



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC  
TECHNOLOGY

# **DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA KYPRU - REALIZOVATELNOST OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ A PŘENOS ENERGIE**

DISTRIBUTION SYSTEM OF CYPRUS -  
FEASIBILITY OF RENEWABLE ENERGY SOURCES AND TRANSFER OF ENERGY

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. LUCIE ŠIMONOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. JAN DOLENSKÝ**

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Elektrotechnická výroba a management**

**Studentka:** Bc. Lucie Šimonová

**ID:** 77963

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2010/2011

## NÁZEV TÉMATU:

**Distribuční soustava Kypru -  
realizovatelnost obnovitelných zdrojů a přenos energie**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s problematikou fotovoltaických a solárně-termálních elektráren a možnými způsoby přenosu energie v rámci Kypru. Vypracujte základní rozbor distribuční soustavy na Kypru a možnosti připojování obnovitelných zdrojů. Vypracujte vzorový model solárně-termální elektrárny s přihlédnutím ke klimatickým podmínkám Kypru.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 7.2.2011

**Termín odevzdání:** 26.5.2011

**Vedoucí práce:** Ing. Jan Dolenský

**prof. Ing. Jiří Kazelle, CSc.**

*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

Ještě před několika desítkami let si jen málo lidí dokázalo představit, že se fotovoltaické, solárně termální nebo jiné elektrárny založené na obnovitelných zdrojích, stanou skutečností. Dnes se lidé z celého světa naopak snaží co nejvíce využívat všech možných dostupných zdrojů. Využití slunečního záření jako zdroje energie se nejdřív prosadila pouze u malých zařízení jako jsou kalkulačky za účelem dobíjení baterie, ale nyní jsme schopni vyrobenou energii ze slunce zásobovat obyvatele celého světa. Samozřejmě není možné zásobovat domácnosti a firmy pouze z produktů obnovitelných zdrojů energie. Proto je snaha využívat klasickou výrobu energie zároveň s ostatními zdroji energie. Základními komponenty fotovoltaické či solárně termální elektrárny jsou panely. Panely jsou vyráběny z různých materiálů v různých tvarech a rozměrech. Při výrobě se hledí kromě výsledné účinnosti i na náklady s výrobou spojené. Pro fotovoltaickou i solárně termální elektrárnu je zapotřebí dostatečný sluneční svit. Slunce má největší intenzitu na jihu naší planety. Proto je snaha budovat velké množství těchto elektráren právě ve státech s větší intenzitou slunečního svitu. Jedním z nich je právě i Kypr.

# Abstract

Until a few decades ago few people could imagine that the photovoltaic, solar thermal and other power based on renewable resources, will become a reality. Today people from all over the world on the contrary try at full blast derive benefit from of all possible available source. Using sunlight as a source of energy is first enforced only for small devices such as calculators for charging the battery, but now we are able to produced energy from the sun to supply people around the world. Of course it is not possible supply consumer sector plus firm only from performances renewable power supply. Therefore endeavour is derive benefit from classical energy production at the same time with others power supply. The basic components of photovoltaic and solar thermal power are panels. The panels are made of different materials in different shapes and sizes. During production, the resulting effect looks in addition to costs associated with production. For photovoltaic and solar thermal power plant requires sufficient sunlight. The sunshine has biggest intensity on south of ours planets. Therefore endeavour is build lump these power station just in stand with bigger intensity sunshine. One of them is just Cyprus, too.

# Klíčová slova

Plynové turbíny  
Těžké topné oleje  
Parní jednotky  
Odsiřování spalin  
Ropa  
Zemní plyn  
Podzemní kabeláž  
Nadzemní vedení  
Přenosová síť  
Distribuční síť  
Transformační stanice  
Klima  
Fotovoltaická elektrárna  
Fotovoltaika  
Obnovitelné zdroje energie  
Fotovoltaické panely

Modul  
Křemík  
Solárně termální elektrárna  
Syntetický olej  
Roztavená sůl  
Skladování  
Žlabové kolektory  
Věže  
Komín  
Fresnelovy kolektory  
Heliostaty  
Taliřovité Stirling systémy  
Absorbér  
Odsolování  
Mořská voda  
Solné zbytky  
Destilát

# Key words

Gas turbines  
Heavy fuel oil  
Steam units  
Flue gas desulphurization  
Petroleum  
Natural gas  
Underground cable  
Overhead  
Transmission network  
Distribution network  
Transformation station  
Climate  
Photovoltaic power station  
Photovoltaic  
Renewable energy sources  
Photovoltaic panels

Modulus  
Silicon  
Solar thermal power plant  
Synthetic oil  
Molten salt  
Storage  
Trough collectors  
Towers  
Chimney  
Fresnel collectors  
Heliostats  
Dish Stirling systems  
Absorber  
Desalination  
Sea water  
Brine  
Distillate

## Bibliografická citace:

ŠIMONOVÁ, L. *Distribuční soustava Kypru - realizovatelnost obnovitelných zdrojů a přenos energie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 77 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Dolenský.

# Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Distribuční soustava Kypru - realizovatelnost obnovitelných zdrojů a přenos energie jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené 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 Ing. Janu Dolenskému za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne .....

.....

(podpis autora)

# Obsah

Úvod.....	8
1. Energetika na Kypru .....	9
1.1. Elektrárny.....	10
1.2. Požadavky EU o podílu OZE na celkové výrobě energie .....	13
1.3. Správní a výkonné energetické úřady a organizace na Kypru.....	13
1.4. Využívané zdroje energie na Kypru.....	15
1.5. Přenosová soustava Kypru.....	16
1.6. Distribuční soustava Kypru .....	19
2. Klimatické podmínky Kypru .....	21
2.1. Větrný potenciál .....	22
2.2. Srážky .....	22
2.3. Sluneční intenzita .....	23
3. Fotovoltaické elektrárny.....	25
3. 1. Fotovoltaika .....	25
3. 2. Realizovatelnost fotovoltaické elektrárny .....	25
3. 3. Vhodné umístění elektrárny.....	26
3. 4. Části fotovoltaické elektrárny .....	26
3. 4. 1. Fotovoltaické články.....	26
3. 4. 2. Měnič .....	27
3. 4. 3. Nosná konstrukce .....	27
4. Připojování fotovoltaických elektráren.....	29
4. 1. Způsoby připojení.....	29
4. 2. Podmínky provozu paralelních zdrojů s DS .....	30
5. Solárně termální elektrárny .....	32
5.1. Parabolické žlabové elektrárny .....	35
5. 2 Solárně termální elektrárny s věží .....	37
5. 2. 1. STE s otevřeným volumetrickým přijímačem .....	37
5. 2. 2. STE s tlakovým přijímačem.....	37
5. 3. Parabolické Stirling systémy.....	39
5. 4. Solární komínové elektrárny.....	39
5. 5. Porovnání parametrů jednotlivých STE .....	40
6. STE ve spojení s odsolovací stanicí .....	41
6. 1. Metody odsolování .....	41
6. 1. 1. Tepelná odsolování .....	42
6. 1. 2. Membránové odsolování.....	46
6. 2. STE a odsolovací zařízení.....	49
7. Využití STE v podmínkách Kypru.....	50
7. 1. Porovnání nákladů pro STE na Kypru.....	52
7. 1. 1. Propočty pro žlabovou STE .....	53
7. 1. 2. Propočty pro věžové STE .....	55
7. 1. 3. Propočty pro STE s odsolováním .....	57
7. 1. 4. Náklady na odsolování pomocí RO a MED.....	58
7. 2. Vhodné umístění STE s odsolovací stanicí .....	60
Závěr .....	62
Seznam použitých zkratk.....	65
Seznam použité literatury.....	65
Seznam příloh .....	72

# Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled elektráren a jejich výkonů.....	9
Tabulka 2: Analýza prvků EAC přenosové sítě.....	17
Tabulka 3: Přehled prvků distribuční soustavy Kypru.....	19
Tabulka 4: Přehled transformátorů v rámci distribuční soustavy Kypru.....	20
Tabulka 5: Průměrné teplotní podmínky v Nicosii.....	24
Tabulka 6: Parametry jednotlivých typů STE.....	40
Tabulka 7: Ukázka obsahu soli v mořských vodách.....	42
Tabulka 8: Dotace a výkupní ceny pro FV a na Kypru.....	50
Tabulka 9: Dotace a výkupní ceny pro FV a na Kypru.....	51

# Seznam obrázků

Obrázek 1: Plánované větrné elektrárny na Kypru.....	12
Obrázek 2: Rozložení přenosové soustavy Kypru.....	18
Obrázek 3: Morfologická mapa Kypru.....	21
Obrázek 4: Intenzita větru na Kypru.....	22
Obrázek 5: Množství srážek na Kypru.....	23
Obrázek 6: Roční sluneční potenciál při optimálním sklonu FV modulů.....	24
Obrázek 7: Upevnění modulů na polohovacích jednotkách.....	28
Obrázek 8: Připojení na rozvodnou soustavu.....	29
Obrázek 9: Připojení do rozvodů v objektu.....	30
Obrázek 10: Ukázka fotovoltaické elektrárny.....	31
Obrázek 11: Koncentrace slunečního svitu při využití kolektorů.....	34
Obrázek 12: Princip fungování žlabové STE s teplotním zásobníkem.....	36
Obrázek 13: Schéma obou typů solárně termální elektrárny s věží.....	38
Obrázek 14: Prototyp talířového Stirling systému ve Španělsku.....	39
Obrázek 15: Ukázka solární komínové elektrárny.....	40
Obrázek 16: Ukázka MEH odsolování ve spojení s FV články.....	43
Obrázek 17: Základní princip funkce MED.....	44
Obrázek 18: Ukázka MES odsolování.....	45
Obrázek 19: Princip funkce MSF.....	45
Obrázek 20: Ukázka principu RO.....	46
Obrázek 21: Princip reverzní osmózy.....	47
Obrázek 22: Modul s dutými vlákny.....	48
Obrázek 23: Deskový modul.....	48
Obrázek 24: Proces předúpravy vody a RO.....	48
Obrázek 25: Ukázka možného zapojení žlabové STE s MED technologií.....	49
Obrázek 26: Finanční podpora pro CSP.....	52
Obrázek 27: Využití půdy na Kypru.....	61
Obrázek 28: Vhodná místa pro STE s odsolováním.....	61

# Úvod

Velmi dlouhou dobu lidstvo využívá veškerých fosilních zdrojů, které má k dispozici. Tyto zdroje jsou nedílnou součástí našeho života, ať už se jedná o ropu, plyn, uhlí aj. Bohužel nevýhodou těchto zdrojů je jejich výskyt. Většina z nich se nachází pouze na určitých místech naší planety, což komplikuje jejich dostupnost a navíc se vyskytují jen v omezeném množství, což je pro budoucnost velký strašák lidstva. Z tohoto důvodu se fosilní zdroje stávají vzácnějšími a tím se prodlužuje i energetický řetězec počínaje těžbou, úpravou, transportem, výrobou produktů atd. až po konečného spotřebitele. Čím kratší je tedy řetězec, tím větší jsou šance na snížení nákladů energetické výroby. U výroby energie ze slunce je tento řetězec poměrně krátký a většinou i technicky jednodušší (oproti fosilním elektrárnám).

Samozřejmě i výroba energie je s tímto problémem úzce spjata. U výroby energie ještě navíc přibývá v energetickém řetězci také likvidace, ukládání odpadů a distribuční aktivity elektrických podniků – transport energie trasami vysokého napětí (VN) do transformátorových stanic nízkého napětí (NN) a distribuce NN konečným spotřebitelům. Pro zásobování energií od těžby fosilních paliv až po konečného spotřebitele se tedy jedná o velmi dlouhý a také nákladný řetězec. Zároveň při těchto jednotlivých článcích se zpotřebovávají další neobnovitelné zdroje (př.: převoz – zpotřeba paliva).

Klasické zdroje energie jsou omezené a navíc jejich používáním vznikají oxidy uhlíku, síry a dusíku, prach, popílek a odpadní teplo. S tím spojené změny klimatu jsou dobře známým problémem. Mezi možnostmi, jak tento problém zmírnit, se nám nabízí využití slunečního záření jako jednoho z čistých alternativních zdrojů energie. Vezmeme-li v úvahu již zmíněné body, musíme také uvažovat nad tím, že každá elektrárna představuje určitou investici. U klasických elektráren se jedná ne jen o prvotní investice při výstavbě atd., ale také náklady na provoz v průběhu její životnosti. V případě fotovoltaických či solárně termálních elektráren, které využívají pro výrobu elektrické energie sluneční intenzity, jsou tyto náklady na provoz tak minimální oproti klasickým elektrárnám, že se dají teoreticky zanedbat.

Slunce ročně poskytuje Zemi 15 000 krát více energie, než jakou lidstvo komerčně spotřebovává. Z tohoto důvodu se také v současné době velká spousta společností snaží o budování fotovoltaických a solárně termálních elektráren nejen jako možnosti snížení spotřeby fosilních paliv a ochrany životního prostředí, ale také jako možnosti lepšího využití všech dostupných trvalých zdrojů.

Žádný znalec obnovitelných energií by pochopitelně nepřišel na myšlenku snažit se celkovou spotřebu energie uspokojit pouze ze slunečních, vodních či větrných elektráren. Správný přístup k obnovitelným energiím spočívá ve vytvoření kombinace všech možných zdrojů, které jsou nabízeny přírodou rozdílně podle geografických podmínek.



# 1. Energetika na Kypru

Kypr nemá dostatečné zásoby primárních zdrojů energie. Přibližně 90 % energie Kypru je vyráběno z dovážené ropy. V současné době se snaží kyperská energetika využívat také plyny. Zbylých 10 % je pokryto dováženým uhlím a solární energií. Z toho uhlí pokrývá 6 % a solární energie 4 %. Uhlí využívají převážně cementárny a solární energii využívají prozatím domácnosti a různá ubytovací zařízení především k ohřevu vody. [04]

Přesto, že výroba, rozvod i distribuce elektrické energie byly v roce 2004 částečně liberalizovány, konkrétně 35 % energetického trhu, sektor energetiky zatím zůstává pod kontrolou státu. [04] Podle Kyperského energetického regulačního úřadu (CERA) mělo v roce 2010 téměř 45% z celkového instalovaného výkonu pocházet ze soukromých elektráren. Toto opatření zajistí konkurenceschopné ceny elektřiny, a také zlepšení služeb zákazníkům. Celkový nárůst spotřeby energie se ročně pohybuje okolo 4,5%, čímž se spotřeba za posledních 10 let zvedla zhruba o 30%.

Kontrolu energetického sektoru má na starosti Kyperský energetický úřad (EAC), který disponuje 1 200 MW instalovaného výkonu. Na výrobě se podílí 4 elektrárny – Vasilikos, Dhekeleis, Moni a větrný park Orites. Elektrárna Vasilikos vyrábí 390 MW (3 turbíny - olej/pára s kapacitou 130 MW) a 38 MW (1 turbína s kapacitou 38 MW- plyn), elektrárna Dhekeleis vyrábí 360 MW (6 turbín s kapacitou 60 MW– olej/pára), elektrárna Moni vyrábí 180 MW (6 turbín s kapacitou 30 MW – olej/pára) a 150 MW (4 turbíny s kapacitou 37,5 MW – plyn).[05] První vybudovaná a zprovozněná část větrného parku Orites vyrábí 82 MW. Do konce roku 2012 je plánováno další rozšiřování elektrárny Vasilikos a Dhekeleis. Stejně tak se plánuje i rozšíření větrného parku Orites a výstavba několika dalších větrných parků.

Elektrárna	Jednotky	Výkon [MW]
Vasilikos	3 x 130 MW turbíny olej/pára *	390
Vasilikos	1 x 38 MW turbíny plynové	38
Dhekeleis	6 x 60 MW turbíny olej/pára *	360
Moni	6 x 30 MW turbíny olej/pára *	180
Moni	4 x 37,5 MW turbíny plynové	150
Orites	41 x 2 MW turbíny (Vestas V90)	82
Celkový instalovaný výkon:		1200

\* olejem jsou myšleny těžké topné oleje

**Tabulka 1:** Přehled elektráren a jejich výkonů.

## ***1.1. Elektrárny***

### Elektrárna Vasilikos

Tato elektrárna se nachází asi 25 km východně od Limassol na jižním pobřeží Kypru. První vybudovaná část elektrárny zahrnuje 3 x 130 MW, kde se používají těžké topné oleje/parní jednotky a 1 x 38 MW, kde je nafta spalována plynovou turbínou (slouží hlavně jako startovací jednotka). Druhá část elektrárny se skládá z 1 x 130 MW, za použití těžkého topného oleje/parní jednotky. Tato část je také vybavena odsiřováním spalín (FGD), pro snížení emisí oxidu pod stanovené limity Evropskými směrnici pro spalovací zařízení. [05]

Elektrárna Vasilikos vyrobila v roce 2006 2 293 410 MWh, což odpovídá 49,66 % z celkového množství vyrobené energie. Během stejného období elektrárna vyvezla 2 160 237 MWh, což odpovídá 49,52 % z celkového množství vyvážené elektrické energie. Součinitel tepelné účinnosti pro parní turbíny dosáhl 39,22% (pro vývoz jde o 36,95 %), zatímco odpovídající součinitel tepelné účinnosti pro plynové turbíny dosáhl 23,45 % (pro vývoz jde o 20,49 %). [05]

### Elektrárna Dekeleis

Elektrárna se nachází na jihovýchodním pobřeží ostrova. Skládá se z 6 x 60 MW konvenčních tepelných jednotek, které spalují těžké topné oleje. [05]

Elektrárna Dekeleis vyprodukovala v roce 2006 1 860 781 MWh, což odpovídá 40,29 % z celkového množství vyrobené elektřiny. Během stejného období vyvezla 1 768 290 MWh, což odpovídá 40,53 % z celkového množství vyvážené elektrické energie. Součinitel tepelné účinnosti elektrárny pro jednotky dosáhl 31,26 %, zatímco součinitel tepelné účinnosti vývozu dosáhl 29,70 %. [05]

### Elektrárna Moni

Tato elektrárna se nachází na východní straně Limassol na jižním pobřeží ostrova. Skládá se z 6 x 30 MW konvenčních tepelných jednotek spalujících těžké topné oleje a ze 4 x 37,5 MW, kde je nafta spalována plynovou turbínou. Plynové turbíny se používají zejména při načítání systémového maxima, stejně jako při nouzovém a stand-by režimu. [05]

Elektrárna vyprodukovala v roce 2006 463 888 MWh, což odpovídá 10,05 % z celkového množství vyprodukované energie. Během stejného období elektrárna vyvezla 434 180 MWh, což odpovídá 9,95 % z celkového vývozu elektrické energie. Součinitel tepelné účinnosti pro parní jednotky dosáhl 25,04 % (pro vývoz jde o 23,42 %), zatímco součinitel tepelné účinnosti pro plynové turbíny dosáhl 23,42 % (pro vývoz jde o 21,39 %). [05]

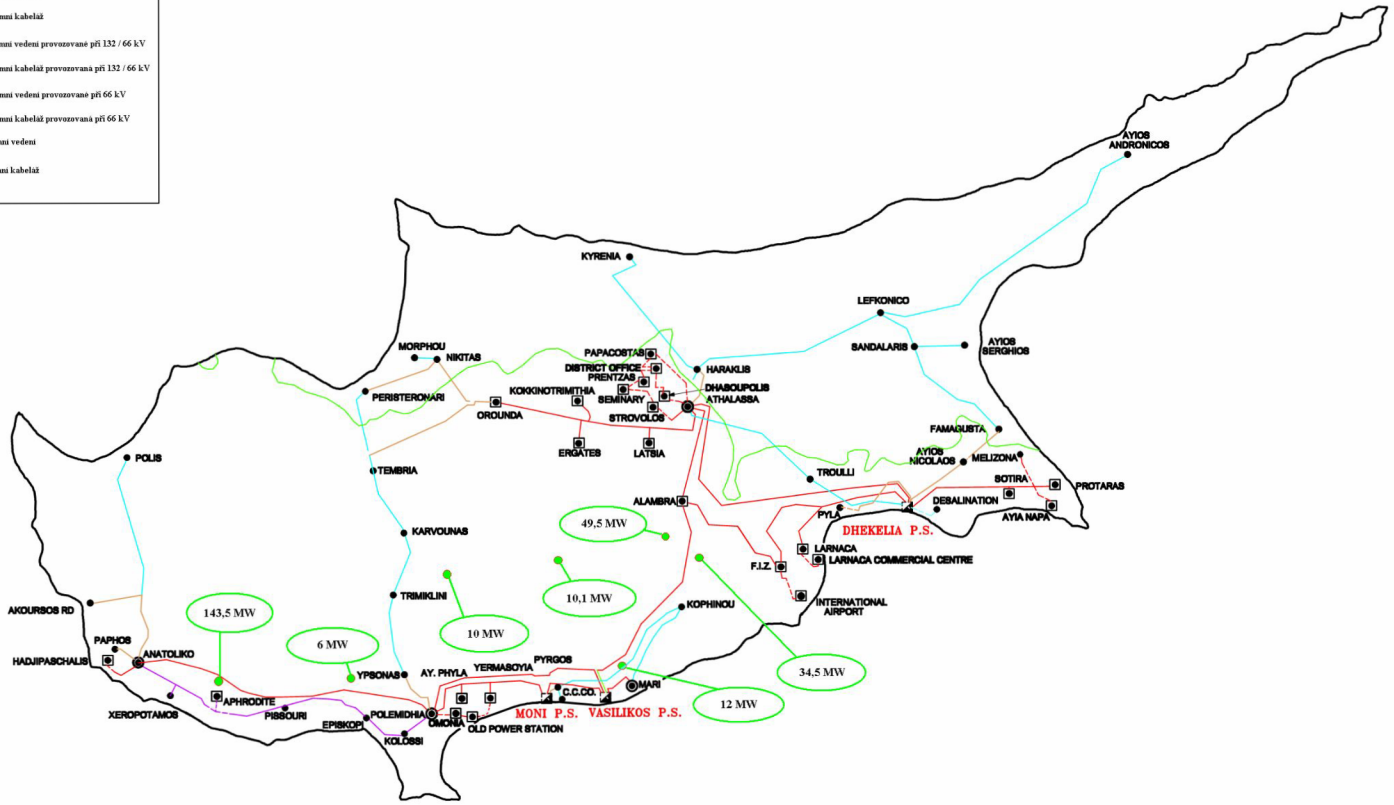
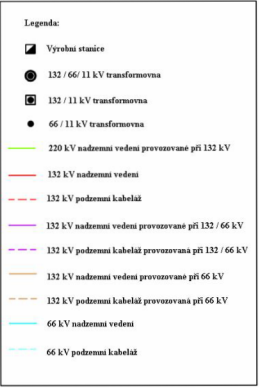
### Větrný park Orites

Jde o první větrný park na Kypru, který byl zprovozněn v říjnu roku 2010. Jedná se o elektrárnu s počáteční kapacitou 82 MW. Jde tedy o největší větrnou elektrárnu svého druhu ve Středomoří, jelikož běžné maximální kapacity takovýchto elektráren se pohybují mezi 20 až 30 MW. Zároveň se jedná o první projekt na ostrově, který byl vybudován v rámci

soukromého sektoru a který bude využívat nové 20 leté fixní sazby tarifu, který byl nedávno schválen vládou Kyperské republiky a Evropsou komisí.

Cena celého tohoto projektu se odhaduje přibližně na 200 milionů eur a z toho 50 % částky bude poskytnuto Evropsou investiční bankou. Elektrárna se bude skládat ze 41 turbín a pokryje plochu okolo 16 km<sup>2</sup> v horské oblasti Paphos v jihozápadní části ostrova. Výstavba tohoto parku je rozdělena do dvou fází, přičemž cílem celého projektu je dosažení kapacity 140 MW. Dá se tedy předpokládat, že se sníží množství emisí v ovzduší a to až o 100 000 tun ročně.

Do budoucna je naplánovaná i výstavba dalších větrných parků v různých oblastech Kypru, jejichž celková kapacita by se měla předběžně pohybovat okolo 260 MW (včetně Orites). Přehled těchto plánovaných elektráren je názorně zakreslen v níže uvedené mapě (základní mapa převzata z [07]). Zároveň se do roku 2020 předpokládá, že 13 % vyrobené energie na Kypru bude pocházet z obnovitelných zdrojů a z toho 27 % z větrných elektráren.



**Obrázek 1:** Plánované větrné elektrárny na Kypru. (větší formát viz. Příloha č.1)

## ***1.2. Požadavky EU o podílu OZE na celkové výrobě energie***

Evropská unie každoročně stanovuje a vydává různá ustanovení ve všech oblastech hospodaření pro členské státy. V rámci energetiky stanovila EU cíle pro množství vyrobené energie z obnovitelných zdrojů vzhledem k celkové produkci energie za období. Pro rok 2010 činila tato hodnota v rámci celé EU 21 % z celkové energie. Předběžné výzkumy ukázaly, že členské státy nebyly schopny plně pokrýt zmíněných 21 %, ale hodnota by se měla předběžně pohybovat okolo 19 %. Protože dochází neustále k nárůstu spotřeby energie na celém světě, zvyšují se také požadavky na obnovitelné zdroje. Z tohoto důvodu je hodnota pro pokrytí vyrobené energie z OZE do roku 2020 stanovena přibližně na 33 % z celkové produkce.

Tyto hodnoty jsou samozřejmě určeny v rámci celé EU, a tedy pro jednotlivé státy se tyto hodnoty poněkud liší. V rámci Kyperského pokrytí výroby z OZE bylo pro rok 2010 stanoveno 6 % (v souladu s ustanovením směrnice 2001/77/ES). Podle plánů Kyperské vlády a odpovídajících úřadů se předpokládalo, že z těchto 6 % budou 4,5 % pokrývat větrné parky, 1,1 % biomasa, 0,2 % fotovoltaické systémy a 0,2 % vodní systémy. Do roku 2020 by měla Kyperská republika zvýšit tento podíl z OZE přibližně na dvojnásobek, tedy na 13%.

