>
prosinec	16	14	21	18	20	24	19	27	<b>20</b>

Tabulka 1 - hodnoty slunečního osvitu v Trutnově 2008-2015



Obrázek 30 – průběh průměrného solárního záření Trutnov

Rozdíl dopadajícího slunečního záření v jednotlivých měsících je dán jednak rozdílnou intenzitou, která je závislá mimo jiné na výšce Slunce nad horizontem, a délkou slunečního osvitu. Na obrázku 31 je zobrazen denní průběh slunečního záření vycházející z průměrných měsíčních dat z měsíce s nejvyššími dosaženými hodnotami.



Obrázek 31 – průběh maximálního denního solárního záření Trutnov

## 5.5. Návrh fototermického systému

Návrh fototermického systému pro ohřev teplé vody bude proveden pouze v úrovni studie. Jedná se tedy o předběžný návrh velikosti zařízení a výslednou úsporu energie. Pro přesný návrh by bylo třeba provést detailnější výpočet a vypracovat projektovou dokumentaci, což není úkolem této práce.

### 5.5.1. Fototermické panely

Fototermické panely jsem vybral od firmy Regulus a to konkrétně typ KPS11. Jedná se o plochý solární kolektor z absorberu sestávající z měděných trubek a spektrálně selektivním povrchem TiNOX. Zasklení je z prizmatického skla.

Rozměry panelu jsou (ŠxVxT) 2037x1235x90mm. Výkon celého panelu při osvitu 1000W/m<sup>2</sup> je 1802W. Tepelně technické parametry byly použity do výpočtu.



Obrázek 32 - fototermický panel Regulus KPS11

Autor: WWW.regulus.cz

## 5.6. Výpočet

Výpočet potřebného počtu fototermických panelů a jejich výkonu byl proveden dle online dostupného výpočtového programu na [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [5]. Výpočet pracuje s postupem výpočtu dle TNI 73 0302 [6]. Vstupními údaji jsou parametry panelů, množství a rozložení spotřeby TV, sklon a počet panelů. Parametry slunečního záření jsou převzaty z normy [6] a jsou mírně odlišné od hodnot výše uvedených pro město Trutnov. Pro základní orientační návrh tento postup naprosto dostačuje.

### PARAMETRY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ - KŘIVKA ÚČINNOSTI JE VZTAŽENA K PLOŠE APERTURY

Optická účinnost $\eta_0$ (0 až 1)	0.72	???
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru $\alpha_1$	4,05	W/m <sup>2</sup> .K ???
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru $\alpha_2$	0,0062	W/m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup> ???
Počet kolektorů	50	ks ???
Plocha apertury solárního kolektoru $A_{k1}$	2,295	m <sup>2</sup> ???
Celková plocha apertury kolektorů	114.8	m <sup>2</sup>
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$	40 °C - Příprava teplé vody, 35 % < pokrytí < 70 % ▾ ???	
Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát $p$	Příprava teplé vody, od 50 do 200 m2 ▾ ???	
Sklon kolektoru $\beta$	30 ▾	° ???
Azimut kolektoru $\gamma$ (jih = 0°)	0 ▾	° ???