## ***1.3. Správní a výkonné energetické úřady a organizace na Kypru***

Do roku 2004 byl vlastníkem všech energetických výrobních jednotek Kyperský energetický úřad (EAC). Od roku 2004 došlo, na základě vstupu Kypru do EU, k částečné liberalizaci trhu s elektrickou energií, ale i přes to zůstává odvětví energetiky stále pod kontrolou státu. Zároveň je EAC stále vlastníkem třech elektráren (Vasilikos, Dekeleis, Moni). Tato liberalizace přispívá k rozšíření energetické výroby v rámci malých elektráren, ale i velkých investorů jako např. větrné parky aj.

Provozovatelem přenosové soustavy Kypru je nezávislý právní subjekt Kyperské republiky, se sídlem na jejím území. V roce 2004 bylo schváleno rozhodnutí vlády Kypru o harmonizaci předpisů Kyperské republiky s evropskou směrnicí o společných pravidlech pro vnitřní trh s elektrickou energií. Podle zákona upravujícího trh s elektrickou energií z roku 2003, je TSO provozovatelem přenosové soustavy, která je ve vlastnictví Kyperského úřadu pro energetiku.

V rámci předpisů a směrnic Kyperské republiky a EU se o veškeré povinnosti v oblasti správy a rozvoje energetiky stará několik kyperských organizací:

- Ministerstvo obchodu, průmyslu a cestovního ruchu (MCIT)

Ministerstvo má na starosti otázky řízení, koordinace a ochrany spotřebitelů v oblasti obchodu, průmyslu (také energetiky) a cestovního ruchu.

### Hlavní úkoly v oblasti energetiky:

- Sledování a koordinace nabídky a dostupnosti dostatečného množství elektrické energie pro domácnosti.
- Sledování a podílení se na tvorbě evropské politiky v otázkách energetiky.

- Navrhování možných řešení v otázkách realizace v rámci Evropy, pomáhání v přípravě zákonů, pravidel atd. a uskutečňování programů pro jejich podporu.
- Přípravování a realizace programy pro uchování energie, podporování obnovitelných zdrojů energie (RES) a vyvíjení technologie pro využití RES.
- Pomáhání vládě při formování národní energetické politiky pro Kypr v koordinaci se všemi ostatními zúčastněnými subjekty. [08]

#### Hlavní plány v oblasti energetiky pro rok 2010:

- Částečně liberalizovat (nad 35 %) sektor energetiky => zrušení monopolu v energetice Kypru.
- Liberalizovat olejový sektor zrušením kontrol ceny, podporou olejových produktů, úpravou ceny podle trhu a úpravou spotřební daně.
- Zakládat a obsluhovat strategické olejové zásoby
- Vytvářet programy pro uchování energie, realizaci RES a ochranu životního prostředí.
- Podporovat energetické prostředky, které jsou šetrné k životnímu prostředí např. zemní plyn.[08]

- Kyperský energetický úřad (EAC)

Tento úřad je hlavním účastníkem energetického sektoru. Jeho cílem je poskytovat zákazníkům kvalitu, bezpečnost a spolehlivost služeb v oblasti energetiky, v závislosti na konkurenci vytvářet přijatelné ceny a přistupovat pozitivně k ochraně životního prostředí.

- Kyperský energetický regulační úřad (CERA)

Úřad se skládá ze tří členů, které jmenuje kabinet republiky po konzultaci s parlamentním výborem pro evropské záležitosti. Je to nezávislý orgán státu, nemá výkonné pravomoci, ale má odpovědnosti, povinnosti a pravomoce v oblasti řízení odvětví. O své činnosti podává každoročně zprávu prezidentu republiky. Dále se také zabývá strukturálními změnami na energetických trzích v členských státech EU, ale i v ostatních státech světa. Může se tedy účastnit jednání či jiných činností mezinárodních organizací, a také spolupracovat s těmi mezinárodními či zahraničními orgány v rámci svých povinností, odpovědností a pravomocí. Provoz regulačního úřadu se řídí předpisy v souladu s článkem 97 zákona o regulaci trhu s elektřinou z roku 2003. [10] [11]

#### Pravomoce energetického regulačního úřadu:

- Provádět kontroly, změny nebo zrušení různých povolení a žádostí o licene podle zákona
- Radit příslušnému ministrovi v záležitostech, týkajících se elektrické energie
- Kontrolovat rozvody energie, a také pravidla rozdělování trhu s elektřinou v souladu s článkem 72 a 79 zákoníku
- Kontrolovat zajištění dostatečné dodávky elektřiny v rámci uspokojení všech potřeb a požadavků zákazníků i výrobců elektrické energie
- Regulovat sazby, poplatky a další rozpočtové otázky v rámci poskytovaných služeb v souladu s licenčními podmínkami

- Vytvářet, zveřejňovat a prosazovat normy v oblasti kvality výroby a dodávky v rámci stanovených požadavků
- Vytvářet a regulovat pravidla a postupy pro úsporu energie
- Provádět výzkumy a přijímat rozhodnutí na základě stížností [12]

CERA má tedy za úkol vytvářet a aplikovat vhodná a nezbytná opatření v rámci energetiky s cílem přistět k lepšímu plnění úkolů, odpovědností a pravomocí pro účinné a řádné vykonávání dle zákona. [12]

V rámci plnění povinností a vykonávání funkce může přijmout regulační rozhodnutí, která určují, jak regulovat trh s elektrickou energií a jaké předpisy budou vázány tímto rozhodnutím. Dále také přijímat rozhodnutí v souladu s ustanovením zákona a nařízení vydaných na jejich základě. [12]

- *Provozovatel přenosové soustavy (TSO)*

Základní povinností provozovatele přenosové soustavy je provoz elektrických přenosových soustav a řízení trhu s elektrickou energií v konkurenčním prostředí, podpora a propagace výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Zajišťování opatření pro zachování kontinuity dodávek spotřebitelům pro efektivní, koordinovanou, bezpečnou, spolehlivou a ekonomicky výhodnou přenosovou soustavu. Kromě toho TSO připravuje desetileté plány, které zajišťují dlouhodobý rozvoje přenosové soustavy. [13]

Přestože provozovatel přenosové soustavy je nezávislý subjekt v právním smyslu a nespadá pod příslušná ministerstva, musí provozovatel přenosové soustavy a všichni účastníci trhu s elektrickou energií úzce spolupracovat a postupovat podle návodů a vyhlášek Ministerstva obchodu, průmyslu a cestovního ruchu. Ředitel přenosové soustavy je jmenován Radou ministrů, zatímco zaměstnanec provozovatele přenosové soustavy je přidělován z Kyperského energetického úřadu. Operátor přenosové soustavy je tedy vlastnictvím EAC. [13]

Provozovatel přenosové soustavy vykonává svou činnost na základě směrnice 96/92/ES Evropského parlamentu a Evropské rady ze dne 19. prosince 1996 o společných pravidlech pro vnitřní trh s elektrickou energií, a také v souvislosti se směrnicí 2003/54/ES o regulaci trhu s elektrickou energií na Kypru. [13]

## ***1.4. Využívané zdroje energie na Kypru***

### *Ropa a zemní plyn*

Podle předpisů EU na ochranu životního prostředí je Kypr zavázán dodržovat limity skleníkových plynů a to je jeden z hlavních důvodů, proč se snaží nahradit olejové elektrárny plynovými. Dalším důvodem je také závislost Kypru na dovozu oleje a ropných produktů (především ze Sýrie a Ruska). Dovoz olejů činí ročně cca 11% z celkového importu Kypru, jelikož spousta společností a výrobních odvětví velmi závisí na dodávkách olejů a ropy. Celková cena importovaných olejů a ropy činila např. v roce 2003 162 491 000 CY£.

V roce 2005 podepsal Kypr dohodu s Egyptem o dodávkách zemního plynu. Ovšem po té, co v egyptských vodách na severo-východ od pevniny byla nalezena ložiska plynu, objevila se naděje, že se podobná ložiska mohou vyskytovat i ve vodách Kypru. Podle několika nezávislých seismologických průzkumů je patrné, že se ložiska plynu, a také malá ložiska ropy (olejů) nacházejí ve vodách Kypru jižně od ostrova přibližně o rozloze 70 000 km<sup>2</sup>. V kyperských vodách se podle výzkumů nachází až 50 % ložisek z celkového počtu v této oblasti, což představuje přibližně 6 – 8 miliard barelů pro oblast Kyperských vod. Odhadovaná hodnota těchto nalezišť dosahuje okolo 400 miliard dolarů.

Stejně jako ostatní členské státy EU musí i Kypr zvýšit své zásoby ropy na množství, pokrývající 90 denní spotřebu ropných produktů. Tento úkol má na starosti Kyperská organizace pro řízení olejových zásob (COSMOS). Kyperské úřady chtějí kromě zásob ropy vytvořit tzv. energetická centra, umístěná v jižní části Kypru poblíž elektrárny Vasilikos proto, aby byla schopna zajistit zásoby zemního plynu především pro energetickou výrobu.

### Obnovitelné zdroje energie

V závislosti na požadavcích EU se Kypr snaží podporovat výrobu energie z obnovitelných zdrojů. Jedná se především o výstavbu větrných a solárních elektráren ne jen k ohřevu vody (především využíváné na domech a hotelích), ale také k výrobě energie.

V roce 2006 byl ustanoven zásadní krok v otázce investic do obnovitelných zdrojů, díky kterému má dojít k rychlejšímu a většímu rozvoji výroby energie z obnovitelných zdrojů. Zvláštní výbor pro OZE a úspory energie ve spolupráci s Kyperským ministerstvem obchodu, průmyslu a cestovního ruchu umožňuje čerpání dotací pro instalaci různých OZE. Poskytnutá částka se odvíjí od typu OZE a výkonu dané elektrárny. Na základě podpory rozvoje výroby z OZE vykupuje EAC energii za 0,26 €/kWh pro rok 2011.

## **1.5. Přenosová soustava Kypru**

Přenosová soustava je systém, který zahrnuje elektrická vedení VN a rozvodny, používané pro přenos elektrické energie z elektrárny do rozvodny nebo přímo k odběratelům (velcí odběratelé, velké rozvody). Přenosová soustava tvoří páteř přenosu elektrické energie a zajišťuje přenosy na velké vzdálenosti ve velkém množství.

Alternátory v elektrárnách obvykle pracují s jmenovitým napětím pouze několika tisíc voltů. Při výkonu kolem stovek MW jde z alternátoru proud o velikosti desítek tisíc amperů. Aby nedocházelo k velkým úbytkům napětí v případě použití velmi velkých průřezů vodičů, používá se pro přenos na velké vzdálenosti raději vyšší napětí, kdy pro přenos stejného výkonu postačí menší proud a tím se zmenší i ztráty při přenosu. Napětí alternátorů se zvyšuje pomocí transformátorů, které jsou většinou umístěny v areálu elektrárny. Za přenosová napětí se uvažují hodnoty větší než 110 kV. Transformátory jsou také zařazeny na výstupu z přenosové soustavy pro snížení dodávané elektřiny do distribuční sítě na napětí např. 66 kV (pro Kypr). Nedílnou součástí přenosové soustavy jsou kromě kabelů a transformátorů také odpojovače, jištění proti blesku, kompenzační prvky, regulační a řídicí systémy.

Přenosová soustava Kypru je provozována Provozovatelem přenosové soustavy (TSO). Kyperská přenosová soustava je tvořena vedeními 66 kV, 132 kV a 220 kV.



Následující Obrázek 2 naznačuje rozmístění přenosové soustavy na Kypru a Tabulka 2 obsahuje analýzu prvků EAC přenosové sítě.

Popis	Jednotka	Stav k 31.12.2006	Zadáno v roce 2007	Vyřazeno v roce 2007	Stav k 31.12.2007
<i>Elektrárny</i>					
<b>Dheleis</b>					
Parní turbíny	ks	6			6
Kapacita	MW	360			360
<b>Moni</b>					
Parní turbíny	ks	6			6
Kapacita	MW	180			180
Plynové turbíny	ks	4			4
Kapacita	MW	150			150
<b>Vasilikos</b>					
Plynové turbíny	ks	1			1
Kapacita	MW	38			38
Parní turbíny	ks	2			2
Kapacita	MW	260			260
<i>Zařízení pro přenos</i>					
<b>220 kV přenosové vedení provozované při 132 kV</b>					
Délka trasy	km	1,40			1,40
Délka okruhu	km	2,80			2,80
<b>Vedení 132 kV</b>					
Délka trasy	km	408,15	5,85	5,00	409,00
Délka okruhu	km	761,51	11,70	10,01	763,200
<b>132 kV podzemní kabely</b>					
Délka trasy	km	63,53	0,05	0,04	63,54
Délka okruhu	km	91,60	0,05	0,04	91,61
<b>132 kV U/g kabely - řízené při 66 kV</b>					
Délka trasy	km	8,33			8,33
Délka okruhu	km	8,33			8,33
<b>66 kV podzemní kabely</b>					
Délka trasy	km	1,68			1,68
Délka okruhu	km	1,68			1,68
<b>132 kV přenosové vedení provozované při 66 kV</b>					
Délka trasy	km	168,81	4,96	4,86	168,91
Délka okruhu	km	267,35	9,92	9,72	267,55
<b>66 kV přenosové vedení</b>					
Délka trasy	km	291,78			291,78
Délka okruhu	km	291,78			291,78

**Tabulka 2:** Analýza prvků EAC přenosové sítě. [14]



## 1.6. Distribuční soustava Kypru

Distribuční soustava přenáší energii od rozveden k jednotlivým uživatelům a domácnostem. Distribuční soustava Kypru je složena z vedení SN 11 kV a z vedení NN 415/240 V. Vzhledem k rostoucí spotřebě energie, plánuje Kypr rozšíření a posílení rozvodného systému v průběhu 10 let. Toto rozšíření rozvodného systému by mělo vyjít přibližně na 326 milionů CY£ (606 milionů €).

V síti EAC je používáno přenosové napětí 132 a 66 kV. Přenášené napětí přechází na střední napětí 11 kV v transformačních stanicích. Kapacita transformačních stanic se pohybuje mezi 5 až 120 MVA. Transformovaná energie 132/11 kV v trafostanicích je připojována v podobě hvězdicového uspořádání s pevným ukotvením. Pro nižší hodnoty napětí jsou používány 11 kV rozvody, pracující v nezávislém okruhu, který je vedený podzemním kabelovým rozvodem převážně v městech. Ve venkovských oblastech jsou využívány vysoko umístěné rozvody (nadzemní). Střední napětí přechází na nízké napětí v distribučních trafostanicích o kapacitě 300 až 1 000 kVA (převážně ve městech). Ve venkovských oblastech a málo osídlených oblastech jsou využívány vysoké stožárové transformátory o kapacitě 25 až 200 kVA.

Níže uvedené tabulky obsahují analýzu prvků, které tvoří distribuční síť EAC:

Prvky distribuční soustavy	Jednotka	Stav k 31.12.2006	Zadáno v roce 2007	Vyřazeno v roce 2007	Stav k 31.12.2007
MV nadzemní rozvody	km	5 059,07	111,43	29,13	5 141,37
MV podzemní rozvody	km	2 499,81	182,76	23,12	2 659,45
LV nadzemní rozvody	km	8 362,05	215,26	36,24	8 541,07
LV podzemní rozvody	km	2 559,68	460,44	0,14	3 019,98
22000-11000/433/250V P.M. Transformátory	ks	8 190	312	98	8 404
	kVA	740 127	54 428	29 514	765 041
22000-11000/433V G.M. Transformátory	ks	4208	316	7	4 517
	kVA	2 253 505	218 800	30 105	2 442 200

**Tabulka 3:** Přehled prvků distribuční soustavy Kypru. [15]

Popis	Jednotka	Stav k 31.12.2006	Zadáno v roce 2007	Vyřazeno v roce 2007	Stav k 31.12.2007
132/66 kV interbus transformátory	ks	12			12
	MVA	603			603
132/11 kV převodní transformátory (na nižší napětí)	ks	67	3		70
	MVA	2 119	96		2 215
132/6,6 kV převodní transformátory (na nižší napětí)	ks	2			2
	MVA	58			58
132/3,3 kV převodní transformátory (na nižší napětí)	ks	2			2
	MVA	20			20
66/11 kV převodní transformátory (na nižší napětí)	ks	68	1		69
	MVA	668,5	15		683,5
66/3,3 kV převodní transformátory (na nižší napětí)	ks	2			2
	MVA	5			5
15,75/132 kV převodní transformátory (na vyšší napětí)	ks	2			2
	MVA	330			330
11/132 kV převodní transformátory (na vyšší napětí)	ks	13			13
	MVA	741			741
11/66 kV převodní transformátory (na vyšší napětí)	ks	4			4
	MVA	150			150
Transformační stanice	ks	50	1		51

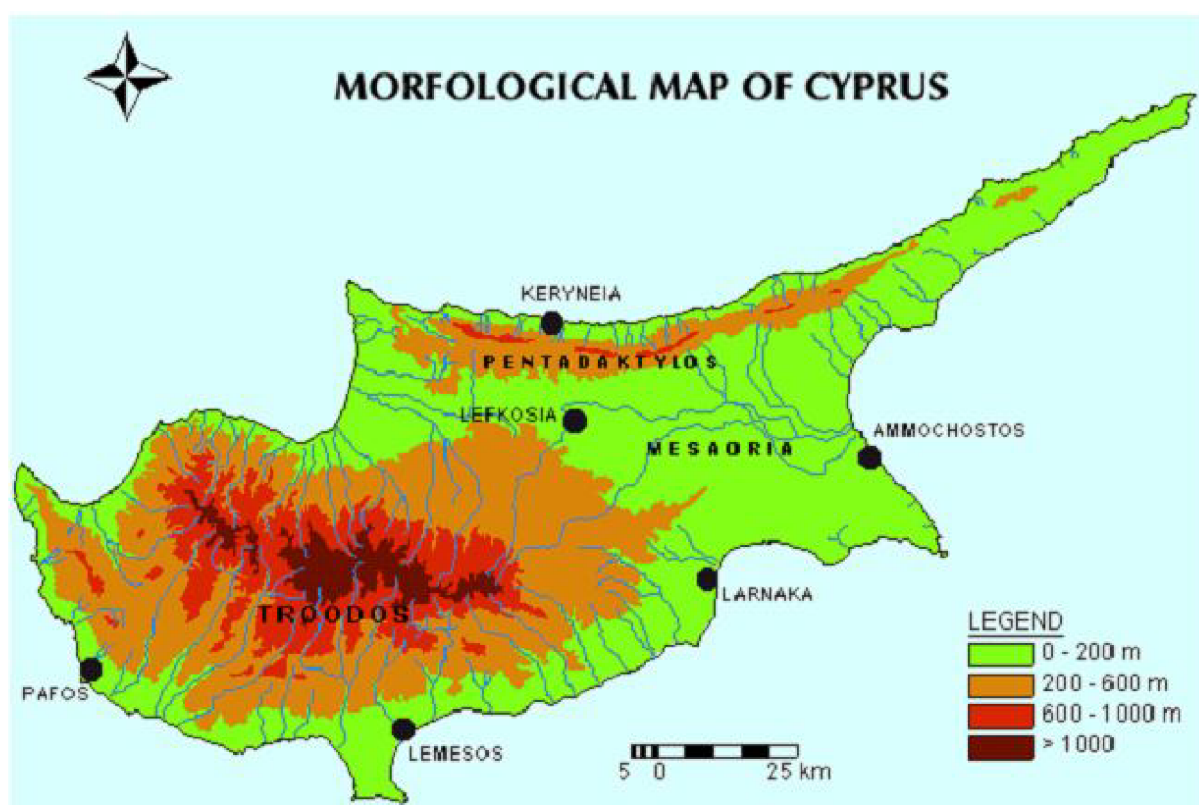
**Tabulka 4:** Přehled transformátorů v rámci distribuční soustavy Kypru. [15]

## 2. Klimatické podmínky Kypru

Kypr se nachází v severovýchodní části Středomoří, 33° východně od Greenwiche a 35° severně od rovníku. Jde o třetí největší ostrov ve Středomořím moři s rozlohou 9 251 km<sup>2</sup>, z toho 47 % je orná půda, 19 % tvoří lesy a zbývajících 34 % tvoří neobdělávaná půda. Na Kypru žije okolo 837 300 obyvatel, z nichž 76,8 % tvoří řečtí Kyperčané, 10,5 %, kyperští Turci a 12,7 % cizinci.

Území ostrova je pokryto dvěma horskými pásmy a dvěma nížinami. Troodos je horské pásmo v centrální části ostrova s nejvyšší nadmořskou výškou 1 952 m (Mount Olympus). Vrcholy tohoto pásma (nad 1000 m) jsou během prosince až dubna zasněženy. Dalším horským pásmem je Pentadaktylos v severní části ostrova s nejvyšší nadmořskou výškou 1 085 m. Převážnou část zemědělské půdy ostrova tvoří dvě nížiny a to Morphou a Messaoria.

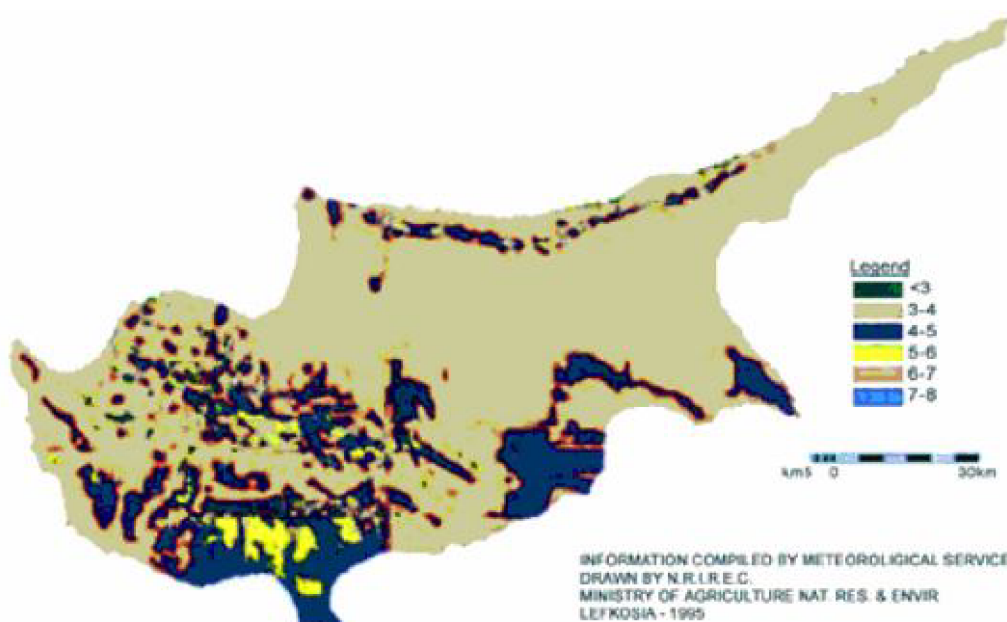
Ostrov Kypr je považován za velmi suchý ostrov, protože má pouze několik malých řek a typické středomořské klima s mírnými a krátkými zimami, dlouhými, horkými a suchými léty.



**Obrázek 3:** Morfologická mapa Kypru. [16]

## 2.1. Větrný potenciál

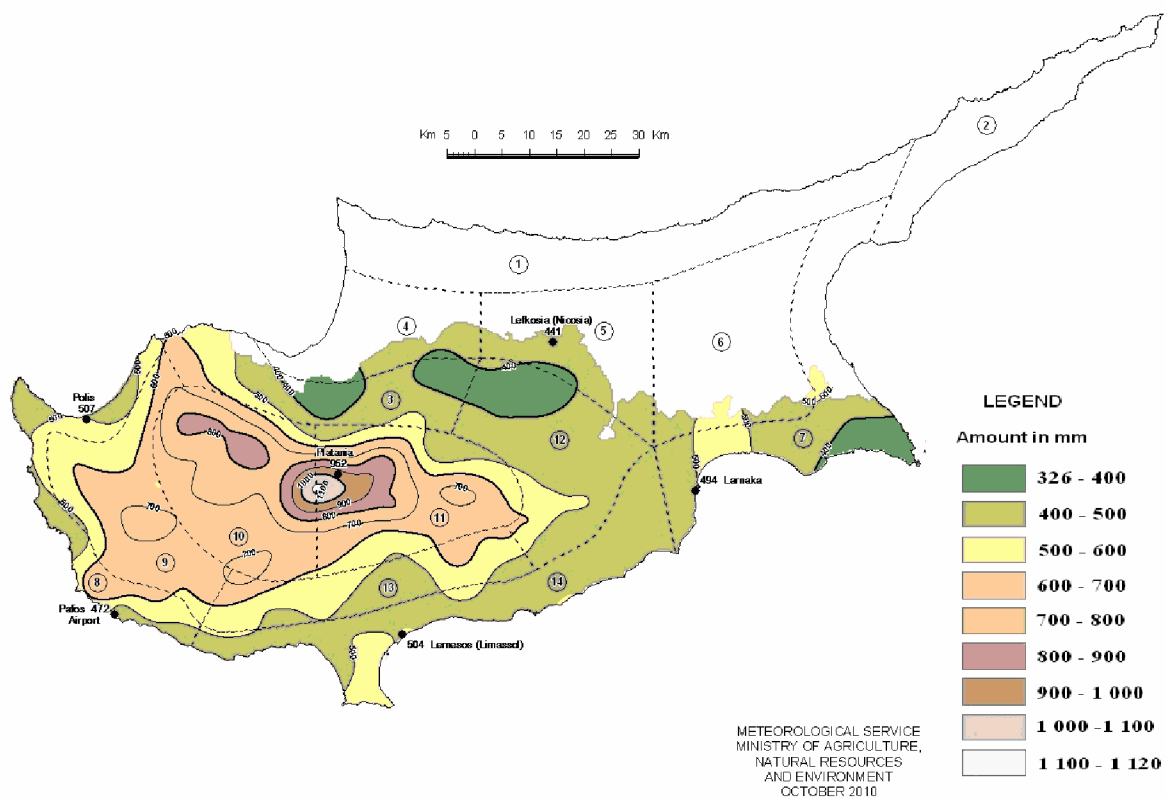
S výjimkou některých oblastí se tento ostrov nevyznačuje příliš vysokým větrným potenciálem. Průměrná rychlost větru v těchto oblastech se pohybuje okolo 5 – 6 m/s. Jedná se především o lokality u jižního pobřeží a na některých místech v horách. Těmito oblastmi procházejí východní větry ze Středoziemního moře, které jsou známé jako Etesian nebo Meltemi. Tyto větry dosahují maximální intenzity v odpoledních hodinách. Dalším větrným potenciálem jsou poměrně slabé mořské vánky. Odhadovaný větrný potenciál Kypru se pohybuje mezi 150 až 250 MW.



Obrázek 4: Intenzita větru na Kypru. [17]

## 2.2. Srážky

Průměrné roční množství srážek je okolo 500 mm. V centrální rovině je množství srážek okolo 300 mm, v jihovýchodní části ostrova a oblasti Troodos až 1 100 mm a v pohoří Pentadaktylos okolo 550 mm. Je patrné, že množství srážek se v jednotlivých částech ostrova liší. Kypr má však velmi malé zdroje vody, které jsou většinou získány pouze ze srážek za celý rok případně z podzemních vod. Tento ostrov patří mezi místa s velmi malým počtem srážek, proto bývají často dlouhá období sucha a nedostatku vody. Navíc pouze 14 % vody ze srážek zůstává na pevnině a 86 % se opět vypaří. Nejvíce srážek je převážně v horských oblastech, kde se také zadržuje nejvíce vody.



**Obrázek 5:** Množství srážek na Kypru. [18]

### 2.3. Sluneční intenzita

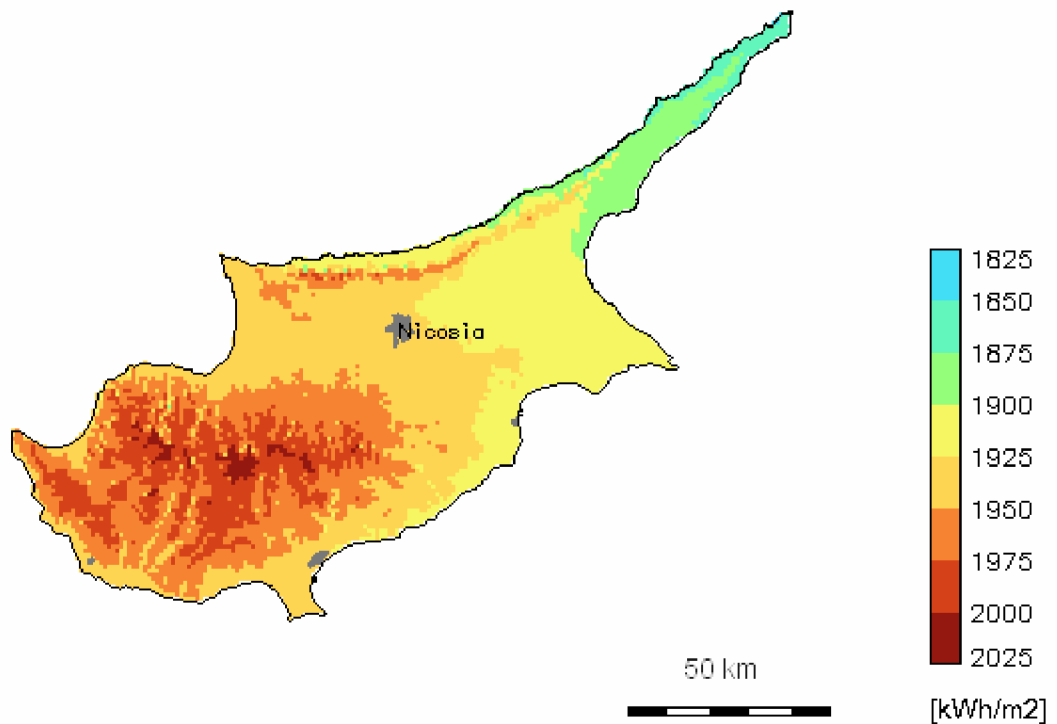
Ostrov je bohatý na velké množství slunečního záření v průběhu celého roku. V letních měsících se doba slunečního svitu pohybuje minimálně okolo 11,5 hod. a v zimě minimálně okolo 5,5 hod. Průměrná intenzita slunečního záření je přibližně  $5,4 \text{ kWh/m}^2$ , přitom v období července  $7,2 \text{ kWh/m}^2$  a v prosinci a lednu okolo  $2,3 \text{ kWh/m}^2$ . Největší sluneční intenzita je v letních měsících a to od dubna do října. Za rok tedy dopadá na ostrov okolo  $2\,000 \text{ kWh/m}^2$ .

Průměrná maximální teplota v červenci a srpnu se pohybuje kolem  $36 \text{ }^\circ\text{C}$  v nížinách a  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  na horách (Troodos), zatímco v lednu je průměrná minimální teplota  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  v nížinách a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  na horách.

Hodnoty slunečního záření a teplot jsou poměrně vysoké, a proto je tento ostrov velmi vhodný pro budování solárně termálních elektráren (pro lepší využití slunečního záření) a případně i FV elektráren.

Měsíc	Průměrný sluneční svit (hod.)	Teplota				Problémy s horkem a vlhkostí	Relativní vlhkost (%)		Průměrné množství srážek (mm)	Srážky v deštivých dnech (+0,25 mm)
		Průvěrná		Rekordní			am	pm		
		Min.	Max.	Min.	Max.					
Leden	5	5	15	-3	22	-	83	66	76	14
Únor	7	5	16	-6	26	-	80	61	45	10
Březen	7	7	19	-2	30	-	73	55	36	8
Duben	9	10	24	1	35	-	64	46	18	4
Květen	11	14	29	7	43	střední	55	41	22	3
Červen	13	18	34	11	44	velké	52	37	9	1
Červenec	13	21	37	15	44	velké	51	34	1	0
Srpen	12	21	37	14	44	velké	57	35	2	0
Září	11	18	33	12	42	střední	60	38	10	1
Říjen	9	14	28	6	41	střední	65	45	25	4
Listopad	7	10	22	-1	33	-	75	53	33	6
Prosinec	5	7	17	-3	24	-	82	63	68	11

**Tabulka 5:** Průměrné teplotní podmínky v Nicosii. [19]



**Obrázek 6:** Roční sluneční potenciál při optimálním sklonu FV modulů. [20]



## **3. Fotovoltaické elektrárny**

Uspokojovat energetickou spotřebu z obnovitelných energií lze kdekoliv, což je velká výhoda. Přirozená nabídka zdrojů obnovitelných energií je ovšem v každém regionu či zemi rozdílná. Rozdílné energetické požadavky lze tedy v různých zemích uspokojovat různým způsobem s větším či menším využitím obnovitelných zdrojů. Všechny tyto zdroje včetně fotovoltaických systémů a využívání slunečního záření tak představují velké možnosti. Energetické řetězce u fotovoltaických systémů jsou extrémně krátké, což zvyšuje technickou dostupnost. Přeměna slunečního záření v elektrickou energii je možná za všech geografických podmínek a s nejnižším stupněm distribučních ztrát ze všech možných způsobů výroby energie vůbec. Navíc při přeměně slunečního záření neunikají do ovzduší žádné emise a celý proces přeměny je velmi tichý.

### ***3. 1. Fotovoltaika***

Fotovoltaika je elektrotechnický obor zabývající se procesem přímé přeměny světla na elektrickou energii. Proces přeměny probíhá ve fotovoltaickém článku. Princip výroby energie ve fotovoltaickém článku lze vysvětlit jako aplikaci fotoelektrického jevu, při němž dopadem fotonů na polovodičový P-N přechod dochází k uvolňování a hromadění volných elektronů. Pokud je P-N přechod doplněn o dvě elektrody (anoda a katoda), můžeme již hovořit o fotovoltaickém článku, kterým může protékat elektrický proud. [21] Na tomto principu přímé přeměny slunečního záření na elektrickou energii je založena činnost FV elektráren.

### ***3. 2. Realizovatelnost fotovoltaické elektrárny***

Na základě určitých znalostí je možné zjistit, zda je vhodná výstavba fotovoltaické elektrárny, které místo je optimální pro její výstavbu, za jakých podmínek a v neposlední řadě i s jakým využitím.

K tomuto všemu je zapotřebí znát 3 základní údaje:

- a) Aktuální celkovou energetickou spotřebu
- b) Kapacitu energetické proměny jednotlivých technologií a jejich potřebu plochy a vhodného místa
- c) Intenzitu slunečního záření

Otázky realizovatelnosti se pak týkají pouze technických a organizačních problémů právě potřebného kombinovaného využívání různých zdrojů obnovitelných energií, podle konkrétní potřeby v dané lokalitě a podle výkonu a nákladů na technologie. Jde tedy o množství sluneční energie dopadající za rok na jeden  $m^2$ , celkovou spotřebu energie, průměrný roční výkon fotovoltaické elektrárny a potřebnou plochu pro fotovoltaické zařízení.

### **3. 3. Vhodné umístění elektrárny**

Ať už je použit jakýkoliv typ panelů, velmi důležité pro správný chod celé soustavy je její umístění. Mezi základní pravidla, pro volbu vhodného umístění patří především:

#### *a) Orientace soustavy*

Pro maximální využití dopadajícího slunečního záření je nejvhodnější orientovat panely na jih. Přesný jižní směr lépe odpovídá maximu slunečního svitu, ale při mírném stočení na západ lze mnohem lépe využít optimálních tepelných podmínek, kdy vzduch i zemská masa jsou nejvíce prohřáté teprve okolo 14. hodiny, kdy je poloha Slunce kolem  $170^\circ$ . Dochází zároveň i k nejmenším ztrátám z panelu do okolí a využívá se mnohem více i energie zapadajícího Slunce.

#### *b) Osvit Sluncem*

Protože cena energie ze Slunce je dána podílem nákladů k množství vyrobené energie, požaduje se co největší produktivita. Při jakémkoliv zastínění panelů, dochází ke snížení jejich výkonu. Proto je požadován pokud možno celodenní osvit sluncem. Toho lze nejlépe dosáhnout a využít v jižních státech.

#### *c) Sklon soustavy*

Správný úhel sklonu panelů má velký význam pro maximální využití dopadající sluneční energie. Ideální úhel sklonu nelze určit jednoznačně stejný pro všechny soustavy a všechna místa na Zemi. Optimální úhel sklonu pro danou soustavu se odvíjí od místa a také ročního období. Úhel sklonu se pohybuje mezi  $30^\circ$  až  $45^\circ$  v letním období a mezi  $60^\circ$  až  $90^\circ$  v zimním období. Pokud chceme provozovat soustavu celoročně, pohybuje se úhel sklonu ideálně okolo  $35^\circ$ , aby bylo dosaženo co největší výnosnosti i v zimním období. Samozřejmě se sklon opět odvíjí od toho, zda se jedná o elektrárnu ve střední Evropě, nebo jižní Evropě.

#### *d) Rozlehlost soustavy*

Proto, aby byla soustava co nejméně ztrátová, je snaha zmenšovat vzdálenosti mezi panely a rozvaděčem. Největší vzdálenost, při které ještě nedochází k nepřijatelným ztrátám je dána především použitým materiálem vedení a jeho tepelnou izolací.

### **3. 4. Části fotovoltaické elektrárny**

Kromě instalovaných modulů jsou také nedílnou součástí fotovoltaické elektrárny podpůrné a jistící prvky, měniče, transformátory (pro systémy vysokých výkonů), konstrukční prvky a kabeláž.

#### **3. 4. 1. Fotovoltaické články**

Fotovoltaické články, které jsou seskupené do fotovoltaických panelů různých velikostí a výkonů, jsou základem fotovoltaického systému. Nejvíce rozšířené fotovoltaické panely v současné době jsou křemíkové. Různým zpracováním křemíku lze vyrobit monokrystalické, polykrystalické a amorfni fotovoltaické články. V praxi se používají velmi často monokrystalické panely. Monokrystalické buňky mají na první pohled větší účinnost než polykrystalické, ale využití plochy modulu není vzhledem

k tvaru tak dokonalé - v konečném výsledku jsou oba typy modulů výkonově obdobné. Účinnost polykrystalických modulů je až 15 %. Účinnost monokrystalických modulů je až 17 %. Fotovoltaický panel je schopen vyrábět elektrickou energii i bez přímého slunečního svitu na základě difúzního záření. Je známo, že články o velikosti 10 x 10 cm jsou schopny vytvářet proud v rozmezí 3 až 6 A při napětí 0,5 V, čímž dosahují výkonu mezi 1,5 až 3 W. Ovšem velkým problémem mohou být rostoucí teploty. Při vzrůstu teploty článku nad 25 °C, dochází k poklesu napětí přibližně o 0,5 % na 1 °C.

### **3. 4. 2. Měnič**

Prostřednictvím fotovoltaických panelů je vyráběn stejnosměrný proud, který je potřeba přeměnit pro dodávku do distribuční sítě na proud střídavý, předepsaných parametrů (230 V / 400 V, 50 Hz) v měniči. Ten je řídicím centrem celého systému, který je schopen podávat informace o vyrobené energii a provozních stavech např. pomocí GSM nebo internetu. Měnič musí dodávat co nejvyšší výkon, což je zajištěno snížením tepelných ztrát a užitím zařízení pro sledování bodu maximálního výkonu (MPP), které změnou vstupního odporu zajišťuje optimální chod měniče. Fázování měniče (připojení energie z panelů do sítě) je plně automatizováno. Na dlouhou životnost měničů má mimo jiné vliv i speciální konstrukční řešení - chlazení přirozenou cirkulací vzduchu nebo za použití ventilátorů. Záruka měničů se pohybuje v rozmezí 5 - 20 let.

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 požadavků na vyrobenou elektřinu, zajistí odpojení elektrárny od sítě. Každý měnič dnes obsahuje jeden nebo více MPP (maximal power point) trackerů. Jde o funkci aktivního hledání optimálního pracovního bodu měniče a tím získání nejlepšího výkonu fotovoltaického panelu při daném ozáření. Čím lepší a propracovanější je algoritmus MPP trackeru tím bude samozřejmě i vyšší výnos fotovoltaického systému.

Maximální účinnost dnešních měničů se pohybuje kolem 96 %. Lepší účinnosti dosahují beztransformátorové měniče, které jsou vhodné zejména pro systémy nízkých výkonů. Měniče s transformátorem sice dosahují nižší účinnosti, ale naproti tomu poskytují kvalitnější výstup.

### **3. 4. 3. Nosná konstrukce**

Dalším důležitým prvkem, při navrhování a následné realizaci FV elektrárny je nosná konstrukce. Typ konstrukce závisí na tom, pro jak velkou elektrárnu má sloužit.

Protože velké elektrárny se nejčastěji provozují na rozlehlých plochách s různou intenzitou slunečního záření, používají se pevné nebo polohovatelné konstrukce. U takovýchto elektráren se používají pro pevné konstrukce ocelové pozinkované profily, které se spojují pevně se zemí závrtnými šrouby, pozinkovanými profily zatlačenými do země, nebo betonovými základy. Tyto konstrukce musejí být uchyceny pevně, protože je zapotřebí, aby byly schopny odolávat větším povětrnostním podmínkám a vnějším vlivům.

Další možností pro uchycení fotovoltaických panelů jsou polohovatelné konstrukce tzv. trackery. Tracker automaticky otáčí a naklání panely ke slunci podle jeho astronomické

dráhy a umožňuje tak maximální výtěžnost z fotovoltaického systému. Studie udávají hodnoty okolo 30 – 35 % nárůstu výtěžnosti oproti běžným pevným konstrukcím. Nevýhodou jsou zvýšené počáteční náklady, taktéž vlastní spotřeba energie při natažení, velká náchylnost k poruchám a tedy i nutná pravidelná údržba.



**Obrázek 7:** Upevnění modulů na polohovacích jednotkách. [25]

## 4. Připojování fotovoltaických elektráren

Fotovoltaické elektrárny lze připojit k distribuční síti dvěma způsoby. Každý z nich je něčím specifický a proto je zapotřebí již při navrhování elektrárny určit, o jaký způsob připojení půjde.

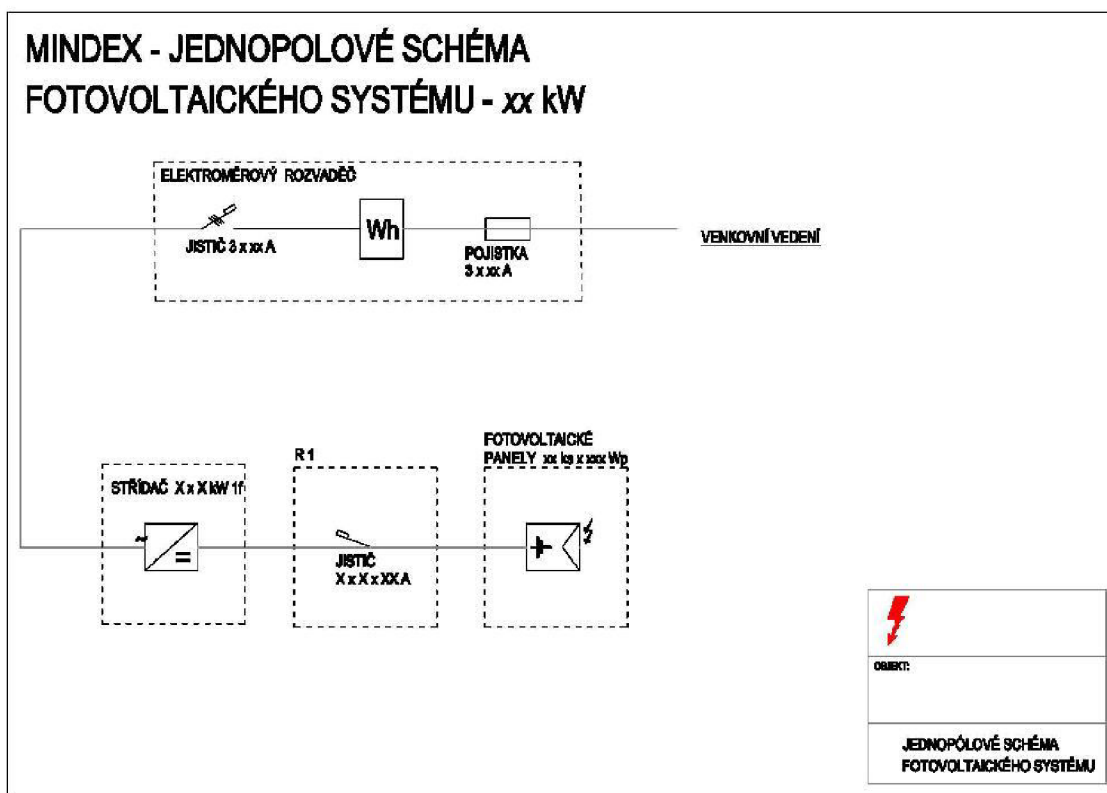
### 4.1. Způsoby připojení

#### 1) Připojení „Grid-on“

Toto připojení zahrnuje v podstatě tři způsoby, jakým jej lze uskutečnit:

- *Přímé připojení do sítě a prodej vyrobené energie provozovateli distribuční sítě (PDS)*

Při tomto způsobu připojení je veškerá vyrobená elektrická energie dodávána do distribuční sítě (DS) a je prodávána za tzv. "výkupní cenu".



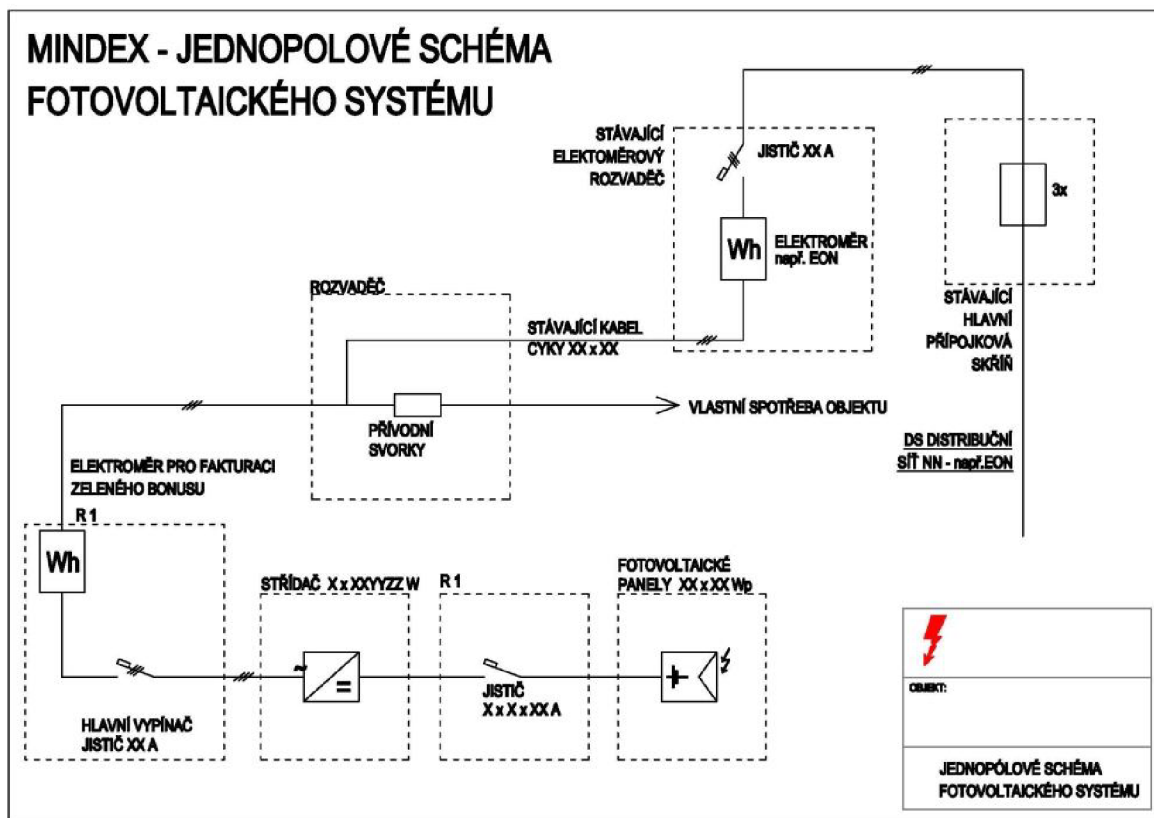
Obrázek 8: Připojení na rozvodnou soustavu [29].

- *Přímé připojení do sítě a prodej vyrobené energie obchodníkovi s elektrickou energií*

Tento způsob prodeje elektrické energie, bývá velmi málo využíván. Všechna vyrobená elektrická energie je dodávána obchodníkovi s elektřinou, který vykupuje produkci za sjednanou cenu. Další část ceny tzv. "Zelený bonus" je inkasován od distribuční společnosti.

## - Připojení do rozvodů v objektu

Při tomto způsobu připojení je velká většina produkce spotřebovávána přímo v objektu a případné přebytky jsou prodávány distribuční společnosti. Stejná distribuční společnost vyplácí i tzv. "Zelený bonus".



Obrázek 9: Připojení do rozvodů v objektu [29].

Pokud je výkon elektrárny vyšší než 4,6 kW<sub>p</sub>, je nutné provést připojení třífázově, tzn. musí být použit střídač s třífázovým výstupem. Při větších výkonech nad 200 kW<sub>p</sub> se zpravidla elektrárna připojuje přes trafostanici do vysokonapěťového vedení.

### 2) Připojení „Grid-off“ (tzv. Ostrovní systém)

Tohoto připojení se využívá v lokalitách, kde není možné připojení na síť, například v odlehlých oblastech. V tomto případě je všechna elektrická energie spotřebovávána v objektu a zpravidla ukládaná do akumulátorů. V tomto případě není možné využívat žádný ze způsobů podpory výkupu.