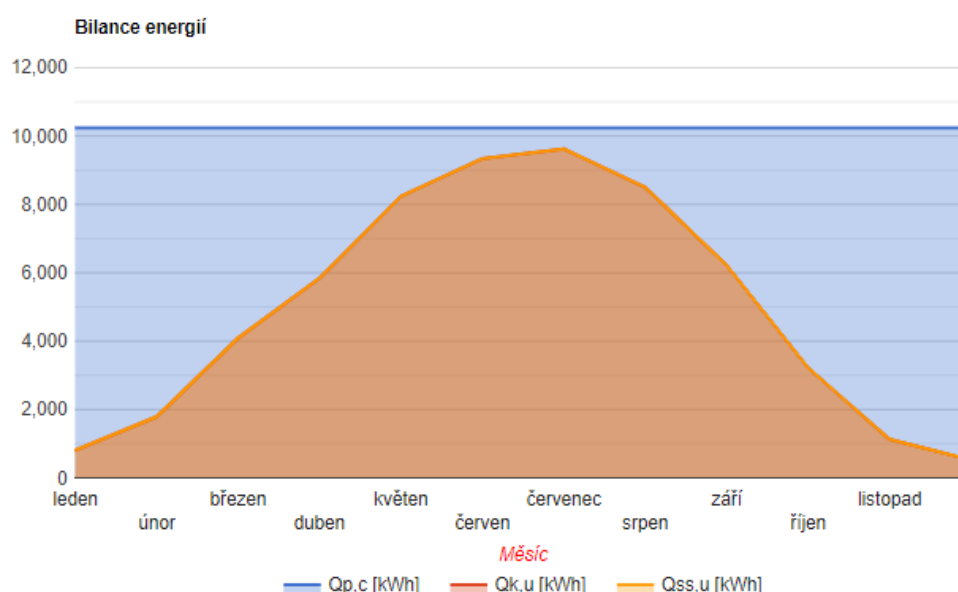
měsíc	$n$	$t_{ep}$	$t_{es}$	$G_{T,m}$	$\eta_k$	$H_{T,den}$	$H_{T,měs}$	$Q_{ku}$	$Q_{p,TV}$	$Q_{p,VYT}$	$Q_{p,BV}$	$Q_{p,c}$	$Q_{ss,u}$
	dny	°C	°C	W/m <sup>2</sup>	-	kWh/m <sup>2</sup> .den	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
leden	31	-1.5	2.2	356	0.27	1	31	806	10238	0	0	10238	806
únor	28	0	3.4	434	0.36	1.81	50.7	1787	10238	0	0	10238	1787
březen	31	3.2	6.5	506	0.44	3.07	95.2	4091	10238	0	0	10238	4091
duben	30	8.8	12.1	529	0.5	3.99	119.7	5840	10238	0	0	10238	5840
květen	31	13.6	16.6	543	0.54	5.02	155.6	8233	10238	0	0	10238	8233
červen	30	17.3	20.6	546	0.57	5.55	166.5	9341	10238	0	0	10238	9341
červenec	31	19.2	22.5	538	0.58	5.41	167.7	9621	10238	0	0	10238	9621
srpen	31	18.6	22.6	526	0.58	4.8	148.8	8503	10238	0	0	10238	8503
září	30	14.9	19.4	501	0.55	3.86	115.8	6228	10238	0	0	10238	6228
říjen	31	9.4	13.8	444	0.47	2.25	69.8	3226	10238	0	0	10238	3226
listopad	30	3.2	7.3	369	0.34	1.12	33.6	1131	10238	0	0	10238	1131
prosinec	31	-0.2	3.5	325	0.24	0.72	22.3	525	10238	0	0	10238	525
							1177	59333	122856	0	0	122856	59333

Obrázek 33 - zjednodušená bilance solárního kolektoru

Autor: <https://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>

Dle výpočtu, patrném na obr.33, je výsledný počet panelů Regulus KPS11 50 kusů ve sklonu 30° s orientací na jižní stranu. Plochá střecha objektu plně dostačuje pro tyto požadavky.

Produkce tepla z kolektoru v letních měsících, konkrétně červen a červenec, téměř odpovídá potřebě tepla pro ohřev teplé vody. Graficky je produkce a potřeba znázorněna na obr.34, kdy oranžovou plochu představuje produkce tepla ze solárního záření a modrá plocha vymezuje potřebu dodávky tepla z jiného zdroje. V zimním období, jak již je řečeno v předchozích částech, je produkce minimální. Celkovou potřebu tepla na ohřev teplé vody jsme tímto systémem snížili o 59,3 MWh/rok, tedy 48%. Zbývající potřebná část tepla bude dodána ze systému centrálního zásobování teplem, který bude současně zajišťovat i potřebu vytápění objektu.



Obrázek 34 - bilance energií

Autor: <https://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>

## 5.7. Ekonomické zhodnocení

### 5.7.1. Náklady na ohřev TV

Dodávku tepla na ohřev teplé vody bude vyjma solárního systému zajištěno z centrálního zásobování teplem. Současná cena (12/2021) tepla od distributora v dané lokalitě (ČEZ Teplárenská a.s.) je přibližně 700 Kč/GJ, ovšem dle vývoje cen lze předpokládat navýšení od roku 2022 až o 50%. Z tabulky č.2 jsou patrné náklady na ohřev teplé vody při současných cenách. Roční úspora při využití navrhovaného fototermického systému činí bez mála 150 000 Kč.