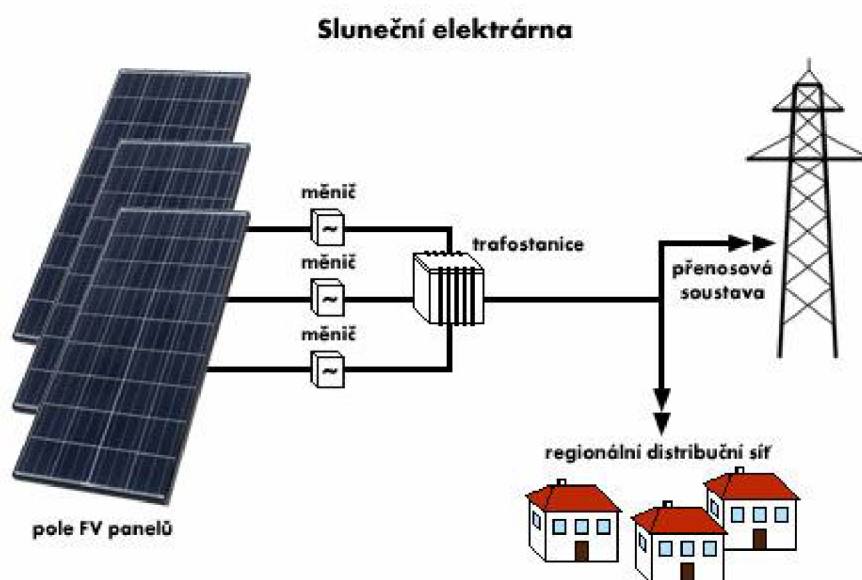
## 4. 2. Podmínky provozu paralelních zdrojů s DS

Cílem těchto podmínek je především zamezit výpadkům zdrojů při napěťových poklesech, reagovat na nárůst frekvence snížením dodávaného činného výkonu ještě předtím, než by došlo k jejich odpojení při nadfrekvenci. Tato opatření mají zajistit, aby nedošlo k ohrožení nebo poruše rovnováhy v systému. [32]

Aby nebyla rušena zařízení dalších odběratelů a provozovaná zařízení PDS, je potřeba omezit zpětné vlivy místních výroben. Pro posouzení se vychází ze zásad pro posuzování zpětných vlivů a jejich přípustných mezí. Dalším problémem bývají harmonické, které vznikají hlavně u zařízení se střídači nebo měniči frekvence. Harmonické proudy emitované těmito zařízeními musí udat výrobce (např. zprávou o zkoušce). Pokud je ve společném napájecím bodě připojeno několik zařízení, pak se určí harmonické proudy přípustné pro jednotlivá zařízení násobením poměru zdánlivého výkonu zařízení k celkovému plánovanému výkonu ve společném napájecím bodě. [32]

Před uvedením paralelního zdroje do provozu, musí výrobná podstoupit zkušební provoz, který je časově omezený a je povolen pouze za účelem uvedení výrobný do provozu na základě provedení všech potřebných zkoušek a měření. První paralelní připojení k síti je zapotřebí provést v přítomnosti zástupce PDS. Před připojením se provádí prohlídku zařízení, porovnání vybudovaného zařízení s projektovaným, kontrola přístupnosti a funkce spínacího místa v předávacím místě, kontrola provedení měřicího a účtovacího zařízení podle smluvních a technických požadavků. Zapotřebí je také odzkoušet funkčnost ochran buď za skutečných podmínek, nebo pomocí simulací. K ochranám se také vztahuje zkouška náběhu ochran a dodržení vypínacích časů. [32]

V případě, že všechna měření a zkoušky proběhly v pořádku, nebo nalezené závady byly náležitě odstraněny, vystaví PDS protokol o uvedení výrobný do provozu. Tento protokol bude sloužit jako podklad pro uzavření smlouvy o připojení zařízení k DS. Tím to ovšem zdaleka nekončí, protože zařízení pro paralelní provoz se sítí PDS musí výrobce stále udržovat ve výborném technickém stavu. Stejně tak spínače a ochrany musí být v pravidelných lhůtách přezkoušeny odborným pracovníkem. Veškeré výsledky měření a přezkoušení je potřeba dokumentovat. V případě potřeby může PDS požadovat přezkoušení ochran pro odpojení od sítě. Stejně tak může zadat změnu nastavení pro ochrany, pokud to vyžaduje provoz sítě. Při možném nebezpečí či poruše je PDS oprávněn k okamžitému odpojení výrobný od sítě. [32]



**Obrázek 10:** Ukázka fotovoltaické elektrárny. [33]

## 5. Solárně termální elektrárny

Mnoho technologií pro vytváření elektrické energie z tepla, potřebuje vysoké teploty k dosažení požadované účinnosti. Výstupní teploty u nesoustředných solárních kolektorů jsou limitovány teplotou pod 200 °C. Z toho důvodu se preferují soustředné systémy, jsou-li požadovány větší teploty, ale vzhledem k jejich vysoké ceně se využívají pouze pro malá prostranství a pro velké plochy se používají různé alternativy. Reflektory, které směřují sluneční světlo k ohniskovým liniím nebo bodům mají nejčastěji parabolický tvar. Takovéto reflektory musí být vždy naváděny. Navádění může být buď jedno osé, kdy naváděcí systémy koncentrují sluneční svit na absorbní trubici v ohniskové linii, nebo dvou osé, kdy naváděcí systémy koncentrují sluneční svit do relativně malého absorbního povrchu blízko ohniskového (fokálního) bodu. [36]

Kolektory využívané u solárně termálních systémů:

- *Nízko teplotní kolektory*
  - využívají nízké pracovní teploty (méně než 110 °C)
  - kovové či nekovové absorbery
  - například k ohřevu bazénů, vytápění, případně nahřívání vody [38]
- *Středně teplotní kolektory*
  - využívají střední pracovní teploty (vyšší než 110 °C, nejčastěji v rozmezí 140 °C až 180 °C)
  - zasklené ploché kolektory za pomoci vzduchu nebo kapaliny, která zprostředkovává přenos tepla, nebo koncentrátorové kolektory, které koncentrují teplo dopadajícího slunečního záření
  - především k ohřevu vody [38]
- *Vysoko teplotní kolektory*
  - využívají vysokých pracovních teplot (od 180 °C výše)
  - například parabolické kolektory
  - využívány u velkých elektráren, které dodávají vyrobenou elektrickou energii do elektrické sítě [38]

Základní rozdělení koncentrátorů:

- 2D lineární koncentrátor – mají tvar přímky (trubice)
- 3D bodové koncentrátor – sluneční záření je odraženo do určitého bodu v dané ploše

Optimální natáčení kolektorů:

Pro natáčení kolektorů se využívají dva základní systémy [39]

- 2D systémy - sledování změny výšky Slunce nad obzorem
  - v průběhu roku dojde několikrát k nastavení (natáčení v jedné ose)



- 3D systémy (natáčení ve dvou osách)
  - a) Aktivní - senzor polohy Slunce + motor
  - b) Pasivní - s využitím tepelné roztažnosti plynů
  - c) Časovací - pracuje s reálným časem a výpočtem polohy Slunce + motor

Pro úhlovou rychlost pohybu Slunce po obloze platí

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 7,27 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}, \quad (5.1)$$

kde  $f$  je frekvence a  $T$  perioda otáčivého pohybu. [39]

Na běžný solární modul bez koncentrace může přímé záření dopadat pod úhly  $0^\circ$  až téměř  $90^\circ$  od kolmice a stále je alespoň část záření včetně difuzního (rozptýleného) zachycena a využita. Při použití koncentrátoru se však rozsah úhlů, z nichž koncentrátor dokáže zachytit záření, snižuje úměrně tomu, jak roste koncentrace. [39]

Pro ideální koncentrátor platí vztah

$$\sin \theta_c = \frac{1}{C}, \quad (5.2)$$

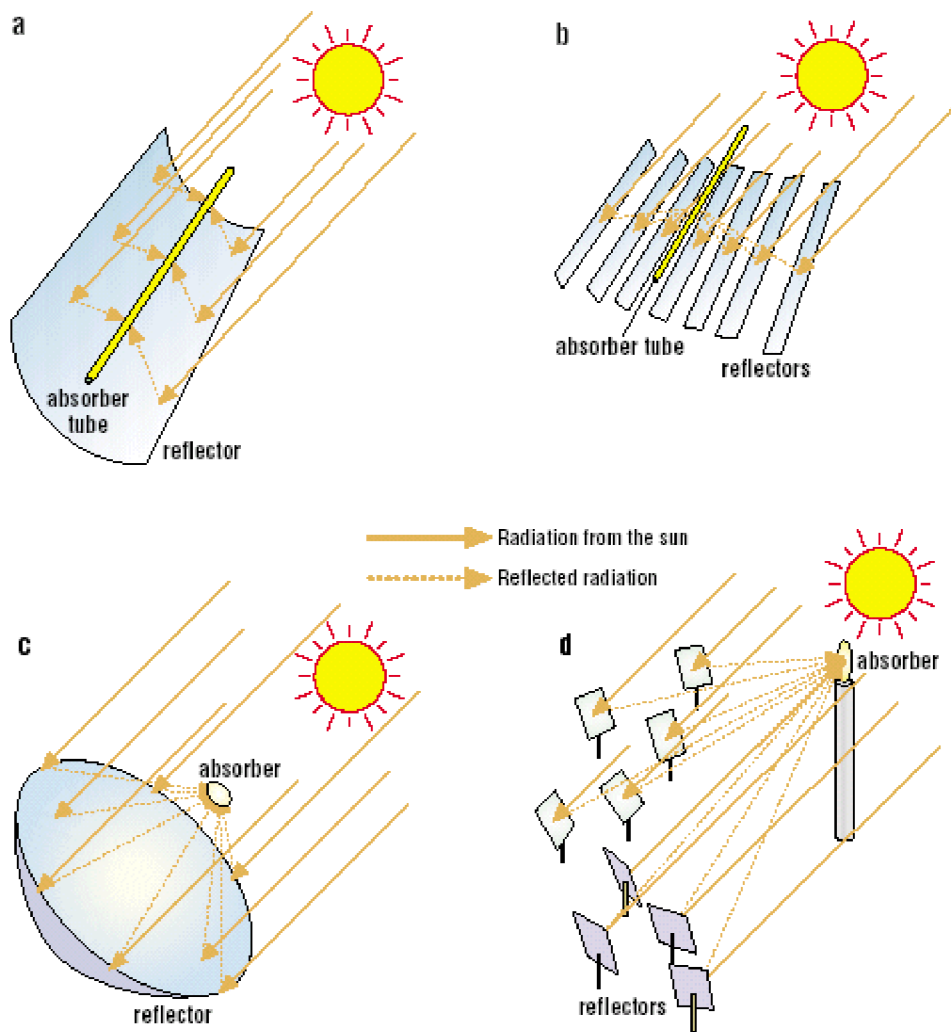
kde  $\theta_c$  je polovina úhlového rozsahu, z něhož je koncentrátor schopen zachytit záření,  $C$  je koncentrační faktor. Geometrický koncentrační faktor  $C$  je poměr plochy apertury (vstupní plocha nebo plocha odrážející vstupní světlo) ku ploše absorberu [39]:

$$C = \frac{A_a}{A_A} \quad (5.3)$$

Hodnoty koncentračního faktoru pro různé koncentrátory jsou následující [39]:

Žlabové (2D tracker)	$C < 80$
Fresnelovy	$C < 10$
Heliostaty (3C tracker)	$C < 2\,000$
Talířovité (3D tracker)	$C < 4\,600$

Pro vysoké koncentrace je nutné přesné sledování slunce. Pro polohovatelné moduly ve dvou osách je úhel  $\theta_c = 0$ , protože je zajištěn kolmý dopad slunečního záření. Koncentrátory se uplatní v místech s průměrnou energií dopadajícího záření větší než  $1\,800 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$  (zhruba pod  $40^\circ$  rovnoběžkou). [39]



**Obrázek 11:** Koncentrace slunečního svitu při využití a) parabolických žlabových kolektorů, b) lineárních Fresnelových kolektorů, c) centrálního přijímacího systému s talířovitým kolektorem a d) centrálního přijímacího systému s distribučními reflektory. [36]

Solárně termální elektrárny (STE) mohou mít několik provedení:

- 1) Parabolické žlabové elektrárny
- 2) Elektrárny s Fresnelovými kolektory
- 3) Solárně termální elektrárny s věží:
  - a) S otevřeným volumetrickým (objemovým) přijímačem
  - b) S tlakovým přijímačem
- 4) Talířovité Stirling systémy
- 5) Solární komínové elektrárny

## 5.1. Parabolické žlabové elektrárny

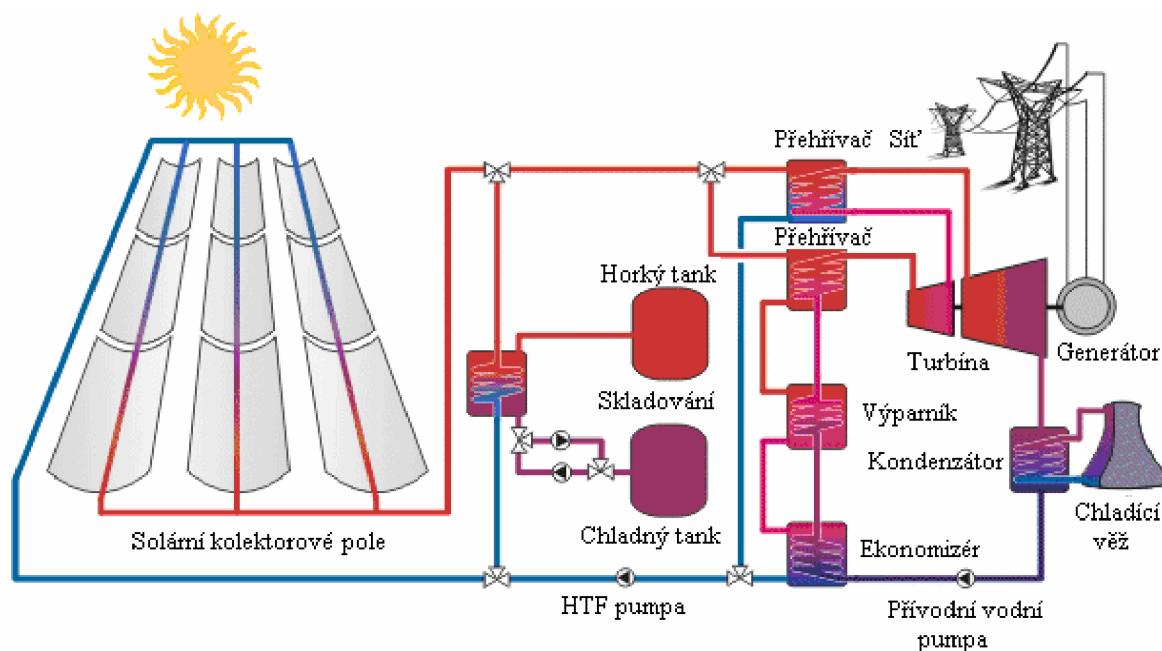
Jde o typ solárně termální technologie s řídicím systémem. Takováto elektrárna je např. instalovaná v Kalifornii. Parabolické žlabové kolektory se skládají z velkých zahnutých zrcadel, která koncentrují sluneční svit do ohniskové linie. Výstavba paralelních kolektorů se sestavuje do 300 – 600 m dlouhých kolektorových řad, přičemž jeden kolektor je 8 až 20 m dlouhý. Několik takovýchto paralelních řad tvoří solární kolektorové pole. Používá se jednoosé navádění kolektorů za sluncem. Kolektorová pole mohou být také uskupována z paralelních Fresnelových kolektorů, kde je v ohniskové linii kovová absorpční trubice, která je obvykle umístěna ve skleněné trubici, díky tomu jsou minimalizovány ztráty tepla. [36]

Absorpční trubice je potažena spektrálně selektivním materiálem, aby se docílilo maximálních absorpčních schopností a zároveň aby se minimalizovaly zpětné úniky tepla z materiálu. Uvnitř trubice se nachází kovová vrstva, která funguje jako absorpční prvek a dielektrická vrstva, tvořící optický prostor, který vytváří rušivé účinky pro zlepšení vstřebávání v určitém spektru.

Absorpční trubici mohou proudit různé kapaliny, nejčastěji se však jedná o termo olej, který je v trubici zahříván na teplotu okolo 400 °C (v ideálním případě 720 K). Celý proces závisí velmi výrazně na vlastnostech použitého oleje, především na jeho pracovní teplotě, a také na absorpčních vlastnostech použitého materiálu. Po zahřátí kapaliny převádí tepelný výměník toto teplo z oleje do vody. Přívodní vodní pumpa tlačí vodu pod určitý tlak. V konečné fázi ekonomizér, odpařovač a ohřivač vyprodukují ohřátou páru. Pára zaplní obě fáze turbíny (pro nízký a vysoký tlak). Mezi těmito dvěma částmi turbíny je přehříváč, který opět páru zahřeje. Turbína je řízena elektrickým generátorem, který přemění mechanickou energii na elektrickou. Kondenzátor, umístěný za turbínou, kondenzuje páru zpět na vodu, která celý cyklus zakončí v přívodní vodní pumpě.

Přebytečnou vyrobenou energii je také možno uskladnit. Při uskladňování se pracuje se dvěma tanky. Uskladňovací zařízení pro vysoké teploty (~ 380 °C) – teplé uskladnění, se provádí pomocí roztavené soli. Přebytek tepla v solárních kolektorech zahřívá roztavenou sůl, která je přiváděna z chladného tanku (~ 290 °C) do teplého. Pokud kolektory nemohou právě vyrábět z nedostatku tepla potřebnou páru pro turbínu (~ 375 °C), je roztavená sůl čerpána zpět z teplého tanku do studeného a tím se přenáší teplo zpět na tekutinu. [36]

Roztavená sůl je směs z 60 % dusičnanu sodného a ze 40 % dusičnanu draselného. Běžně se tato sloučenina nazývá ledek. Ze současných studií vyplývá, že do směsi solí by mohl být zařazen také dusičnan vápenatý, čímž by se docílilo snížení některých nákladů a vylepšení technologie.



**Obrázek 12:** Princip fungování žlabové STE s teplotním zásobníkem. [36]

Na celém světě probíhá spousta výzkumných programů, které se zaměřují na vylepšení nejen tohoto typu elektrárny. Jedním z nich je také varianta, kterou poprvé v roce 2010 odzkoušela jistá italská společnost. Jedná se solárně termální (ST) systém, který místo olejů, jakožto prvku pro přenos tepla, začala využívat roztavené soli ne jen pro skladování přebytečného tepla, ale také přímo pro přenos tepla namísto olejů. Tato varianta má své výhody i nevýhody. Patří zde především větší šetrnost k okolí oproti využívaným syntetickým olejům, nehořlavost, roztavené soli mohou pracovat při vyšších teplotách než oleje (až do 550 °C místo 400 °C), čímž se zvyšuje účinnost i výkon zařízení, navíc prodlužují i dobu provozu elektrárny až na 24 hodin denně i po dobu několika dní v případě, že je nedostatek slunečního svitu, deště, noc atd. Další výhodou je také jednodušší provedení elektrárny, protože není zapotřebí výměníku tepla, který zprostředkovává přenos tepla z oleje, navíc soli jsou i poměrně levnou záležitostí oproti syntetickým olejům. Ovšem velkým problémem u této metody je tendence solí při teplotách okolo 220 °C začít tuhnut. Což byl jeden z hlavních technických problémů, kvůli kterým se tato metoda nevyužívala už dříve. Bylo tedy zapotřebí vyřešit problémy týkající se větší absorpce, minimálních úniků tepla a maximální odražitosti žlabů, aby nedocházelo k velkým poklesům teplot a sůl neztuhla. Prozatím se tato metoda běžně nevyužívá, ale je pouze ve zkušební fázi na Sicílii. Jedná se o integraci této 5 MW elektrárny (plocha okolo 3 ha) v kombinovaném cyklu s plynovou elektrárnou. Náklady na takovou elektrárnu jsou ovšem prozatím obrovské, okolo 60 milionů eur, z důvodu např. kusové výroby vylepšených kolektorů atd.

Oproti fotovoltaickým systémům jsou solárně termální systémy mnohem účinnější, a to hned z několika důvodů. Jedním z nich je fakt, že STE pracují s mnohem vyššími teplotami než FVE. Stejně jako u FV i u ST systémů se účinnost odvíjí od kvality a samotné účinnosti panelů, v tomto případě žlabových kolektorů, dále také od vlastností teplotnosné kapaliny, od účinnosti parních cyklů atd. Účinnost kolektorů se odvíjí jak od použitého materiálu, tak od úhlu dopadu slunečního svitu a od teploty v absorbéru trubice. V některých případech může účinnost kolektorů dosahovat až 75 % přičemž ztráty jsou menší než 10 %. Účinnost parních cyklů se pohybuje okolo 35 - 41 %. Celková efektivní účinnost elektrárny se žlabovými kolektory je v rozmezí 11 - 14 %, u elektrárny s fresnelovými kolektory je

efektivní účinnost do 11 %. Podle již probíhajících projektů se budují takovéto elektrárny nejčastěji v rozmezí 50 až 300 MW se žlabovými kolektory a 15 až 200 MW s fresnelovými kolektory.

## **5. 2 Solárně termální elektrárny s věží**

Takováto elektrárna obsahuje okolo stovek až tisíců rozlehlých dvou ose naváděných zrcadel, která jsou instalována okolo věže. Tato rovinná zrcadla se také nazývají heliostatická. Řídící jednotka ovládá natáčení zrcadel za sluncem. Systém musí být velmi přesný ve směřování pro zachycení slunečního svitu, který je dále soustředěn na vrchol věže. Následně jsou v absorberu paprsky lokalizovány a tím prudce stoupne teplota až k 1 000 °C. Horký vzduch nebo roztavená sůl potom převádí teplo z absorberu na parní generátor, kde se ohřívá voda a vytváří se pára, která řídí turbínu a elektrický generátor. [36] Podle již probíhajících projektů se budují takovéto elektrárny nejčastěji v rozmezí 10 až 200 MW.

### **5. 2. 1. STE s otevřeným volumetrickým přijímačem**

Tato elektrárna využívá pro výrobu elektrické energie ne jen sluneční záření, ale také okolní vzduch. Transportní dmychadlo (ventilátor) vhání do přijímače okolní vzduch, který je následně zahřát odraženými slunečními paprsky. Přijímač je tvořen z drátěného pletiva (drátěná síťovina), keramiky či z kovového materiálu v plástovité struktuře. Okolní vzduch je vhnán právě do této oblasti a následně ohřívám na teplotu 650 °C až 850 °C. Přední strana přijímače je ochlazována přiváděným okolním vzduchem. Z toho důvodu jsou u volumetrického přijímače nejvyšší teploty uvnitř materiálu, ze kterého je přijímač vyroben. [36] Díky tomu, že nejvyšší teploty jsou uvnitř materiálu a jeho venkovní část je ochlazována, snižují se i tepelné ztráty z povrchu materiálu. Teplý vzduch putuje dále k ohříváči, kde následně dochází ke vzniku páry, která pohání turbíny a pomocí generátoru je následně přeměňována tato mechanická energie na energii elektrickou. Stejně jako u žlabových kolektorů je celý cyklus zakončen kondenzováním páry pomocí kondenzátoru zpět na vodu, která putuje k přivodní vodní pumpě.

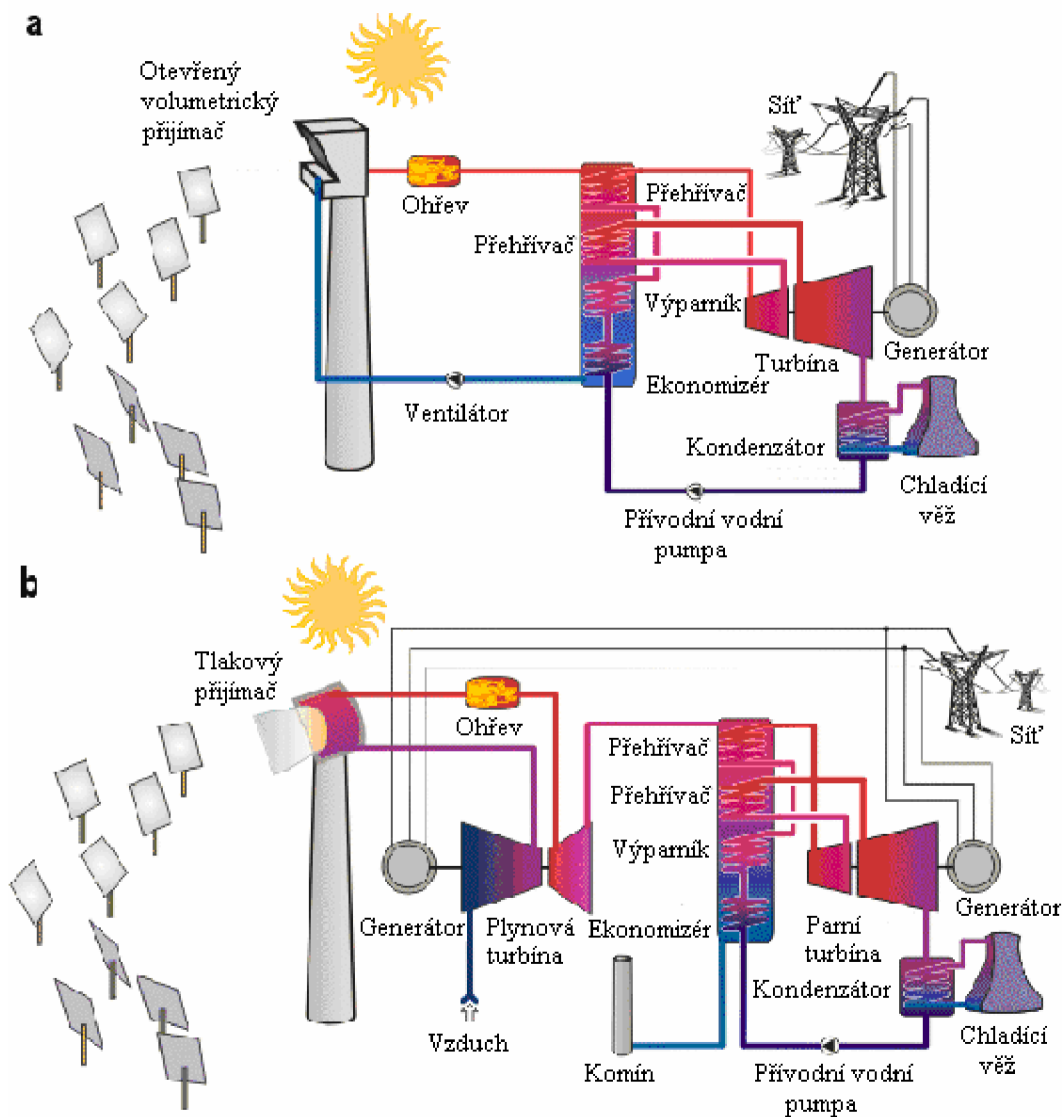
Účinnost u tohoto typu STE je oproti elektrárně s využitím žlabových kolektorů poněkud vyšší z jednoho hlavního důvodu. I přesto, že oba typy elektráren pracují s odraženými slunečními paprsky, tak u žlabových kolektorů je absorber mnohem rozlehlejší, ale u věže jsou veškeré odražené paprsky situovány do jednoho jediného místa, čímž se docílí i vyšší teploty v absorberu, a tedy i vyšší účinnosti. Tepelná účinnost se pohybuje okolo 98 %. Účinnost věže s volumetrickým přijímačem je okolo 35 %. Efektivní účinnost elektrárny je 16 – 17 %.

### **5. 2. 2. STE s tlakovým přijímačem**

I tento typ věžové elektrárny pracuje s okolním vzduchem, který je pomocí kompresoru stlačen při tlaku 15 barů. Přijímač je v tomto případě umístěn v transparentní skleněné kouli, která odděluje absorber od okolního prostředí. Stlačený vzduch uvnitř přijímače je pomocí odražených paprsků zahříván na teplotu až 1 100 °C. Tento horký vzduch pohání plynovou turbínu, která je propojena s kompresorem a generátorem. Pomocí generátoru je vyráběna elektřina a přebytečné teplo z plynové turbíny putuje k ohříváči.

Stejně jako u předchozích variant je pomocí parní turbíny a generátoru vyráběna elektrická energie.

Oproti předchodímu věžovému systému, se u této elektrárny využívá dvou turbín (plynové a parní), čímž se docílí i mnohem větších výkonů a účinnosti systému. Pokud by elektrárna pracovala pouze s parní turbínou, byla by výsledná účinnost velmi podobná jako u elektrárny s volumetrickým přijímačem, ale při využití obou turbín dosahuje elektrárna účinnosti větší než 50 %. Elektrárna pracující pouze s parní turbínou se liší v tom, že je založena na principu stlačování vody a nikoliv vzduchu při tlaku 0,02 až 100 barů. Všechny ostatní pochody jsou shodné jako u předchozí varianty.



**Obrázek 13:** Schéma obou typů solárně termální elektrárny s věží a) otevřený volumetrický přijímač s parní turbínou, b) tlakový přijímač s kombinací plynové a parní turbíny. [36]

### 5. 3. *Parabolické Stirling systémy*

Tyto systémy mohou být využívány pro generování elektrické energie v řádech kW. Parabolické konkávní zrcadlo (tzv. talíř) koncentruje sluneční svit. Průměr koncentrátoru se pohybuje kolem 8,5 m pro 10 kW systémy. Koncentrátory se vyrábí ze sklolaminátu a jsou vyztuženy epoxidovou pryskyřicí. Tato tenká skleněná zrcadla mají odrazivost 94 %. Dvou osé natáčení zrcadla za sluncem, musí fungovat s velkým stupněm přesnosti pro dosažení požadované účinnosti. V ohnisku systému je umístěn přijímač, který je zahříván přibližně na teplotu 650 °C. Absorbovaným teplem je poháněn Stirlingův motor, který přeměňuje teplo na mechanickou energii. Tato energie následně pohání generátor, který ji přemění na energii elektrickou. Není-li dostatek slunečního svitu k dispozici, může se využít i kombinované výroby pomocí spalování fosilních či bio paliv, která následně pohánějí Stirlingův motor a dochází k výrobě elektrické energie. [36]

Účinnost stirlingova motoru je 30 – 35 % a efektivní účinnost celého tohoto systému se pohybuje okolo 15 - 25 %. Bohužel tyto elektrárny jsou v dnešní době využívány převážně jen v testovacím provozu. Navíc se dá předpokládat, že tento typ STE bude více využíván spíše až postupem času v době, kdy se tyto systémy budou vyrábět v rámci sériové výroby. Nyní je ale cena těchto systémů oproti ostatním variantám STE prozatím velmi vysoká. Podle již probíhajících projektů se budují takovéto elektrárny nejčastěji v rozmezí 10 až 25 kW na jednotku.



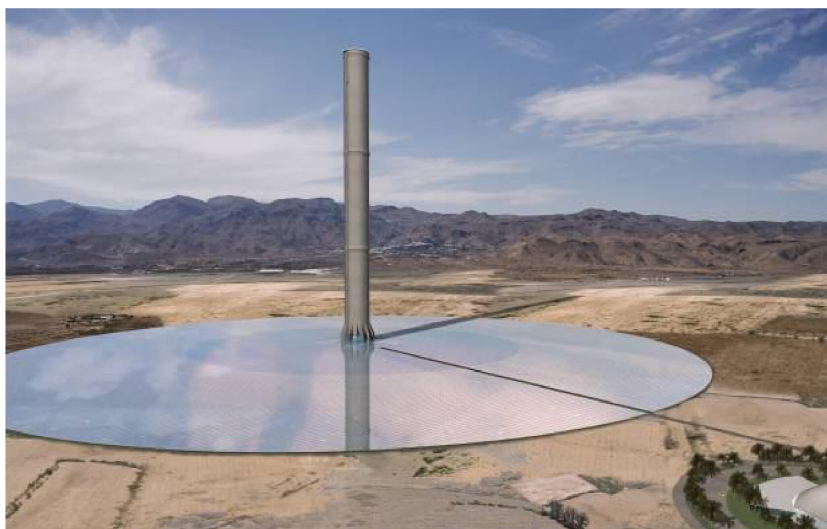
**Obrázek 14:** Prototyp talířového Stirling systému ve Španělsku. [36]

### 5. 4. *Solární komínové elektrárny*

Všechny 3 typy výše zmíněných typů STE využívají pro výrobu přímého slunečního záření, kdežto komínová elektrárna využívá nejen přímé, ale i odražené sluneční záření. Hlavní částí elektrárny je komín, který dosahuje výšky okolo 1 000 m. Komín je dokola obklopen rozlehlou kolektorovou „střechou“, která má 130 m a více v průměru. Tyto kolektory jsou vyrobeny ze skla nebo odolných plastů, které jsou podepřeny konstrukcí. Směrem ke středu plochy se střecha zakřivuje nahoru pro připojení ke komínu. [36]

Slunce zahřívá zemský povrch a také vzduch pod kolektorovou střechou. Zahřátý vzduch stoupá vzhůru do komína, kde proudí velkou rychlostí a tím pohání větrný generátor

ve spodní části komína. Zem pod kolektorovou střechou se chová jako skladovací zařízení a dokonce dokáže zahřívát vzduch po určitou dobu i po západu slunce. Prostor pod kolektorovou střechou se dá zároveň využít pro zemědělské účely např. jako skleník. [36] Tento typ elektrárny je prozatím ve vývojové a testovací fázi.



**Obrázek 15:** Ukázka solární komínové elektrárny. [36]

### 5. 5. Porovnání parametrů jednotlivých STE

	Parabolické žlaby	Parabolické žlaby	Fresnovy linie	Věže	Věže	Parabolické Stirling
<b>Skladování</b>	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano	Ve vývoji
<b>Příklad rozlohy a skladování</b>	50 MW	50 MW	30 MW	50 MW	17 MW	50 MW
	500 m <sup>2</sup>	554 m <sup>2</sup>	110 m <sup>2</sup>	480 m <sup>2</sup>	307 m <sup>2</sup>	172 m <sup>2</sup>
	7,5 h	12 h	0 h	5 h	15 h	0 h
<b>Pracovní kapalina</b>	Syntetický olej	Roztavená sůl	Nasycené páry	Přehřátá pára	Roztavená sůl	---
<b>Pracovní teplota</b>	~ 400 °C	~ 550 °C	~ 390 °C	~ 650 °C	~ 900 °C	~ 650 °C
<b>Výkon</b>	50 - 300 MW	---	15 - 200 MW	10 - 200 MW	---	10 -25 kW na jednotku
<b>Špičková účinnost</b>	20%	22%	18%	23%	26%	30%
<b>Efektivní účinnost</b>	14 %	16 %	11%	17 %	20 %	25 %
<b>Provoz</b>	V provozu	Vývoj a testování	V provozu	V provozu	Vývoj a testování	V provozu, testování

**Tabulka 6:** Parametry jednotlivých typů STE. [40] [42] [43] [44] [45]



## **6. STE ve spojení s odsolovací stanicí**

Neustále dochází k velkému rozvoji technologií a to i v oblasti solárně termálních elektráren. Spousta elektráren, které vyrábějí elektrickou energii z obnovitelných zdrojů, je možné využívat v samostatném provozu, nebo také v různých kombinacích běžné výroby energie a energie z OZE. Případně také propojovat výroby z OZE navzájem. Důvodem může být například omezená výroba energie u OZE pouze po dobu, kdy je dostupný zdroj energie, nebo možnost kombinace různých technologií jak pro výrobu energie tak i pro výrobu například tepla či chladu, čímž je mnohem lépe využít potenciál zdroje energie (kogenerace/trigenerace). Jedním z hlavních problémů ve spoustě především jižně položených zemí je kromě stoupající poptávky po energii i nedostatek pitné vody. Na planetě neustále dochází ke globálním změnám, k nárůstu populace oproti dřívějším rokům, a také k neustálému rozvoji průmyslu. Lidé zvyšují své nároky na každodenní potřeby i na výrobu a tím vším vznikají velmi závažné problémy spojené právě s nedostatkem pitné vody. Samozřejmě je možné, kromě vybudovaných přehrad, podzemních vod a přírodních řečišť využít i různé čističky použité vody. Ale vezmeme-li v úvahu, že velkou část planety tvoří právě mořská voda, je na místě využívat i tento zdroj.

Slanou mořskou vodu je možné poměrně bez problémů odsolovat, pomocí odsolovacích stanic, jejichž budování po celém světě velmi rychle narůstá především ve spojení s běžnou elektrárnou, kde se pro odsolování využívá odpadní teplo. Ovšem stejně jako nároky na vodu rostou i nároky na spotřebu elektrické energie. Zároveň se současná populace velmi začíná zaměřovat na ekologické dopady své činnosti, a proto i nároky na budování různých zařízení jsou požadovány v ekologickém duchu. V současné době se budují například odsolovací solární stanice, které ale pouze slouží k získávání pitné vody. Proto se zdá být velmi výhodné využít tento systém tak, aby bylo možno jak vyrábět energii a dodávat ji do sítě, tak i získávat pitnou vodu. Jednou z možností jak tohoto záměru docílit je propojení STE s odsolovacím zařízením.

### ***6. 1. Metody odsolování***

Samotné odsolování mořské vody může probíhat za pomoci různých pochodů, a tedy i různých metod získávání pitné vody. Základním cílem při odsolování mořské či braktické (poloslané) vody je výrazné snížení množství solí ve vodě. V běžné pitné vodě je obsah soli maximálně 0,5 g/l. Z toho plyne, že obsah solí je zapotřebí snížit o 75 až 99 % podle toho, jaká byla původní koncentrace odsolované vody. Průměrná slanost vody v oceánech je okolo 3,5 %, což odpovídá přibližně 35 g/l. Solnou složku tvoří převážně chlorid sodný.

Oceány	Obsah solí [%]	Moře ve vnitrozemí	Obsah solí [%]
Atlantský	3,54	Kaspické	1,30
Indický	3,48	Mrtvé	27,00
Pacifik	3,45		
Baltské moře	0,80		
Severní moře	3,20		
Středozevní moře	3,74		
Černé moře	1,75		
Perský záliv	4,00		
Rudé moře	4,00		

**Tabulka 7:** Ukázka obsahu solí v mořských vodách. [46]

Podle různých studií Světového fondu na ochranu přírody má odsolování i negativní vlastnosti. Metody získávání pitné vody z mořské jsou jak finančně tak i energeticky náročné, ale tyto nároky klesají při kombinovaném provozu například při využití odpadního tepla z tepelných elektráren.

Vyprodukovaná voda při odsolování je na výstupu zbavena krom solí i minerálů, které ji dělají chutnou a přínosnou pro organismus. Tento problém se řeší dodatečným obohacováním minerály a chlóráním (proti kažení vody při delším stání). Neobohacená voda se využívá v zemědělství pro zavlažování. Ale i pro tyto účely je nezbytný přísun živin rostlinám právě prostřednictvím vody. Proto se do takovéto vody dodává vápenec či kyselina sírová. Zároveň odsolená voda obsahuje určité množství bóru, který rostlinám ve větším množství škodí. Pro odsolování mořské vody se využívá dvou základních metod – tepelné odolování a membránové odsolování.

### 6. 1. 1. Tepelná odsolování

Všechny tyto metody jsou založené na odpařování vody a její následné kondenzaci. Pro odsolování se tedy využívají tyto metody [46]:

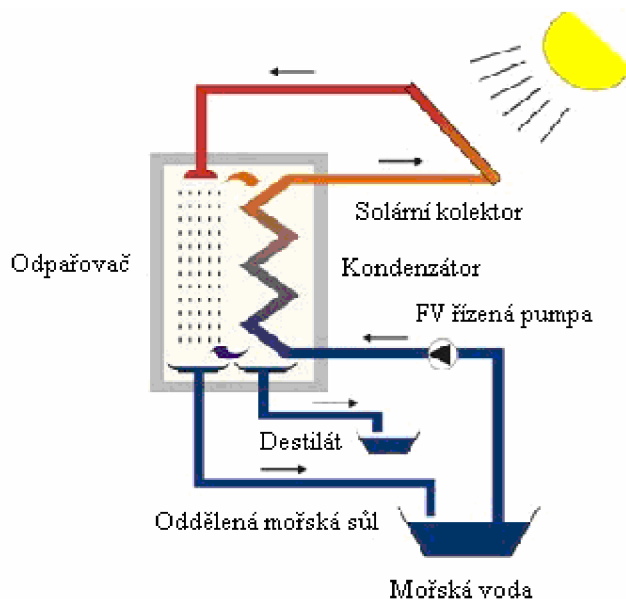
- MEH (více účelové zvlhčování) - 1 m<sup>3</sup>, 5 m<sup>3</sup>, 10 m<sup>3</sup> čisté vody za den
- MED (více účelová destilace) - až 68 000 m<sup>3</sup> /d
- MES (více účelové solární odsolování) - 45 m<sup>3</sup> až 100 000 m<sup>3</sup> /d
- MSF (více stupňové propojení) - 150 milionů m<sup>3</sup> čisté vody za rok

#### Více účelové zvlhčování (MEH)

Jedná se o proces, založený na vypařování mořské vody v řadě vyhřívaných vakuových komorách a následná přeměna na vodní páry, které stoupají vzhůru. Pomocí odpařování se oddělují všechny látky i případné nečistoty od samotné vody. Za pomoci kondenzace páry následně dostáváme velmi čistou vodu. Tato voda ovšem není příliš chutná, protože veškeré látky, a to i minerální, se při procesu vypařování oddělili společně se solí. Proto se tato voda následně ještě obohacuje o minerální látky, okysličuje a přidává se chlór.

Všechny části, které přijdou se slanou vodou do styku, musí být z nerezového materiálu, aby odolávaly korozi. Kondenzátor a výparník jsou vyrobeny z polypropylénu a ostatní části, pomocí kterých je voda přiváděna a dostane se přímo s ní do styku, jsou vyráběny z nerezové oceli. Pro vypařování se využívá teplota okolo 85 °C. U této metody není zapotřebí žádné předzpracování vody. Množství vyprodukované čisté vody na plochu 140 m<sup>2</sup> odpovídá 5 m<sup>3</sup>/den. (př. Jeddah v Saudské Arábii).

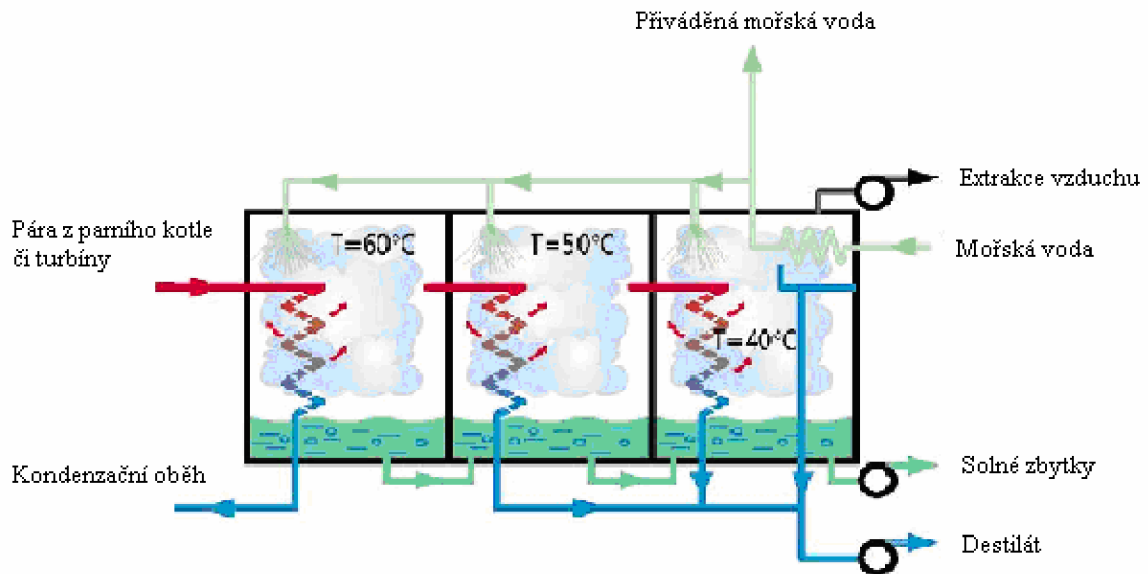
Metoda se také užívá ve spojení s fotovoltaickými panely pro účely odsolování. Tyto systémy můžeme považovat za poměrně malé, za den jsou schopny vyprodukovat 120 až 3 500 litrů vody.



**Obrázek 16:** Ukázka MEH odsolování ve spojení s FV články. [47]

### Více účelová destilace (MED)

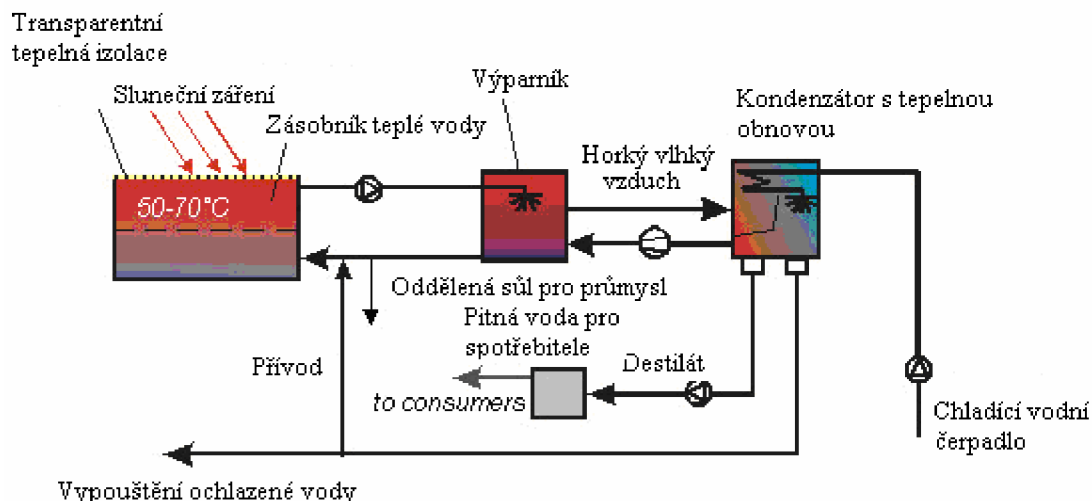
Celý proces destilace slané vody probíhá ve výparníku, který se skládá z několika po sobě jdoucích buněk. U této metody se využívá principů vypařování a kondenzace při sníženém okolním tlaku. Ve všech buňkách je stále udržován konstantní tlak a teplota. Od první (horké,  $T < 70$  °C) buňky až po tu poslední (chladnou) dochází k postupujícímu snižování tlaku a teploty v jednotlivých výparnících a při tomto procesu zařízení produkuje vodu. Při poklesu tlaku dochází i ke snížení teploty a voda přichází k varu. Následně dochází ke vzniku vodních par v první buňce, které mohou být využity jako topné médium pro další činnosti. Čím více buněk v systému, tím je také potřebný větší výkon. Podle toho, jak jsou trubkové výměníky tepla uspořádány v jednotkách, rozdělují se na horizontální, vertikální či svazkové horizontální a vertikální trubice. Teplo, uvolněné při kondenzaci zahřívá mořskou vodu mimo trubici, která byla nejprve na tuto trubici rozprašena a dochází k jejímu částečnému vypařování a následné kondenzaci par z mořské vody. Při proudění zkondenzované vody dolů svazkem, dochází k odevzdání slané složky na dno buňky. Tento cyklus se opakuje i v ostatních buňkách až do poslední. Solná složka i destilát jsou pak na výstupu extrahovány čerpadlem. Zbylé teplo z poslední buňky může být využito k rekuperaci pro opětovné zahřívání první buňky. Tato metoda může být v provedení s parní turbínou nebo i bez ní. Metoda se v poslední době začíná využívat ve spojení se solárně termálními systémy.



**Obrázek 17:** Základní princip funkce MED. [48]

#### Více účelové solární odsolování (MES)

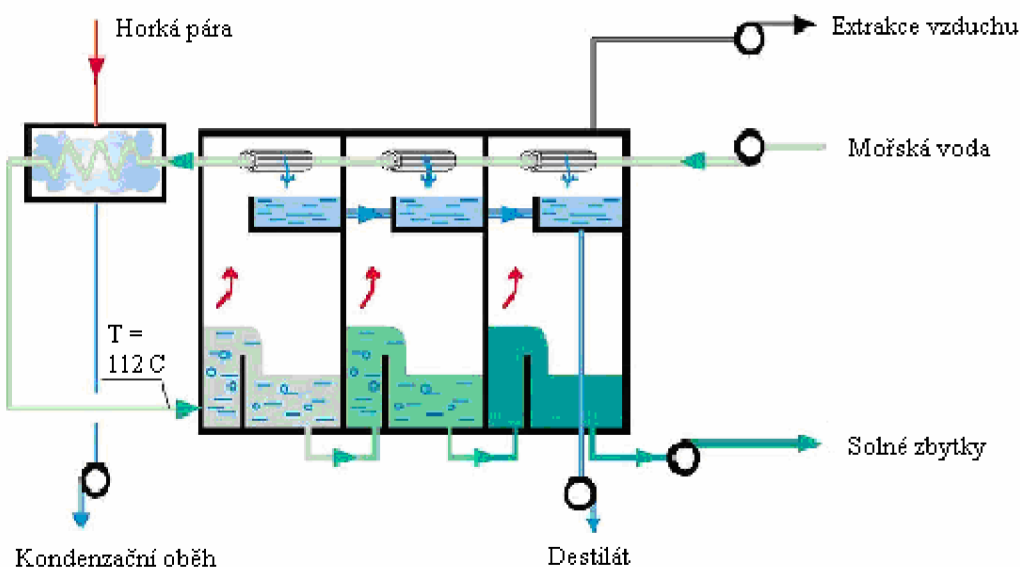
Pomocí této metody je možné vyprodukovat každý den  $45 \text{ m}^3$  až  $100\,000 \text{ m}^3$  čisté vody. Metoda je založena na sběru sluneční energie, pomocí níž je zahřívána slaná voda, případně odpadní voda s vysokým obsahem soli, která je umístěna v nádržích zásobníku teplé vody (HWS). Každá z nádrží je zakrytá plastovou fólií. Na povrchu vodní hladiny je transparentní tepelně izolační kryt (TWD). Sluneční paprsky prostoupí transparentním krytem a zahřívají vodu v nádrži na teplotu 50 až  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ , což může trvat dva až šest týdnů v závislosti na množství vody a sluneční intenzitě. Po zahřátí putuje horká voda do výparníku, kde se část vody přemění na páru, která je absorbována cirkulujícím vzduchem. Mezi tím se zbytek teplé vody ochlazuje a odčerpává se zpět do zásobníku. Voda je rozprašována směrem dolů zatímco proti ní stoupá v protisměru vzduch. Nasycený vzduch opouští výparník a vstupuje do kondenzátoru. Zde dochází k přeměně páry obsažené ve vlhkém vzduchu na destilát, tedy na čistou vodu. Přesun vlhkého vzduchu je zajištěn pomocí ventilátorů, které udržují uzavřený cirkulační systém. Odpadní solný roztok v zásobníku může být ještě dále přečerpáván nebo je přeměněn na sůl. Stejně jako u ostatních způsobů odsolování se většinou provádí následné obohacení pitné vody o minerální látky pro její chutnost. Průměrná kapacita zařízení je  $500 \text{ m}^3 / \text{den}$ , slanost čisté vody se pohybuje maximálně do 150 ppm, teplota čisté vody je v rozmezí od  $15$  do  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , účinnost dosahuje 71 %, potřebná plocha pro takovéto množství vody je okolo 2,5 ha a elektrický příkon činí 54 kW ( $2,6 \text{ kWh/m}^3$ ) [46]



**Obrázek 18:** Ukázka MES odsolování [46]

### Více stupňové propojení (MSF)

Destilace slané vody se provádí přes několik komor. Postupně se v každé fázi procesu snižuje tlak. Přivedená voda je nejprve zahřátá při vysokém tlaku a je vedena do první komory, kde je tlak odpuštěn. Tato změna tlaku přiměje vodu k varu a k velmi rychlému odpaření. Část páry dále postupuje do dalších komor, kde je nižší tlak, než v předchozí komoře. Opět zde dochází k rychlému odpařování a k následné kondenzaci na výměňkovém potrubí, které se nachází v každé komoře. Tato potrubí jsou chlazena vstupní přičerpávanou vodou, která má chladnější teplotu. Na výstupu soustavy dostáváme čistou vodu. MSF se využívá například ve spojení s tepelnou elektrárnou. Tato metoda využívá větších teplot i tlaků než MED.