	Pokrytí SOL [MWh]	Pokrytí CZT [MWh]	Náklady [Kč/rok]	Úspora [Kč]
Pouze CZT	0	125,7	316 764	-
SOL + CZT	59,3	66,4	167 328	<b>149 436</b>

Tabulka 2 - náklady na ohřev TV

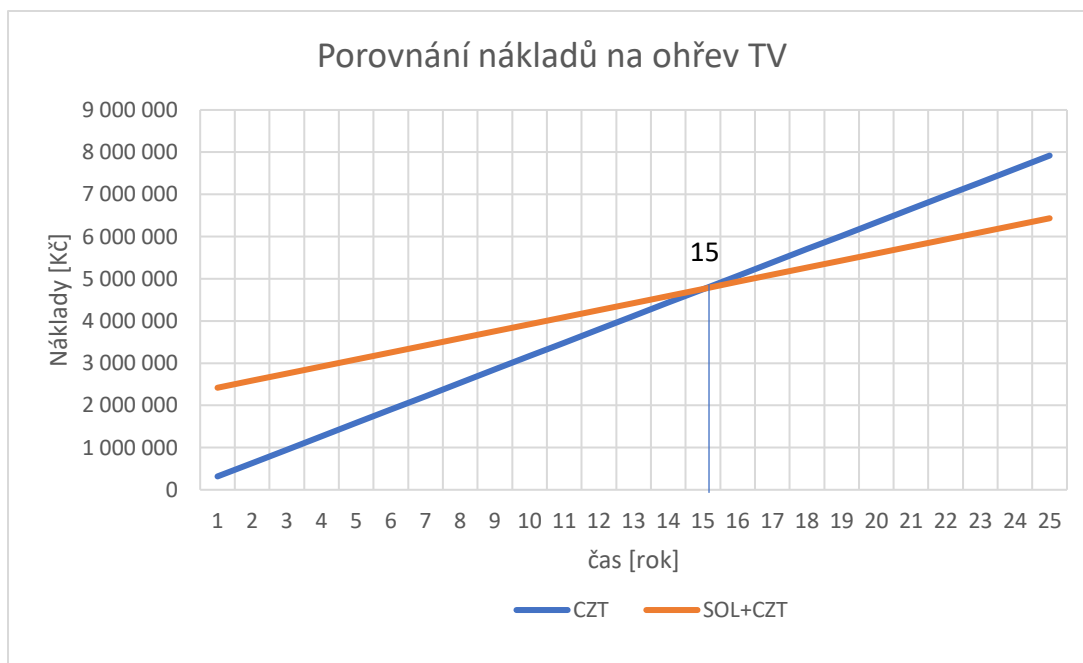
### 5.7.2. Investiční náklady

Z dostupných dat [12] lze orientačně odhadnout náklady na realizaci fototerického systému. Zjednodušeně můžeme počítat s náklady 20 000Kč/m<sup>2</sup> na plochu kolektorů. Navrhovaná plocha kolektorů činí (viz. obr.11) bezmála 115m<sup>2</sup>, lze tedy předpokládat, že se investice bude pohybovat v rozmezí 2-2,5mil Kč. Investice zahrnuje instalaci kolektorů, akumulčních nádrží a veškeré pospojení včetně potřebné technologie.

### 5.7.3. Návratnost investice

Dle předchozích výpočtů byla provedena jednoduchá simulace vývoje počáteční investice a nákladů v čase. Konkrétně byly porovnány systémy ohřevu teplé vody pomocí centrálního zásobování teplem (CZT) a systém se solárními kolektory a doplňkovým ohřevem pomocí CZT. Na obrázku 35 jsou zobrazeny křivky pro jednotlivé varianty, kdy na svislé ose jsou vyneseny náklady i s počáteční investicí (uvažováno 2,25mil) a na vodorovné ose čas. Náklady byly uvažovány jako konstantní po celý hodnocený časový interval. Nejsou promítnuty náklady na údržbu systému ani s největší pravděpodobností zvyšující se cena energie. Prostá doba návratnosti navrženého systému je 15 let. Lze předpokládat, že reálná návratnost systému bude nižší kvůli značně rostoucí ceně energie. V případě, že by se cena energie zvýšila oproti současné, což lze předpokládat minimálně o 50%, tak prostá doba návratnosti klesne na 12 let.

Výhodnost investice by též zlepšilo využití dotačních titulů. Bohužel dnes jeden z nevyužívanějších Nová zelená úsporám se na objekty tohoto typu nevztahuje.