**Obrázek 19:** Princip funkce MSF. [49]

## 6. 1. 2. Membránové odsolování

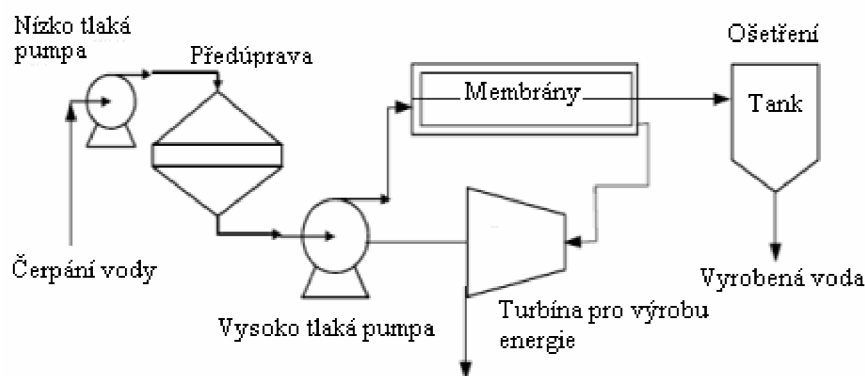
Mezi membránové procesy patří spousta metod založených na rozdělování určité látky (kapaliny, plyny) při využití rozdílných tlaků. Pro průmyslové využití existuje několik metod. Jedná se především o ultrafiltraci, mikrofiltraci, nanofiltraci, reverzní osmózu (hyperfiltrace), dialýzu, elektrodialýzu, permeace plynů a pervaporace. Pro účely odsolování mořské vody se využívá reverzní osmóza (oddělení částic  $< 1 \text{ nm}$ ) a pro odsolování braktické (poloslané) vody případně k předběžnému zahušťování při výrobě soli z mořské vody se využívá elektrodialýza. Skutečnost, že se každá metoda hodí na jiné účely je dána velikostí pórů v membráně, které propouští na jejich druhou stranu pouze určité částice.

### Reverzní osmóza (RO)

Částice menší než  $1 \text{ nm}$  se oddělují při reverzní osmóze. Jestliže se oddělí dva různě koncentrované roztoky membránou, která propouští rozpouštědlo, ale je téměř neprostupná pro rozpuštěnou látku, nastává difuze rozpouštědla do koncentrovanějšího roztoku, neboť tam je aktivita rozpouštědla menší. Tato difuze rozpouštědla se nazývá osmóza. Existuje v rostlinných a živočišných buňkách. Zvyšováním tlaku nad koncentrovanějším roztokem se tok rozpouštědla zpomaluje až se zastaví a při dalším zvýšení tlaku rozpouštědlo difunduje opačným směrem než při osmóze. Tento jev se nazývá *reverzní osmóza*. Hlavní předností tohoto postupu je to, že se dělení provádí za atmosférické teploty bez změny skupenství, která by spotřebovala velké množství energie. Při dělení se energie spotřebovává na zvýšení tlaku suroviny a dá se částečně regenerovat, využije-li se turbíny. Termodynamická účinnost procesu je tedy poměrně vysoká. [50]

Tato metoda se uplatňuje při odsolování mořské, poloslané vody a při úpravě odpadních vod v chemickém, potravinářském a papírenském průmyslu. Používaný rozdíl tlaků dosahuje až  $10 \text{ MPa}$ . Běžně se používá modulů s dutými vlákny, vinutých a deskových modulů. [50] Reverzní osmóza patří mezi nejvyužívanější metody odsolování mořské vody. Tato metoda dokáže odstranit  $99,9 \%$  všech virů, bakterií a pyrogenů. V současné době se jedná o jednu z nejpoužívanějších metod odsolování mořské vody společně s MED technologií.

Pomocí metody reverzní osmózy je produkce čisté vody  $4,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{den}$  s  $50 \%$  účinností při tlakovém rozdílu  $65 \text{ barů}$ . Optimálního destilačního procesu by mělo být dosaženo při  $73 \text{ kWh/m}^3$ . Současná RO pracuje přibližně s  $6,7 \text{ kWh/m}^3$ . [51]



**Obrázek 20:** Ukázka principu RO. [47]

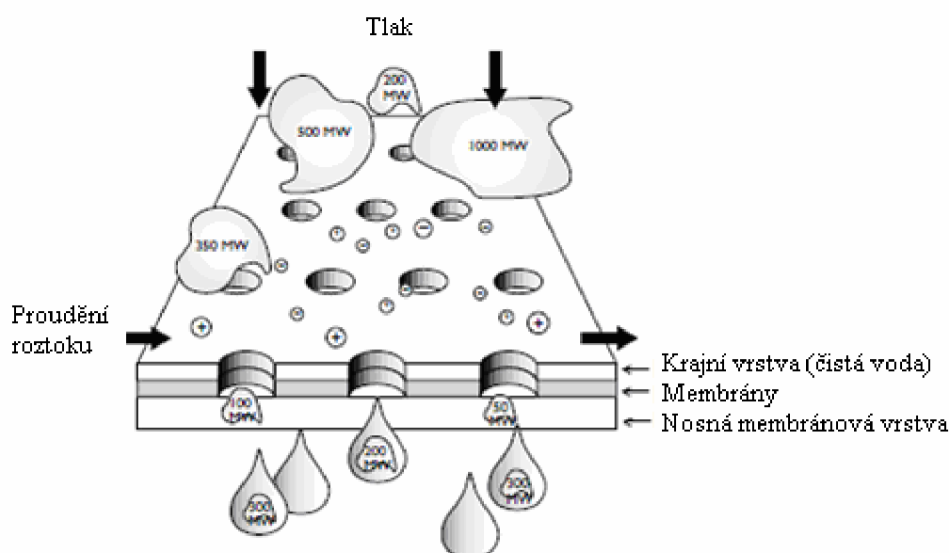
## Typy membránových modulů pro RO

Aparáty, v nichž se provádějí membránové procesy, se skládají z membránových modulů, tj. stavebních elementů obsahujících vhodné uspořádání membrán pro daný proces. [50]

Požadavky na modul jsou zejména:

1. Velký povrch membrány na jednotkový objem modulu
2. Levná výroba
3. Snadný přístup při čištění
4. Snadná výměna membrány
5. Žádná místa v modulu, v kterých se tekutina neobnovuje (neúčinný prostor) [50]

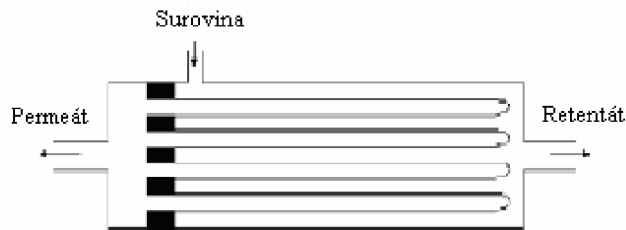
Využívá se zhruba pět základních typů modulů, které se liší uspořádáním proudění v modulu, tvarem membrány, průměrem průchodů (potrubí), umístěním membrány na vnitřní či vnější straně potrubí. Mezi hlavní typy modulů patří trubkové, kapilární, s dutými vlákny, deskové a vinuté. Pro účely reverzní osmózy se využívají s dutými vlákny, deskové a vinuté, jak již bylo zmíněno. K činnosti membránových modulů v zařízení pro membránovou separaci jsou třeba zásobníky případně i výměníky tepla. [50]



**Obrázek 21:** Princip reverzní osmózy. [52]

### *Modul s dutými vlákny*

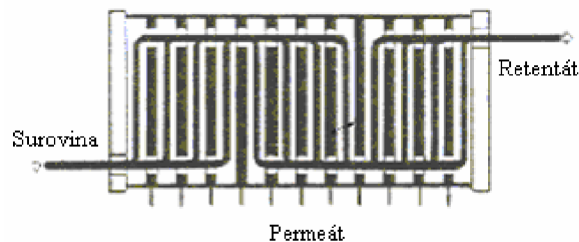
Vlákna jsou kapiláry z plastického materiálu a v modulu jsou obvykle uložena ve tvaru vlasečnice. Mají vnitřní průměr 0,01 mm až 0,04 mm a membrána pokrývá jejich vnější povrch. Přetlak je tedy vně vláken a může dosáhnout až 8 MPa. Trubka pro přívod suroviny má uzavřený konec a její část, která je v prostoru s dutými vlákny, je porézní. Surovina proniká póry stěny trubky do prostoru mezi vlákny. Permeát prochází membránou a stěnou dovnitř dutých vláken a vytéká z jejich konců a z modulu vystupuje potrubím. Retentát odchází z prostoru mezi vlákny na druhém konci modulu a vystupuje z něj potrubím. Problém mohou činit potíže s čištěním vláken. Naproti tomu je modul bezpečný s ohledem na snížení kvality produktu vadnou membránou. Při narušení stěny se přetlakem vlákno uzavře. [50]



**Obrázek 22:** Modul s dutými vlákny. [50]

### Deskový modul

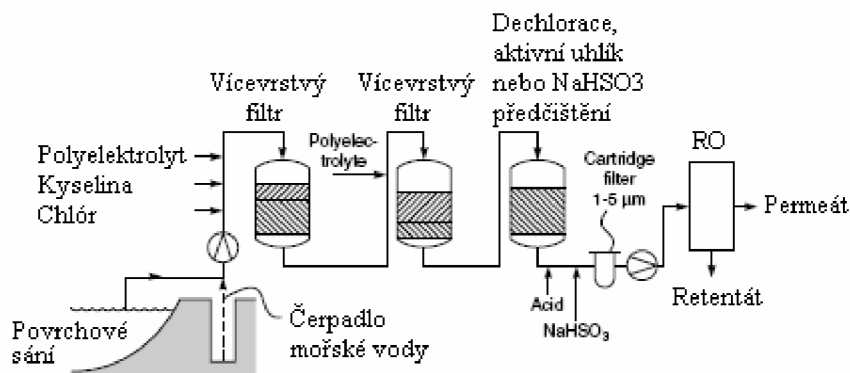
Jedná se o modul, v němž je proudění suroviny kolmé ke směru průchodu membránou a dále ke směru proudění odváděného permeátu. Surovina přichází do prostoru vymezeného distančními vložkami a permeát proniká membránou. Hustota povrchu je zhruba  $100 \text{ m}^{-2}$  až  $400 \text{ m}^{-2}$ . Novější varianty nevyžadují distanční vložky pro retentát. [50]



**Obrázek 23:** Deskový modul. [50]

### Vinutý modul

Jedná se o obdobu deskového modulu. Je však kompaktnější, hustota povrchu membrány je větší než  $900 \text{ m}^{-2}$ . Přetlak suroviny může dosáhnout až 10 MPa. Surovina prochází prostorem vymezeným distančními vložkami a proudí ve směru osy aparátu. Permeát proniká membránou kolmo ke směru proudění suroviny a dostává se do prostoru s porézním materiálem, jímž se po spirále dopraví až k děrované trubce v ose modulu. Potrubím se pak odvádí z aparátu. Jedná se o velmi využívaný modul při odsolování mořské vody. [50]



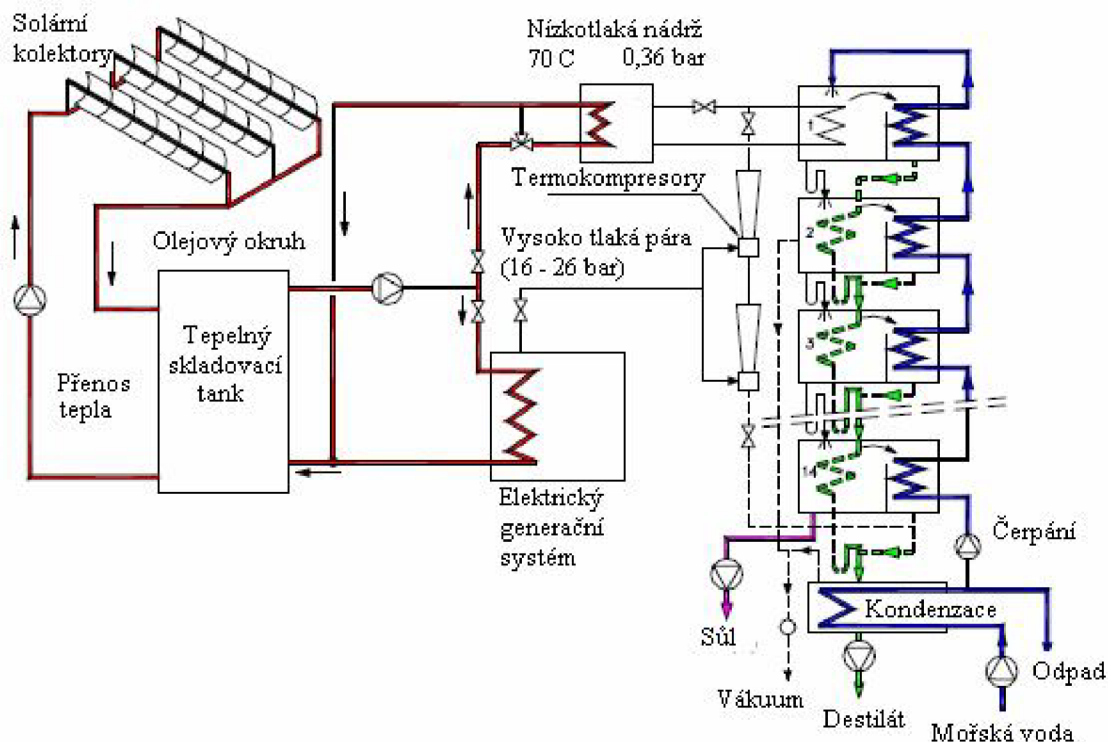
**Obrázek 24:** Proces předúpravy vody a RO. [51]



Vědci v USA se snaží vyvinout novou metodu osmózy, která používá přírodní osmotický tlak roztoků solí a pracuje s bodem zakalení a množstvím organických látek ve vodě. Pomocí přírodního tlaku solného roztoku by mělo proběhnout oddělení čisté vody ze slaného roztoku, čímž by se snížily náklady až o 60 % oproti metodě RO. [53]

## 6. 2. STE a odsolovací zařízení

STE elektrárna produkuje teplo, které může být použito pro odsolování, nebo pomocí něj může být vyrobena elektrická energie a ta využita jak pro odvod do sítě, tak pro vlastní činnost zařízení, a tedy i pro odsolování. Pro oba zmíněné procesy odsolování je zapotřebí určité množství energie. Vzhledem k tomu, že membránové procesy využívané k odlolování mořské vody (RO) mají nižší spotřebu energie než tepelné procesy, které využívají jak elektrickou tak tepelnou energii, měly by být vhodným systémem odsolování i ve spojení se STE. Ovšem je nezbytné provést předúpravu vody před započítím procesu odsolování, aby byl z vody vyloučen písek a koloidy, které by mohly zanechat membránu. U tepelných procesů tato nutnost odpadá. Zároveň je zapotřebí vzít v úvahu skutečnost, že po určité době (přibližně 5 let) je potřeba vyměnit membrány za nové, což jsou náklady navíc oproti tepelným procesům odsolování. Životnost membrány závisí na čistotě vody a jejím pH (do pH 5 nejdelší životnost). Potrubí, kterým se přivádí mořská voda do odsolovacího zařízení, musí být přibližně 2 km vzdálené od pobřeží do hloubky okolo 15 m proto, aby se nenasávaly nečistoty a mořské řasy. Vzhledem k tomu, že nejúčinnějšími metodami odsolování mořské vody je MED technologie a RO, budeme se dále zabývat pouze těmito metodami ve spojení se STE.



**Obrázek 25:** Ukázka možného zapojení žlabové STE s MED technologií. [54]

## 7. Využití STE v podmínkách Kypru

Jak již bylo dříve zmíněno, solárně termální elektrárny pracují na poněkud jiném principu než fotovoltaické elektrárny a jsou schopny pracovat i v jiném rozsahu teplot. Tyto elektrárny je tedy vhodné budovat v oblastech s dostatečným sluneční potenciálem, kde je intenzita slunečního záření větší než 1 800 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Sluneční intenzita na Kypru se pohybuje v jednotlivých oblastech od 1 900 kWh/m<sup>2</sup> ročně (průměrně 2 000 kWh/m<sup>2</sup>). Vzhledem k tomu, že u FV elektráren dochází při vyšších teplotách k poklesu napětí, je pro podmínky Kypru mnohem lepší využít spíše solárně termálních elektráren. Fotovoltaické systémy se v této oblasti hodí především pro ohřev či chlazení, ale větší elektrárny by měly znatelné ztráty.

V posledních několika letech dochází k výrazné podpoře při rozvoji obnovitelných zdrojů. Podle rychlosti vývoje těchto prostředků se také vyvíjí velikosti dotací od státu případně od EU a s tím i samotné výkupní ceny za vyrobenou energii. Každý stát má podle velikosti podílu na celkové výrobě OZE jiné dotace a výkupní ceny. Následující Tabulky 8 a 9 ukazují rozsah těchto dotací a cen na Kypru, které jsou prozatím platné do roku 2015.

Zdroj	Příjemce dotací	Technologie	Investiční dotace [%]	Feed-in tariff * [€/kW]	Počet let podpory
PV	Jednotlivci a organizace, zabývající se hospodářskou činností	Kapacita do 20 kW připojené k síti	40 % de minimis. Maximálně však 48 000 € za jednotku	0,205	15
			0%	0,360	20
		Kapacita 21 - 150 kW připojené k síti	0%	0,340	20
		Kapacita do 20 kW nepřipojené k síti	15 - 35 % z předkládané ceny (podle velikosti projektu). Nejvíce 50 000 € za jednotku nebo 40% de minimis, maximálně však 50 000 € za jednotku	0	---
	Jednotlivci a organizace, nezabývající se hospodářskou činností	Kapacita do 20 kW připojené k síti	55% z předpokádané ceny, maximálně však 65 000 €	0,225	15
			0%	0,383	15
Kapacita do 20 kW nepřipojené k síti		55% z předpokádané ceny, maximálně však 65 000 €	0	---	
CSP	Jednotlivci a organizace, zabývající se hospodářskou činností	Kapacita do 25 MW připojené k síti	0%	0,260	20

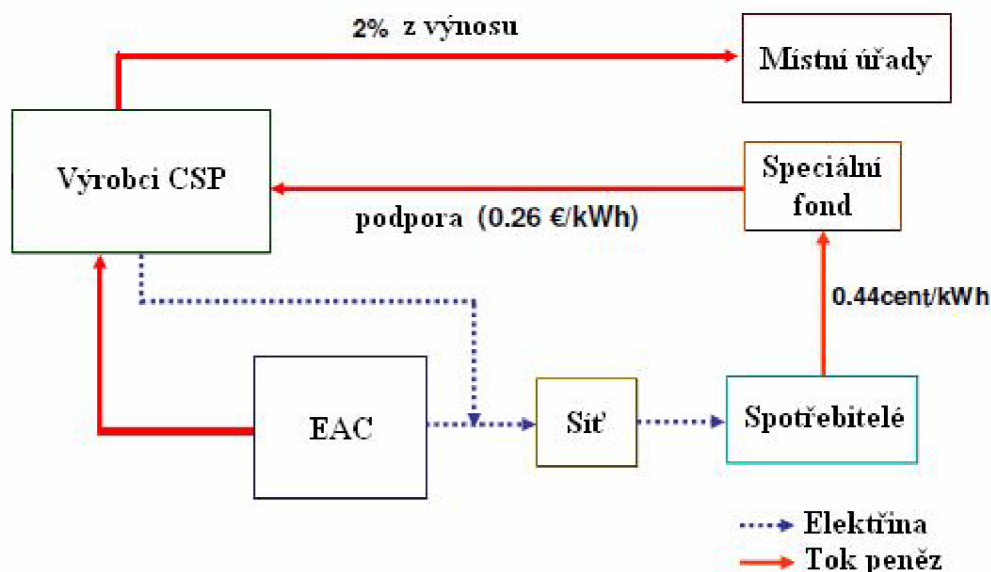
**Tabulka 8:** Dotace a výkupní ceny pro FV a na Kypru. [77]

Zdroj	Příjemce dotací	Technologie	Investiční dotace [%]	Feed-in tariff [€/kWh]	Počet let podpory
Vítr	Jednotlivci a organizace, zabývající se hospodářskou činností	Větrné farmy do 165 MW	0%	0,166	20
		Větrné turbíny < 30 kW	15 - 35% z předpokládané ceny (podle velikosti projektu). Maximálně však 45 000 € za jednotku nebo 40% de minimis. Maximálně však 45 000 € za jednotku	EAC dotace jen při připojení do sítě	---
		Větrné mlýny na čerpání vody	15 - 35% z předpokládané ceny (podle velikosti projektu). Maximálně však 20 000 € za jednotku nebo 40% de minimis. Maximálně však 20 000 € za jednotku	0	---
	Jednotlivci a organizace, nezabývající se hospodářskou činností	Větrné turbíny < 30 kW	55% z předpokádané ceny, maximálně však 51 500 € za jednotku	EAC dotace pouze	---
Biomasa / bioplyn	Charitativní instituce, obce a jiné neziskové organizace	Centrální systémy pro ohřev a chlazení	55% z předpokádané ceny, maximálně však 19 000 € za jednotku	0	---
	Jednotlivci a organizace, zabývající se hospodářskou činností	Kogenerace tepla a elektrické energie s využitím biomasy	15 - 35% z předpokládané ceny (podle velikosti projektu). Maximálně však 680 000 € za jednotku nebo 40% de minimis. Maximálně však 200 000 € za jednotku	0	---
		Produkce elektrické energie z biomasy	0%	Do 0,135 podle typu a velikosti instalace	20
		Produkce elektrické energie z bioplynu	0%	Do 0,1145 podle typu a velikosti instalace	20

**Tabulka 9:** Dotace a výkupní ceny pro FV a na Kypru. [77]

Protože Kypr má již delší dobu problémy s nárůstem spotřeby elektrické energie (jako většina států na světě) přibližně o 4,5 % ročně a zároveň i se suchem a malým množstvím pitné vody, je možné pokusit se využít STE nejen k výrobě elektrické energie, ale také k odsolování mořské vody. Díky tomuto propojení může investor daného projektu využít kromě dotací resp. výkupních cen za elektrickou energii také dotace na odsolovací zařízení.

Na odsolovací zařízení využívající OZE ať už v rámci malých, středních nebo velkých projektů, může být poskytnuta na Kypru investiční dotace ve výši 35 %, 25 % či 15 % z předpokládané ceny nebo 40 % de minimis. Maximálně však do výše 175 000 €. [77] Každá STE má zároveň povinnost uhradit 2 % z výnosu pro místní obec.



**Obrázek 26:** Finanční podpora pro CSP. [78]

## 7. 1. Porovnání nákladů pro STE na Kypru

Různé typy doposud vystavěných STE pokrývají odlišné plochy a jejich investiční náklady se také liší. Tyto náklady zahrnují jak koupi či pronájem pozemku, použitý materiál a práce při realizaci elektrárny, samotný návrh elektrárny, potřebná povolení atd. V Přílohách č. 3 a 4 jsou uvedeny informace některých existujících elektráren žlabového a věžového typu. Jelikož se všechny potřebné informace pro výpočet nákladů STE nedají zjistit ani od společností, které se touto činností zabývají (jde o firemní tajemství), budou pro příkladový výpočet nákladů na elektrárnu v podmínkách Kypru využity průměrné náklady z již existujících projektů, u kterých se daly zjistit přibližné investice na daný projekt. Vzhledem k tomu, že některé z existujících typů STE jsou prozatím převážně v testovacích fázích, budeme se při výpočtu soustředit pouze na žlabové a věžové elektrárny.

Jak udává Tabulka 8, je možné pro STE do 25 MW po dobu 20 let využívat tzv. feed-in tarif, pro výkup vyprodukované energie, který činí 0,26 €/kWh (tj. 26 centů/kWh) pro smlouvy uzavřené nejpozději v roce 2015. Po celých 20 let bude tento tarif téměř neměnný, resp. nemůže klesnout pod tuto hodnotu, naopak s rostoucí inflací může narůstat nebo zůstat stejný. Kromě tohoto tarifu nemá investor nárok na další investiční dotace, jak je tomu například u jiných OZE. Z možné instalované kapacity, pro kterou se dá uplatnit zmíněný feed-in tarif, je zřejmé, že Kypr prozatím podporuje pouze výstavbu menších STE.

### 7. 1. 1. Propočty pro žlabovou STE

Hlavním cílem následujícího vzorového propočtu nákladů pro STE na Kypru je zjistit, zda je tato výstavba ekonomicky proveditelná v daných podmínkách. K výpočtu bude brána v úvahu intenzita ozáření 2 000 kWh/m<sup>2</sup> ročně. Vydeme-li z toho, že v zimních měsících je ostrov vystaven slunečnímu záření přibližně 9 h denně a v letních okolo 12,5 h, bude při výpočtu uvažována doba 11 h. Všeobecně se dá říci, že vhodným umístěním STE mohou být jednak nížinaté oblasti jak na pobřeží tak i ve vnitrozemí ostrova s výjimkou pohoří Troodos pro jeho hornatost. Ovšem největší sluneční intenzita je právě v nížinatých oblastech poblíž tohoto pohoří v západní části ostrova.

Vhodným parametrem pro porovnání nákladů různých typů elektráren jsou tzv. měrné náklady elektrárny. Ovšem velmi vhodné je nejprve zjistit, jaké roční produkce je elektrárna schopna dosáhnout a jaká celková plocha bude potřeba na její provoz. Pokud bychom uvažovali elektrárnu bez skladovacího zařízení, byla by zapotřebí plocha přibližně 25 m<sup>2</sup>/kW instalovaného výkonu a náklady by se pohybovali přibližně okolo 2 690 €/kW. Ovšem při veškerých následujících výpočtech bude brána v úvahu možnost skladování na dobu 6 h. Protože Kypr podporuje menší STE, je vhodné, provést výpočet pro menší instalovanou kapacitu než je 25 MW např. 10 MW. Ze zjištěných hodnot se dá usuzovat, že pro výstavbu elektrárny s 6 h skladováním je zapotřebí plocha přibližně 34 m<sup>2</sup>/kW, takže pro 10 MW elektrárnu bude potřebná plocha okolo 340 000 m<sup>2</sup>. Stejným způsobem se odvodily i přibližné pořizovací náklady na 4 400 €/kW, což je pro 10 MW okolo 44 000 000 €. Z těchto údajů se bude dále vycházet při výpočtech.

Čistá roční produkce -  $E_{CV}$

$$E_{CV} = C * F_{CE} * h * 365 \quad (7.1)$$

$C$  ..... instalovaná kapacita [MW]  
 $h$  ..... počet hodin provozu za rok včetně skladování  
 $F_{CE}$  ..... kapacitní faktor elektrárny [%]  
                  =>  $F_{CE}$  pro STPP žlaby 56 %, pro věže 73%

$$E_{CV(10)} = 10 * 0,56 * 17 * 365 = 34 748 \text{ MWh} = \underline{34,748 \text{ GWh}}$$

Z doposud známých hodnot, je možné již zjistit i požadované měrné náklady. Při výpočtu se budou uvažovat roční provozní náklady ve výši 2 % z investičních nákladů, pojistná sazba činí 1 % a úroková sazba na Kypru činí 6 %.

Roční provozní náklady zahrnují fixní a variabilní náklady. Mezi fixní náklady patří např. náklady na výrobu, údržbu, opravy, výplaty atd. a mezi náklady variabilní patří např. náhradní díly, olej, voda, spotřební zboží aj.

Roční provozní náklady -  $N_{VU}$

$$N_{VU} = N_I * 2 \% \quad (7.2.)$$

$N_I$  ..... investiční náklady projektu [€]

$$N_{VU(10)} = 44\,000\,000 * 0,02 = \underline{880\,000\,€}$$

Faktor návratnosti kapitálu -  $F_{NK}$

$$F_{NK} = \frac{u * (1 + u)^r}{(1 + u)^r - 1} + p \quad (7.3)$$

$u$  ..... úroková sazba [%]

$r$  ..... počet let ekonomické životnosti projektu

$p$  ..... roční sazba pojištění [%]

$$F_{NK(10)} = \frac{0,06 * (1 + 0,06)^{20}}{(1 + 0,06)^{20} - 1} + 0,01 = 0,097185 = \underline{9,7185 \%}$$

Měrné náklady elektrárny -  $LEC$

$$LEC = \frac{(F_{NK} * N_I) + N_{VU} + N_P}{E_{CV}} \quad (7.4)$$

$N_P$  ..... roční náklady na palivo [€]

$$LEC = \frac{(0,097185 * 44.000.000) + 880.000 + 0}{34.748.000} = \underline{14,84 \text{ centů/kWh}}$$

Při výpočtu měrných nákladů se musí brát v úvahu skutečnost, že náklady na 1 kW budou klesat s rostoucí instalovanou kapacitou. Z tohoto se dá tedy všeobecně usoudit, že vzhledem k odváděné 10 % + 2 % dani a vzhledem k výkupní ceně 26 centů/kWh se mnohem více vyplatí budovat větší elektrárny.

### Celkové roční náklady - $N_C$

$$N_C = L_{EC} * E_{CV} \quad (7.5)$$

$$N_{C(10)} = 0,1484 * 34\,748\,000 = \underline{5\,156\,603\,€}$$

### Hrubé roční výnosy - $V_H$

$$V_H = \text{feed-in tariff} * E_{CV} \quad (7.6)$$

$$V_{H(10)} = 0,26 * 34\,748\,000 = \underline{9\,034\,480\,€}$$

### Čisté roční výnosy - $V_C$

$$V_C = (V_H - N_C) * (1 - d) \quad (7.7)$$

$d$  ..... daň z výnosu a daň obci [%]

$$V_{C(10)} = (9\,034\,480 - 5\,156\,603) * (1 - 0,12) = \underline{3\,412\,532\,€}$$

### Návratnost systému - $n$

$$n = \frac{N_I}{V_C} \quad (7.8)$$

$$n = \frac{44.000.000}{3.412.532} = \underline{13 \text{ let}}$$

Ze zjištěné návratnosti takového systému se dá usuzovat, že instalovaná kapacita 10 MW s uvedenými parametry se z ekonomického hlediska vyplatí budovat vzhledem k tomu, že smlouva na výkup je platná po dobu 20 let (ve světě běžně 25 let) a návratnost investičních nákladů vyšla na 13 let.

## **7. 1. 2. Propočty pro věžové STE**

Podobně jako u žlabových elektráren je možné zjistit, jakých nákladů a výnosů by bylo dosaženo při určitém instalovaném výkonu. Z informací, které jsou k dispozici v Příloze č. 4, se dá odvodit, že potřebná plocha pro věžovou elektrárnu bez skladovacího zařízení se pohybuje okolo  $37 \text{ m}^2/\text{kW}$  instalovaného výkonu a investiční náklady se pohybují okolo  $3\,200 \text{ €/kW}$ . Pro následující výpočty bude uvažována opět instalovaná kapacita 10 MW a skladovací zařízení na 6 hodin jako v předchozím případě. Stejně tak i pojištění, provozní

náklady, úroky, daně, doba trvání smlouvy o výkupu a výkupní cena za vyrobenou energii bude totožná. Jedním z rozdílů je potřebná plocha okolo  $72 \text{ m}^2/\text{kW}$  a investiční náklady přibližně  $7\,300 \text{ €/kW}$ . Pro instalovanou kapacitu 10 MW bude tedy zapotřebí plocha o rozloze přibližně  $720\,000 \text{ m}^2$  a investiční náklady budou činit okolo  $73\,000\,000 \text{ €}$ . Při výpočtu se změní také hodnota kapacitního faktoru, který pro věžové elektrárny činí 73 %.

Už na první pohled je vidět, že tato elektrárna bude vyžadovat mnohem větší plochu než žlabová elektrárna a tím vzrostou i náklady na pořízení. Stejně jako u předchozího příkladu se musí brát v úvahu, že náklady klesají s rostoucí instalovanou kapacitou. Stejně tak se tyto ceny odvíjejí i od prostředí, ve kterém má být elektrárna vybudována. Pro následující výpočty se využijí opět vzorce (7.1) až (7.8).

### Čistá roční produkce

$$E_{CV(10)} = 10 * 0,73 * 17 * 365 = 45\,296,5 \text{ MWh} = \underline{45,2965 \text{ GWh}}$$

### Roční provozní náklady

$$N_{VU(10)} = 73\,000\,000 * 0,02 = \underline{1\,460\,000 \text{ €}}$$

### Faktor návratnosti kapitálu

$$F_{NK(10)} = \frac{0,06 * (1 + 0,06)^{20}}{(1 + 0,06)^{20} - 1} + 0,01 = 0,097185 = \underline{9,7185 \%}$$

### Měrné náklady elektrárny

$$LEC = \frac{(0,097185 * 73.000.000) + 1.460.000 + 0}{45.296.500} = \underline{18,89 \text{ centů/kWh}}$$

### Celkové roční náklady

$$N_c = 0,1889 * 45\,296\,500 = \underline{8\,556\,509 \text{ €}}$$

### Hrubé roční výnosy

$$V_H = 0,26 * 45\,296\,500 = \underline{11\,777\,090 \text{ €}}$$

### Čisté roční výnosy

$$V_C = (11\,777\,090 - 8\,556\,509) * (1 - 0,12) = \underline{2\,834\,111 \text{ €}}$$



## Návratnost systému

$$n = \frac{73.000.000}{2.834.111} = \underline{26 \text{ let}}$$

Ze zjištěné návratnosti takového systému se dá usoudit, že instalovaná kapacita 10 MW s uvedenými parametry se z ekonomického hlediska jednoznačně nevyplatí budovat. Vezmeme-li v úvahu, že smlouva na výkup je platná po dobu 20 let a návratnost investičních nákladů vyšla na 26 let, je naprosto nereálné takovou elektrárnu stavět. Proto, aby se elektrárna za daných podmínek alespoň trochu oplatila, musela by být instalovaná kapacita okolo 20 MW, ideálně vyšší.

### **7. 1. 3. Propočty pro STE s odsolováním**

STE mohou poskytovat pro procesy odsolování jak tepelnou energii tak energii elektrickou. Pro odsolování mořské vody se využívají tepelné a membránové procesy. Mezi neúčinnější tepelné procesy patří MED technologie a mezi membránové procesy patří jednoznačně RO. Proto se při výpočtech zaměříme na tyto dvě technologie. Aby se dalo zjistit, zda se tyto odsolovací zařízení o určité denní kapacitě odsolené vody oplatí v prostředí Kypru ve spojení se STE realizovat, zjistíme nejprve, jakou spotřebu energie odsolovací zařízení potřebují za roční provoz a jaké náklady budou pro jejich pořízení a provoz zapotřebí. Při výpočtech (MED i RO) se bude uvažovat kapacita odsolovací stanice  $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$ . Pro všechny následující výpočty využijeme vzorce převzaté z literatury [83].

Faktor návratnosti kapitálu –  $C_{RF}$

$$C_{RF} = \frac{i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (7.9)$$

$n$  ..... počet let ekonomické životnosti

$i$  ..... úroková sazba [%]

Měrné využití kapitálových nákladů –  $C_A$

$$C_A = C_{RF} * C_C \quad (7.10)$$

$C_C$  ..... kapitálové náklady [€]

Roční produkce vody –  $P_A$

$$P_A = 365 * L_F * P_{CS} \quad (7.11)$$

$L_F$  ..... faktor zatížení [%]

$P_{CS}$  ..... kapacita stanice [ $\text{m}^3/\text{d}$ ]

Roční využití kapitálových nákladů –  $C_{AS}$

$$C_{AS} = \frac{C_A}{P_A} \quad (7.12)$$

Energetické náklady –  $E_{CS}$

$$E_{CS} = E_S * E_T \quad (7.13)$$

$E_S$  ..... energetická spotřeba zařízení [kWh/m<sup>3</sup>]

$E_T$  ..... cena energie [€/kWh]

Celkové fixní provozní náklady –  $O_{CS}$

$$O_{CS} = \frac{A * 365 * L_F}{P_{CS}} \quad (7.14)$$

$A$  ..... fixní náklady (náhradní díly, pracovníci aj.) [€]

Náklady na výměnu membrány –  $M_{CS}$

$$M_{CS} = \frac{M * M_E * M_P * 365 * L_F}{P_{CS}} \quad (7.15)$$

$M$  ..... cena za jednotku [€]

$M_E$  ..... počet instalovaných membrán [ks]

$M_P$  ..... roční náklady na výměnu [%]

Celkové roční náklady –  $C$

$$C = C_{AS} + E_{CS} + O_{CS} + M_{CS} + H_{CS} \quad (7.16)$$

$H_{CS}$  ..... náklady na chemikálie (čištění membrán, úprava vody) [€]

#### 7. 1. 4. Náklady na odsolování pomocí RO a MED

Pro výpočet nákladů na odsolování mořské vody se bude uvažovat odsolovací zařízení s kapacitou 10 000 m<sup>3</sup>/d pro obě metody. Zároveň se bude uvažovat dotace od státu ve výši 175 000 €. Rozdílné budou při výpočtu investiční náklady, které pro RO činí přibližně 6 600 000 € a pro MED okolo 7 800 000 €. Po odečtení dotace činí investiční náklady 6 425 000 € pro RO a 7 625 000 € pro MED. Dále víme, že úroková sazba činí 6 %,

ekonomická životnost 20 let (skutečná životnost zařízení je 25 až 30 let, malá zařízení 10 let) a faktor zatížení je 90 %. Pro cenu za energii budeme brát hodnotu 0,1484 €/kWh, což je výrobní cena ST žlabové elektrárny. Vzhledem k tomu, že odsolovací zařízení se bere jako přídatná část STE, bylo by nesmyslné, brát běžnou prodejní cenu za energii (0,44 €/kWh). Výpočet nákladů pro RO je tedy následující:

$$P_{CS} = 10\,000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$C_C = 6\,425\,000 \text{ €}$$

$$n = 20 \text{ let}$$

$$i = 6 \%$$

$$E_S = 3 \text{ kWh/m}^3$$

$$E_T = 0,1484 \text{ €/kWh}$$

$$L_F = 90 \%$$

#### Faktor návratnosti kapitálu

$$C_{RF} = \frac{0,06 * (1 + 0,06)^{20}}{(1 + 0,06)^{20} - 1} = \underline{0,0872}$$

#### Měrné využití kapitálových nákladů

$$C_A = 0,0872 * 6\,425\,000 = \underline{560\,260 \text{ €}}$$

#### Roční produkce vody

$$P_A = 365 * 0,9 * 10\,000 = \underline{3\,285\,000 \text{ m}^3/\text{d}}$$

#### Roční využití kapitálových nákladů

$$C_{AS} = \frac{560.260}{3.285.000} = \underline{0,171 \text{ €/m}^3}$$

#### Energetické náklady

$$E_{CS} = 3 * 0,1484 = \underline{0,445 \text{ €/m}^3}$$

Celkové fixní provozní náklady  $O_{CS}$  jsou pro takovouto elektrárnu  $\underline{0,05 \text{ €/m}^3}$ , náklady na výměnu membrány  $M_{CS}$  činí  $\underline{0,01 \text{ €/m}^3}$  a náklady na chemikálie  $H_{CS}$  činí  $\underline{0,02 \text{ €/m}^3}$ . Ze všech zjištěných údajů můžeme vypočítat celkové roční náklady:

$$C = 0,171 + 0,445 + 0,05 + 0,02 + 0,01 = \underline{0,696 \text{ €/m}^3}$$

Na Kypru se běžná cena za vodu pohybuje mezi 20 – 100 centů/m<sup>3</sup>. Průměrná cena za vodu je tedy okolo 60 centů/kWh. Na základě této skutečnosti je zřejmé, že odsolovací zařízení o kapacitě 10 000 m<sup>3</sup>/d ve spojení s 10 MW STE není po ekonomické stránce proveditelné. Je zapotřebí odsolovací stanice o kapacitě alespoň 20 000 m<sup>3</sup>/d, a tedy i STE

musí mít větší kapacitu, aby dokázala pokrýt spotřebu elektrické energie odsolovacího zařízení a zároveň aby se ekonomicky vyplatilo toto propojení. Při výpočtu se uvažovalo propojení žlabové STE s odsolovací stanicí. Věžovou elektrárnu můžeme brát pro toto propojení v úvahu až při vyšších kapacitách elektrárny, než je v současné době Kypru podporována.

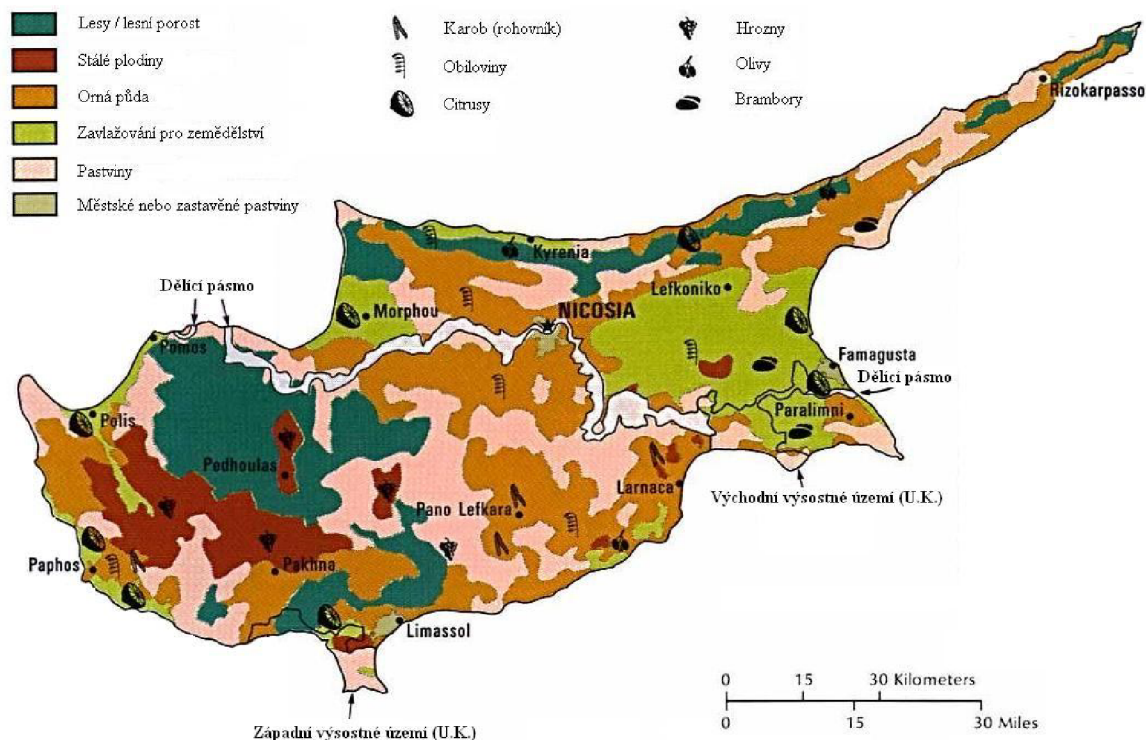
Stejným způsobem se bude postupovat i při výpočtu MED technologie, kde dostaneme následující hodnoty:

$P_{CS} = 10\,000\text{ m}^3/\text{d}$	$C_{RF} = 0,0872$
$C_C = 7\,625\,000\text{ €}$	$C_A = 664\,900\text{ €}$
$n = 20\text{ let}$	$P_A = 3\,285\,000\text{ m}^3/\text{d}$
$i = 6\%$	$C_{AS} = 0,203\text{ €/m}^3$
$E_S = 1,5\text{ kWh/m}^3$	$E_{CS} = 0,223\text{ €/m}^3$
$E_T = 0,1484\text{ €/kWh}$	$O_{CS} = 0,04\text{ €/m}^3$
$L_F = 90\%$	$M_{CS} = 0\text{ €/m}^3$
	$H_{CS} = 0,02\text{ €/m}^3$

U tepelných způsobů odsolování je navíc ještě třeba započítat spotřebovanou tepelnou energii  $C_H$ , která pro MED technologii činí  $145\text{ MJ/m}^3 \Rightarrow \text{GOR} = 12$  (GOR je výstupní poměr kg destilované vody na kg páry). Celkové náklady  $C$  pak činí  $0,80\text{ €/m}^3$ . Stejně jako v předchozím případě i u této technologie je zapotřebí využít větší výrobní kapacity odsolovacího zařízení (přibližně 25 000 až 30 000  $\text{m}^3/\text{d}$ ) aby se po ekonomické stránce oplatila.

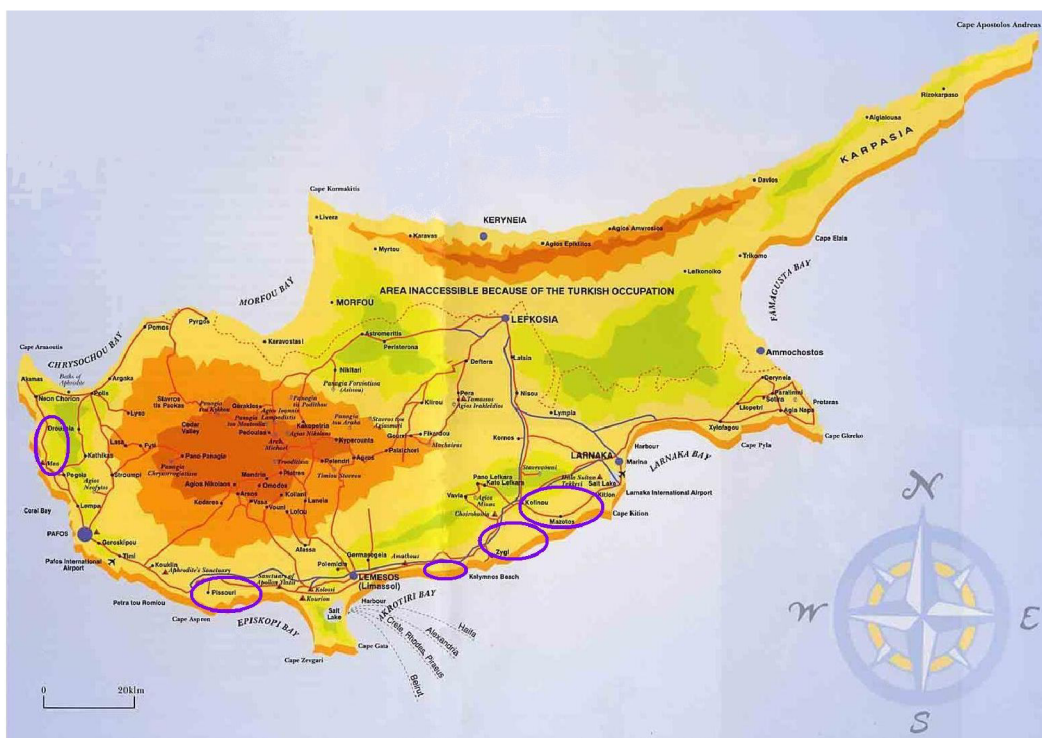
## 7. 2. Vhodné umístění STE s odsolovací stanicí

Pro výběr vhodného umístění STE s odsolovací stanicí na území Kypru, musíme brát v úvahu několik faktorů. Důležitým ukazatelem je rozložení elektrizační soustavy. Je zapotřebí co nejkratší dostupnost k síti, aby nedocházelo k velkým ztrátám při přenosu energie. Dalším důležitým parametrem jsou hospodářská území, lesy, hornaté povrchy, pastviny atd. (viz. Obrázek 27). Na těchto územích se stavět také nedá. Vzhledem k tomu, že Kypr je místem, kam ročně putuje velké množství turistů, musíme brát také v úvahu různá letoviska, obydlí zdejších obyvatel, ale také letiště a dopravní trasy (cesty, dálnice). Běžnou STE bez odsolování je možné vybudovat jak v blízkosti pobřeží, tak v nížinatých oblastech ostrova. Tuto výhodu ovšem STE s odsolováním nemají. Je zapotřebí, aby takováto elektrárna byla umístěna co nejbližší k možnému zdroji mořské vody. V úvahu se samozřejmě musí vzít jak vzdálenost přívodního potrubí od břehu do moře, tak vzdálenost od břehu k elektrárně. Opět čím kratší tato vzdálenost bude, tím nižší budou investiční náklady.



Obrázek 27: Využití půdy na Kypru. [88]

Vyloučením všech nevhodných míst dostáváme přibližně pět území (viz. Obrázek 28), která by pro STE s odsolováním měla být vhodná. Jedná se o tři území mezi městy Larnaka a Limassol ve východní a jihovýchodní části ostrova, dále lokalita v okolí Pissoury v jižní části ostrova a posledním místem je oblast v západní části ostrova západně od Pafos.



Obrázek 28: Vhodná místa pro STE s odsolováním. [89] (větší provedení viz. Příloha č. 5)

# Závěr

V této práci jsem se soustředila především na problematiku Kypru jako jednoho z možných míst pro výstavbu fotovoltaických či solárních elektráren. Kypr, stejně jako většina ostrovů, nemá dostatečné zásoby primárních zdrojů energie. Díky částečné liberalizaci trhu s elektrickou energií a podporou EU, dochází i zde k novému rozvoji energetického sektoru. Ostrov disponuje celkem 1 200 MW instalovaného výkonu na jehož výrobě se podílí tři elektrárny, využívající primárních zdrojů a od roku 2010 také jeden větrný park. V následujících letech by zároveň mělo dojít i k rozšíření počtu větrných elektráren. Při uvažované výstavbě jakékoliv elektrárny je zapotřebí seznámit se s přenosovou a distribuční soustavou daného státu. V práci je proto podrobněji popsána kyperská přenosová soustava, jejímž provozovatelem je TSO. Tato soustava je tvořena vedeními 66 kV, 132 kV a 220 kV. Kromě přenosové soustavy se práce zaměřila také na soustavu distribuční, která zprostředkovává přenos energie od rozveden k jednotlivým uživatelům. Tato soustava je složena z vedení SN 11 kV a NN 415/240 V (v ČR 400/230 V) a v síti EAC je používáno přenosové napětí 132 a 66 kV, které dále přechází na 11 kV v transformačních stanicích. Vzhledem k rozdílům oproti jiným zemím je tedy velmi důležité tyto informace předem znát.