Obrázek 35 - porovnání nákladů na ohřev TV

## 6. Závěr

V praktické části mé diplomové práce jsem vypracoval projektovou dokumentaci vytápění domu pro seniory v Trutnově. Součástí projektu jsou výpočty tepelných ztrát, návrh otopných těles, dimenze rozvodů a návrh řešení technické místnosti.

Předmětem této teoretické části diplomové práce je téma využití solárního systému pro snížení energetické náročnosti budovy. V úvodní části mé práce jsem popsal základní teorii o možnostech využití slunečního záření, jeho intenzitu a množství dostupné energie v závislosti budovy na poloze a orientaci ke Slunci. Poté jsem se zabýval jednotlivými systémy, které nám umožňují energii ze Slunce v budovách efektivně využít.

Druhá část mé teoretické práce je věnována návrhu fototermálního systému pro ohřev teplé vody na mnou řešený objekt domu pro seniory. Provedl jsem výpočet potřeby teplé vody a následně navrhl koncept řešení ohřevu pomocí fototermických kolektorů. Došel jsem k výsledku, kdy by investice do systému dle předpokladů byla v rozmezí 2-2,5mill. Dosažená úspora dosahuje téměř 50% celkové spotřebované energie na ohřev teplé vody, což při dnešních cenách energie odpovídá hodnotě 150 000 Kč. Prostá návratnost investice je přibližně 15 let, přičemž s předpokladem dramatického růstu cen energií se může návratnost snížit až o jednu třetinu.

## 7. Seznam tabulek

Tabulka 1 - hodnoty slunečního osvětlení v Trutnově 2008-2015.....	32
Tabulka 2 - náklady na ohřev TV .....	35

## 8. Seznam obrázků

Obrázek 1 - spektrum slunečního záření.....	7
Obrázek 2 - podíl přímého a difusního záření .....	8
Obrázek 3 - potřeba/dostupnost energie během modelového roku .....	9
Obrázek 4 - Průměrný roční úhrn slunečního záření v Evropě [3] .....	10
Obrázek 5 - Průměrný roční úhrn solárního záření v ČR [3].....	11
Obrázek 6 - Průběh solárního záření během roku, Praha 2015 .....	12
Obrázek 7 - Trombeho stěna.....	13
Obrázek 8 - Trombeho stěna.....	14
Obrázek 9 - Trombeho stěna - režimy proudění vzduchu.....	14
Obrázek 10 - dvojitá transparentní fasáda.....	15
Obrázek 11 - energetická střecha.....	16
Obrázek 12 - transparentní izolace .....	17
Obrázek 13 - Solární komín .....	17
Obrázek 14 - Monokrystalické a polykrystalické panely .....	19
Obrázek 15 - fotovoltaický systém – hybridní.....	20
Obrázek 16 - bateriové úložiště, RACK.....	21
Obrázek 17 - Fotovoltaická fasáda .....	21
Obrázek 18 - transparentní fotovoltaický panel .....	22
Obrázek 19 - fotovoltaické průhledné sklo .....	22
Obrázek 20 - schéma kapalinového systému .....	23
Obrázek 21 - základní rozdělení kapalinových kolektorů [21] .....	24
Obrázek 22 - plochý nekrytý kolektor .....	24
Obrázek 23 - plochý vakuový kolektor .....	25
Obrázek 24 - vakuová trubice s plochým absorberem.....	26
Obrázek 25 - vakuová trubice s dvojitým absorberem .....	26
Obrázek 26 - tlakový solární kolektor se zabudovanou nádrží .....	27
Obrázek 27 - schéma fototerminické soustavy.....	28
Obrázek 28 - vizualizace objektu .....	29
Obrázek 29 - graf průběhu odběru TV .....	31
Obrázek 30 – průběh průměrného solárního záření Trutnov .....	32
Obrázek 31 – průběh maximálního denního solárního záření Trutnov .....	33
Obrázek 32 - fototerminický panel Regulus KPS11 .....	33
Obrázek 33 - zjednodušená bilance solárního kolektoru.....	34
Obrázek 34 - bilance energií.....	35
Obrázek 35 - porovnání nákladů na ohřev TV.....	36



## 9. Použité zdroje

- [1] *prof. Ing. Karel Kabele, CSc. Energetické a ekologické systémy 1.* 1. vyd. Praha: nakladatelství ČVUT, 2011. ISBN 978800104722
- [2] *Energetická politika: obecné zásady.* [Online] 20/2021 [Citace: 3.12.2021]  
Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/68/energeticka-politika-obecne-zasady>
- [3] *Sluneční energie.* [Online] 1.12.2021 [Citace: 3.12.2021]  
Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD\\_energie](https://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_energie)
- [4] *Sunlight.* *Wikipedia.* [Online] 22.11.2021 [Citace: 4.12.2021]  
Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Sunlight#cite\\_note-12](https://en.wikipedia.org/wiki/Sunlight#cite_note-12)
- [5] *Zjednodušená bilance solárního kolektoru.* [Online] [Citace: 12.12.2021]  
Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>
- [6] *TNI 73 0302 – Energetické hodnocení solárních tepelných soustav – Zjednodušený výpočtový postup,* ÚNMZ, 2014
- [7] *Photovoltaic Geographical Information Systém.* [Online] [Citace: 12.12.2021]  
Dostupné z: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
- [8] *ČSN EN 12831-1 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1, Tepelný výkon pro vytápěný prostor, modul M3-3,* ÚNMZ, 2018
- [9] *Teorie fotovoltaiky, ISOFENERGY.* [Online] [Citace: 3.12.2021]  
Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/fotovoltaika.aspx>
- [10] *ČSN EN 15316-3 –Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav – Část 3: Části soustav pro rozvod (teplé vody, vytápění a chlazení), Modul M3-6, M4-6, M8-6,* ÚNMZ, 2018
- [11] *Přehled praktického využití sluneční energie, Reflex CZ s.r.o.* [Online] 27.4.2004 [Citace: 6.12.2021]  
Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/1960-prehled-praktickeho-vyuziti-slunecni-energie>
- [12] *Solární termické systémy – slepá vývojová větev?, Ing. Karel Srdečný* [Online] 20.10.2013 [Citace: 13.12.2021]  
Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/10475-solarni-termicke-systemy-slepa-vyvojova-vetev>

- [13] *Investice do decentrálních zdrojů energie – 2. díl: Fototermický systém, Jan Cihlář* [Online] 30.5.2015 [Citace: 13.12.2021]  
Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/investice-do-distribuvanych-zdroju-energie-2-dil-fototermicky-system>
- [14] *Obnovitelná energie, Wikipedie.* [Online] 23.12.2021 [Citace: 27.12.2021]  
Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%A1\\_energie](https://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%A1_energie)
- [15] *Obnovitelné zdroje energie, doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.* [Online] Praha 2011 [Citace: 27.12.2021]  
Dostupné z: <https://docplayer.cz/8293195-Obnovitelne-zdroje-energie.html>
- [16] *Využití solárních systémů, ALTEC International s.r.o.* [Online] [Citace: 27.12.2021]  
Dostupné z: <http://ekoenergie.altec-int.cz/solarni-panely-vyuziti-kolektoru.htm>
- [17] *Fotovoltaika, Mgr. Jiří Zivral.* [Online] 26.8.2021 [Citace: 27.12.2021]  
Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/22703-jaky-je-nejlepsi-sklon-a-orientace-fotovoltaickych-panelu-pro-solarni-pole>
- [18] *ENVIC, občanské sdružení, Trombeho stěna.* Plzeň, vydal: Krajský úřad Plzeňského kraje, odbor životního prostředí, 2009.
- [19] *Pasivní solární energie – nové trendy, VUT Brno* [Online] 14.11.2003 [Citace: 9.12.2021]  
Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-zisky-a-zastineni/1705-pasivni-solarni-energie-nove-trendy>
- [20] *Dvojitě fasády, doc. Ing. Miroslav Pavlík, CSc.* [Online] Praha [Citace: 28.12.2021]  
Dostupné z: <https://docplayer.cz/21026977-Dvojite-fasady-design-fasadn-konstrukci-doc-ing-miloslav-pavlik-csc-fakulta-architektury-cvut-v-praze.html>
- [21] *Typy solárních kolektorů, doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.* [Online] [Citace: 29.12.2021]  
Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-zisky-a-zastineni/1705-pasivni-solarni-energie-nove-trendy>
- [22] *Průlom v průhledných solárních panelech, Pavel Baroch.* [Online] 11.1.2021 [Citace: 29.12.2021]  
Dostupné z: <https://www.obnovitelne.cz/clanek/1450/stale-vice-lidi-si-nechava-stresni-fotovoltaiku-propojit-s-bateriemi/>