Pronikání obnovitelných zdrojů na energetický trh Kypru je v současné době prakticky zanedbatelné. Pro výrobu takové energie je možné využít mnoho variant, mezi které patří biomasa, kombinace spalování biomasy zároveň s fosilními palivy, vodní elektrárny, větrné elektrárny, fotovoltaika či solárně termální elektrárny. Vzhledem k tomu, že využití biomasy (olivová jádra, madle apod.) je velmi minimální stejně jako využití vodních zdrojů, které je prakticky nulové, může se v podmínkách Kypru uplatnit mnohem lépe využití větrné či sluneční energie. Rychlost větru je odlišná v různých částech ostrova, ale i přes to se dá část této energie využít. Mnohem větší využití zde má potenciál sluneční. Z toho důvodu se v rámci práce zaměřovalo právě na principy, které této energie dokáží využít.

Fotovoltaické systémy se na Kypru vyskytují prozatím pouze v podobě malých systémů, využívaných domácnostmi či hotely pro ohřev vody. Zároveň ale budování velkých FV elektráren na tomto území nemusí být příliš výhodné. Vzhledem k tomu, že při vzrůstu teploty FV článků nad 25 °C dochází k poklesu napětí s každým dalším nárůstem teploty, není příliš vhodné takovéto systémy stavět v takovéto oblasti, jako je Kypr. Teploty na ostrově jsou poměrně vysoké po celý rok, takže by u takovýchto systémů docházelo k poměrně velkým ztrátám. Oproti tomu solárně termální systémy pracují sice na principu nepřímé přeměny sluneční energie na elektrickou, ale na rozdíl od FV využívají vyšších teplot. FV systémy používají pro přímou přeměnu sluneční energie na elektrickou jak přímé, tak i difuzní záření, oproti tomu STE využívají záření přímé, které je pomocí sběračů situováno do fokálního místa (absorbéru). Takovéto systémy pracují optimálně na místech, kde sluneční intenzita dosahuje minimálně 1 800 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Na Kypru dosahuje intenzita od 1 950 kWh/m<sup>2</sup> výše, čímž se jeví jako velmi vhodné prostředí pro STE.

Do konce roku 2020 by podle stanov EU měla Kyperská republika zvýšit podíl vyrobené energie z OZE na 13 %. Proto je v průběhu několika let plánováno rozšířit počet větrných elektráren, ale také se zaměřit na FV a solární systémy. V rámci této práce jsem se zaměřila na porovnání různých STE a jejich vhodnosti pro oblast Kypru. Existuje

několik provedení STE, ale pouze dvě z nich jsou využívány v běžném provozu. Jedná se o STE se žlaby a s věží. Pro obě varianty byla zvolena stejná instalovaná kapacita 10 MW, 6 h skladovací zařízení a stejné úrokové míry i výkupní ceny vyrobené energie. Hlavním rozdílem při výpočtech je potřebná plocha a investiční náklady, které byly odvozeny ze získaných parametrů již existujících elektráren. U žlabové elektrárny s takovými parametry je zapotřebí plocha okolo 34 m<sup>2</sup>/kW instalovaného výkonu a investiční náklady se pohybují kolem 4 400 €/kW. Oproti tomu u věžové elektrárny je zapotřebí mnohem větší plocha, a tedy i investiční náklady jsou větší. Pro takovou elektrárnu je potřeba okolo 72 m<sup>2</sup>/kW a investiční náklady se pohybují kolem 7 300 €/kW. Pomocí výpočtů se daly zjistit měrné náklady každé z elektráren. Tyto náklady společně s dobou návratnosti investičních nákladů následně sloužily pro porovnání ekonomické proveditelnosti obou systémů. Měrné náklady u žlabové elektrárny vyšly 14,84 centů/kWh a doba návratnosti činila 13 let. U takového systému se dá tedy usoudit, že vzhledem k výkupním cenám feed-in tarifu 26 centů/kWh a smlouvou o výkupu na dobu 20 let, je taková elektrárna ekonomicky proveditelná. Ovšem u elektrárny s věží tomu je poněkud jinak. Zde vyšly měrné náklady 18,89 centů/kWh a návratnost 26 let. Je teda už na první pohled patrné, že taková elektrárna je z ekonomického pohledu neproveditelná. Proto, aby se výstavba elektrárny vyplatila, je zapotřebí instalovaná kapacita alespoň 20 MW, ideálně více. Tyto kapacity u obou elektráren se mohou brát jako minimální vhodné instalované výkony. Je také důležité si uvědomit, že s rostoucí instalovanou kapacitou klesají měrné náklady na kWh.

Kypr, stejně jako spousta jiných zemí, má stále větší spotřebu energie (nárůst o 4,5 % ročně) a zároveň se potýká s poměrně malým množstvím pitné vody, je na místě pokusit se využít STE ne jen pro výrobu elektrické energie dodávané do sítě, ale také pro odsolování mořské vody, kterou je celý ostrov obklopen. Pro odsolování mořské vody se využívají dva základní procesy. Jedná se o tepelné a membránové procesy. Každý z těchto procesů zahrnuje několik metod, pracujících na podobném principu ovšem s různou účinností. Nejúčinnějším tepelným procesem pro odsolování mořské vody je MED technologie. U membránových procesů je nejúčinnější reverzní osmóza (RO). Na základě zjištěných informací z předchozích výpočtů pro STE, jsem následně propočítala náklady a ekonomickou proveditelnost STE s oběma technologiemi odsolování. Opět je u obou provedení brána v úvahu stejná kapacita zařízení 10 000 m<sup>3</sup>/d. Zároveň se při propočtech uplatnila dotace poskytovaná státem ve výši 175 000 €, která byla odečtena od investičních nákladů. Pro odsolovací zařízení pracující s technologií RO o dané kapacitě byly investiční náklady po odečtení dotace 6 425 000 €. Na základě výpočtů jsem došla k závěru, že výsledné celkové náklady budou činit 69,6 centů/m<sup>3</sup>. Vzhledem k tomu, že cena za vodu se na Kypru pohybuje v rozmezí 20 – 100 centů/m<sup>3</sup>, průměrně tedy 60 centů/m<sup>3</sup>, je zřejmé, že takovéto odsolovací zařízení ve spojení s 10 MW STE není ekonomicky proveditelné. Je potřeba odsolovací stanice o kapacitě alespoň 20 000 m<sup>3</sup>/d, a tedy i STE musí mít větší kapacitu, aby dokázala pokrýt spotřebu elektrické energie odsolovací stanice a aby se zároveň oplatilo takovéto propojení. Při výpočtu se tedy vycházelo z toho, že bude odsolovací stanice propojena se žlabovou STE. Věžové elektrárny by se mohly brát v úvahu pro takovéto propojení až při vyšších kapacitách elektrárny, než je v současné době podporovaná Kyprem. Stejným způsobem jsem postupovala i u přepočtů pro MED technologii s tím rozdílem, že investiční náklady po odečtení dotace činily 7 625 000 €. Další rozdíl při výpočtu spočíval ve spotřebované energii. Technologie RO využívá pro svou činnost pouze elektrickou energii, kdežto MED využívá jak elektrickou tak i tepelnou energii. Důležitým parametrem při výpočtech je také skutečnost, že u MED technologie nejsou žádné náklady na výměnu membrány. Při

výpočtech pro MED technologii vyšly konečné náklady na 80 centů/m<sup>3</sup>. Z výsledku je tedy jasné, že stejně jako u RO i u MED technologie je potřeba větší výrobní kapacita odsolovacího zařízení (okolo 25 000 až 30 000 m<sup>3</sup>/d), aby se po ekonomické stránce oplatila. Stejně jako u STE i u odsolovacích stanic platí, že čím větší instalovaná kapacita, tím menší měrné náklady na m<sup>3</sup>.

Běžnou STE je možné vybudovat jak v blízkosti pobřeží, tak v nížinatých oblastech ostrova. Tuto výhodu ovšem STE s odsolováním nemají. Je zapotřebí, aby takováto elektrárna byla umístěna co nejbližší k možnému zdroji mořské vody. Zároveň je ale potřeba brát v úvahu jak vzdálenost přívodního potrubí od břehu do moře, tak vzdálenost od břehu k elektrárně. Opět čím kratší tato vzdálenost bude, tím nižší budou investiční náklady. Vyloučením všech nevhodných míst jako jsou letiště, hospodářské plochy, letoviska, lesy, skály atd., dostáváme přibližně pět území, která by pro STE s odsolováním měla být vhodná. Jedná se o tři území mezi městy Larnaka a Limassol ve východní a jihovýchodní části ostrova, dále lokalita v okolí Pissoury v jižní části ostrova a posledním místem je oblast v západní části ostrova západně od Pafos.



# Seznam použitých zkratek

PDS	provozovatel distribuční sítě
DS	distribuční síť
PPDS	paralelní provoz s distribuční sítí
OZE	obnovitelné zdroje energie
Wh	watthodina (jednotka energie)
Wp	wattpeak (špičková hodnota výkonu FV článků)
EU	Evropská unie
CERA	Kyperský energetický regulační úřad
EAC	Kyperský energetický úřad
FGD	prvek pro odsiřování spalin
MCIT	Ministerstvo obchodu, průmyslu a cestovního ruchu
TSO	Provozovatel přenosové soustavy
RES	obnovitelné energetické zdroje
COSMOS	Kyperská organizace pro řízení olejových zásob
VN	vysoké napětí
NV	nízké napětí
FV	fotovoltaika
FVE	fotovoltaická elektrárna
STE	solárně termální elektrárna
RO	reverzní osmóza
MEH	(Multi Effect Humidification) - více účelové zvlhčování
MED	(Multi Effect Distillation) - více účelová destilace
MES	(Multi Effect Solar Desalination) - více účelové solární odsolování
MSF	(Multi Stage Flash) – více stupňové propojení
HWS	(Hot Water Storage) – zásobník teplé vody
TWD	(Transparent heat isolation cover) -transparentní tepelně izolační kryt
ha	hektar
ppm	part per milion
CSP	(Concentrating Solar Power) – koncentrovaná solární energie
GOR	(Gain output ratio) – výstupní poměr kg destilované vody na kg páry
SSPA	(Small Solar Power Systems) – malé solární elektrárny
SEGS	(Solar Energy Generating Systems) – solární systémy pro výrobu energie

# Seznam použité literatury

[01] SCHEER, H.; *Světové sluneční hospodářství*. Praha: Eurosolar.cz, 2004.

[02] DUŠEK, K.; *Solární vytápění budov – zkušenosti ze zahraničních realizací*. Praha: ÚVTEI/UTEIN, 1983.

[03] NOSTELL, P.; *Preparation and optical characteristion of antireflection coatings and reflector materials for solar energy systems*. Sweden: AUU UPPSALA, 2000.

- [04] *Ekonomická charakteristika země; Kypr* [online]. Dostupný na WWW:  
<http://www.businessinfo.cz/cz/sti/kypr-ekonomicka-charakteristika-zeme/4/1001055/#sec7>
- [05] *Power stations* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.eac.com.cy/EN/Operations/Pages/G\\_PowerStations.aspx](http://www.eac.com.cy/EN/Operations/Pages/G_PowerStations.aspx)
- [06] *Development Works* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.eac.com.cy/EN/Operations/Pages/G\\_DevelopmentWorks.aspx](http://www.eac.com.cy/EN/Operations/Pages/G_DevelopmentWorks.aspx)
- [07] *Elements of the Network; Diagram of the Transmission Network* [online]. Dostupný na WWW: [http://www.eac.com.cy/EN/Operations/Pages/TDN\\_NA\\_Transmission.aspx](http://www.eac.com.cy/EN/Operations/Pages/TDN_NA_Transmission.aspx)
- [08] *Ministry of Commerce, Industry and Tourism; Energy Service* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlenergyservice\\_en/dmlenergyservice\\_en?OpenDocument](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/dmlenergyservice_en/dmlenergyservice_en?OpenDocument)
- [09] *World Weather Information Service* [online]. Dostupný na WWW:  
<http://www.worldweather.org/104/c01441.htm>
- [10] *Cyprus energy regulatory authority (CERA)* [online]. Dostupný na WWW:  
<http://www.cera.org.cy/main/default.aspx?tabid=71>
- [11] *Organisation structure* [online]. Dostupný na WWW:  
<http://www.cera.org.cy/main/default.aspx?tabid=73>
- [12] *Exousies and responsibilities of CERA for the electricity market* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.cera.org.cy/main/default.aspx?tabid=74>
- [13] *About the Cyprus TSO* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.dsm.org.cy/nqcontent.cfm?a\\_id=827&tt=graphic&lang=12](http://www.dsm.org.cy/nqcontent.cfm?a_id=827&tt=graphic&lang=12)
- [14] *Network Analysis; Transmission Network* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.eac.com.cy/EN/Operations/Pages/TDN\\_NA\\_Transmission.aspx](http://www.eac.com.cy/EN/Operations/Pages/TDN_NA_Transmission.aspx)
- [15] *Distribution Network* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.eac.com.cy/EN/Operations/Pages/TDN\\_NA\\_Distribution.aspx](http://www.eac.com.cy/EN/Operations/Pages/TDN_NA_Distribution.aspx)
- [16] *Cyprus agriculture 2007 – part A* [online]. 2007. Dostupný na WWW:  
[http://www.cyprus.gov.cy/moa/Agriculture.nsf/All/44C6EA61D55B2257C225767B00409425/\\$file/CYPRUS%20AGRICULTURE%202007-part%20A.pdf](http://www.cyprus.gov.cy/moa/Agriculture.nsf/All/44C6EA61D55B2257C225767B00409425/$file/CYPRUS%20AGRICULTURE%202007-part%20A.pdf)
- [17] MAXOULIS, CH., KALOGIROU, S.; *Cyprus energy policy; The road to the 2006 world renewable energy congress trophy* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6V4S-4PFFD04-1-1&\\_cdi=5766&\\_user=640830&\\_pii=S0960148107002194&\\_origin=search&\\_coverDate=03%2F31%2F2008&\\_sk=999669996&view=c&wchp=dGLzVzb-zSkWA&md5=1e83d909df8850399bcfdca333dfe27d&ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V4S-4PFFD04-1-1&_cdi=5766&_user=640830&_pii=S0960148107002194&_origin=search&_coverDate=03%2F31%2F2008&_sk=999669996&view=c&wchp=dGLzVzb-zSkWA&md5=1e83d909df8850399bcfdca333dfe27d&ie=/sdarticle.pdf)

- [18] *Climatological maps and graphs* [online]. Dostupný na WWW: [http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/All/FFB22E60267E541BC22577D2003FFA41/\\$file/Hydro\\_Map\\_09\\_10\\_UK.jpg?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/All/FFB22E60267E541BC22577D2003FFA41/$file/Hydro_Map_09_10_UK.jpg?OpenElement)
- [19] *Cyprus and its climate* [online]. 25.10.2009. Dostupný na WWW: <http://iberianature.com/wildworld/cyprus-and-its-climate/>
- [20] *Solar energy in Cyprus* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.geni.org/globalenergy/library/renewable-energy-resources/world/europe/solar-europe/solar-cyprus.shtml>
- [21] BROŽ, K., ŠOUREK, B.; *Alternativní zdroje energie*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003.
- [22] *Fotovoltaická elektrárna* [online] . Dostupný na WWW: <http://www.hlsystem.cz/cz/s661/HL-system/Fotovoltaicke-systemy/c366-Fotovoltaicka-elektrarna>
- [23] *Global energy network institute* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.geni.org/>
- [24] ZÁZVORKA, P.; *Největší fotovoltaická elektrárna ve střední Evropě je v Bušanovicích*. Časopis Stavebnictví [online] . Duben 2007, č. 04/07. Dostupný na WWW: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/nejvetsi-fotovoltaicka-elektrarna-ve-stredni-evrope-je-v-busanovicich\\_A190\\_I7](http://www.casopisstavebnictvi.cz/nejvetsi-fotovoltaicka-elektrarna-ve-stredni-evrope-je-v-busanovicich_A190_I7)
- [25] *Polohovací jednotky SunFlex* [online]. 2009. Dostupný na WWW: <http://www.cz-elektronika.cz/produkty/polohovaci-jednotky-sunflex/>
- [26] *Fotovoltaické elektrárny* [online] . Dostupný na WWW: <http://www.silekto.cz/index.php?Title=Fotovoltaick%C3%A9%20elektr%C3%A1rny&>
- [27] *Způsoby připojení fotovoltaické elektrárny* [online] . Dostupný na WWW: <http://www.alufront.cz/fotovoltaika/zpusoby-pripojeni-fotovoltaicke-elektrarny.htm>
- [28] WINKELMANN, F., BICKOVÁ, D.; *Solární elektrárny ve světě práva* [online] . 27.10.2009. Dostupný na WWW: <http://www.stavebni-forum.cz/cs/article/15376/solarni-elektrarny-ve-svetle-prava/>
- [29] *Fotovoltaika a solární panely; Možnosti připojení* [online] . Dostupný na WWW: <http://mindex.cz/schema-fotovoltaiky-3/moznosti-pripojeni/>
- [30] *Solární kolektory, systémy, fotovoltaické elektrárny a fotovoltaika; Fotovoltaický systém* [online] . Dostupný na WWW: <http://www.ekosolaris.cz/solarni-page.php?ide=24>
- [31] *Solární kolektory, systémy, fotovoltaické elektrárny a fotovoltaika; Výkupní ceny, podmínky připojení k distribuční soustavě* [online] . Dostupný na WWW: <http://www.ekosolaris.cz/solarni-page.php?ide=25>

- [32] *Předpisy; Pravidla provozování distribuční soustavy* [online] . 2009. Dostupný na WWW: <http://www.eon-distribuce.cz/cs/distribuce-elektriny/predpisy.shtml>
- [33] *Sluneční parky* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.solarenavi.cz/slunecni-elektrarny/typy-instalaci/solarni-parky/>
- [34] HOLOVSKÝ, J.; *Praxe využití fotovoltaiky* [online] . Dostupný na WWW: <http://konference.setrnedobovy.cz/component/content/article/38>
- [35] *Nejčastější dotazy* [online] . Dostupný na WWW: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika/faq>
- [36] *Technology Fundamentals; Solar thermal power plants* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.volker-quaschnig.de/articles/fundamentals2/index.php>
- [37] *Forward Osmosis Desalination* [online]. Dostupný na WWW: [http://nrgtekusa.com.p8.hostingprod.com/technology/forward\\_osmosis\\_desalination](http://nrgtekusa.com.p8.hostingprod.com/technology/forward_osmosis_desalination)
- [38] *EIA Renewable Energy; Solar Thermal Collector Manufacturing Activities* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/page/solarreport/solar.html>
- [39] *Teplo ze Slunce* [online]. 2010. Dostupný na WWW: [http://www.vscht.cz/ktt/studium/predmety/OZE/4\\_OZE\\_I.pdf](http://www.vscht.cz/ktt/studium/predmety/OZE/4_OZE_I.pdf)
- [40] *Parabolic troughs* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.estelasolar.eu/index.php?id=26>
- [41] *Fresnel* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.estelasolar.eu/index.php?id=27>
- [42] *EU Solaris Brochure* [online]. 11-2010. Dostupný na WWW: <http://www.ctaer.com/EUSolarisBrochure.pdf>
- [43] *Tower technology* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.estelasolar.eu/index.php?id=29>
- [44] *Dish stirling* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.estelasolar.eu/index.php?id=28>
- [45] *Solar Thermal Electricity 2025* [online]. 06-2010. Dostupný na WWW: [http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/Cost\\_Roadmap/2010-06\\_-\\_Solar\\_Thermal\\_Electricity\\_2025\\_-\\_ENG.pdf](http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/Cost_Roadmap/2010-06_-_Solar_Thermal_Electricity_2025_-_ENG.pdf)
- [46] *Desalination; Technologies for desalination of sea or brakish water* [online]. Dostupné na WWW: <http://www.dwc-water.com/technologies/desalination/index.html>
- [47] *Solar Water Desalination* [online]. Dostupné na WWW: [http://www.solarcps.com/Desalination\\_Systems.htm](http://www.solarcps.com/Desalination_Systems.htm)
- [48] *MED Process* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.sidem-desalination.com/en/process/MED/Process/>

- [49] MSF – Multi-stage flash distillation process [online]. Dostupné na WWW: <http://www.sidem-desalination.com/en/process/MSF/>
- [50] *Membránové procesy* [online]. Dostupné na WWW: <http://www.vscht.cz/uchi/ped/chi/chi.ii.text.k27.membranove.procesy.pdf>
- [51] BERNAUER, B. *Průmyslové uplatnění membránových procesů* [online]. Dostupné na WWW: [www.czemp.cz/download/prumyslove\\_uplatneni\\_membranovych\\_procesu\\_bb.pdf](http://www.czemp.cz/download/prumyslove_uplatneni_membranovych_procesu_bb.pdf)
- [52] *Reverse osmosis technical data; Pure Water Handbook* [online]. Dostupné na WWW: [http://www.vagabondwater.com/graphics/file/REVERSE\\_OSMOSIS\\_TECHNICAL\\_DATA.pdf](http://www.vagabondwater.com/graphics/file/REVERSE_OSMOSIS_TECHNICAL_DATA.pdf)
- [53] *Nrgtek Inc – Forward Osmosis Desalination* [online]. Dostupný na WWW: [http://nrgtekusa.com.p8.hostingprod.com/technology/forward\\_osmosis\\_desalination](http://nrgtekusa.com.p8.hostingprod.com/technology/forward_osmosis_desalination)
- [54] BLANCO, J. *White paper; Innovative ideas to reduce current cost of solar seawater desalination based on MED technology* [online]. Dostupný na WWW: [http://www.idswater.com/Common/Paper/Paper\\_46/INNOVATIVE%20IDEAS%20TO%20REDUCE%20CURRENT%20COST.htm](http://www.idswater.com/Common/Paper/Paper_46/INNOVATIVE%20IDEAS%20TO%20REDUCE%20CURRENT%20COST.htm)
- [55] *Solar Resources, The Future Of Energy* [online]. Dostupný na WWW: <http://energyfuture.wikidot.com/solar-resources>
- [56] *Solar thermal energy* [online]. Dostupný na WWW: [http://uk.ask.com/wiki/Solar\\_thermal\\_energy](http://uk.ask.com/wiki/Solar_thermal_energy)
- [57] *Parabolic Troughs* [online]. Dostupný na WWW: [http://www.sbp.de/en#sun/category/99-Parabolic\\_Troughs](http://www.sbp.de/en#sun/category/99-Parabolic_Troughs)
- [58] *Dish Stirling* [online]. Dostupný na WWW: [http://www.sbp.de/en#sun/category/100-Dish\\_Stirling](http://www.sbp.de/en#sun/category/100-Dish_Stirling)
- [59] *Solar Updraft Tower* [online]. Dostupný na WWW: [http://www.sbp.de/en#sun/technology/101-Solar\\_Updraft\\_Tower](http://www.sbp.de/en#sun/technology/101-Solar_Updraft_Tower)
- [60] *Additional Technologies* [online]. Dostupný na WWW: [http://www.sbp.de/en#sun/technology/102-Additional\\_Technologies](http://www.sbp.de/en#sun/technology/102-Additional_Technologies)
- [61] *Instalaciones e Infraestructuras; Descripción general de la PSA* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.psa.es/webesp/instalaciones/index.php>
- [62] *Alternative Energy Blog* [online]. Dostupný na WWW: [http://www.unenergy.org/index.php?p=1\\_225\\_CSP](http://www.unenergy.org/index.php?p=1_225_CSP)
- [63] *Energetika; První solární věž v Německu* [online]. Dostupný na WWW: [http://neviditelnypes.lidovky.cz/energetika-prvni-solarni-vez-v-nemecku-dy8-/p\\_ekonomika.asp?c=A100726\\_182329\\_p\\_ekonomika\\_wag](http://neviditelnypes.lidovky.cz/energetika-prvni-solarni-vez-v-nemecku-dy8-/p_ekonomika.asp?c=A100726_182329_p_ekonomika_wag)

- [64] *Parabolic Trough Power Plant “Andasol 1”*; *Facts and Data* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.schott.com/newsfiles/20060925151741\\_DuF\\_Andasol\\_E.pdf?PHPSESSID=91](http://www.schott.com/newsfiles/20060925151741_DuF_Andasol_E.pdf?PHPSESSID=91)
- [65] *Alvarado* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.estelasolar.eu/index.php?id=57>
- [66] *Extresol* [online]. Dostupný na WWW:  
<http://www.estelasolar.eu/index.php?id=47>
- [67] *Project Andasol 1* [online]. Dostupný na WWW:  
<http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/powerplants/Andasol.pdf>
- [68] *Proyecto Extresol 1* [online]. Dostupný na WWW:  
<http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/powerplants/extresol/Extresol.pdf>
- [69] *Annual Report 2006* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/powerplants/ATR2006\\_ing.pdf](http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/powerplants/ATR2006_ing.pdf)
- [70] *Energetika; Zachráni nás pouště?* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://neviditelnypes.lidovky.cz/energetika-zachrani-nas-pouste-dmo-p\\_ekonomika.asp?c=A080616\\_161908\\_p\\_ekonomika\\_wag](http://neviditelnypes.lidovky.cz/energetika-zachrani-nas-pouste-dmo-p_ekonomika.asp?c=A080616_161908_p_ekonomika_wag)
- [71] *Concentrating Solar Power* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.abengoasolar.com/corp/web/en/technologies/concentrated\\_solar\\_power/what\\_is\\_it/index.html](http://www.abengoasolar.com/corp/web/en/technologies/concentrated_solar_power/what_is_it/index.html)
- [72] *Solúcar Platform* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.abengoasolar.com/corp/web/en/our\\_projects/solucar/index.html](http://www.abengoasolar.com/corp/web/en/our_projects/solucar/index.html)
- [73] *Projects in Spain* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.abengoasolar.com/corp/web/en/our\\_projects/spain/andalucia/index.html](http://www.abengoasolar.com/corp/web/en/our_projects/spain/andalucia/index.html)
- [74] *Projects in USA* [online]. Dostupný na WWW:  
[http://www.abengoasolar.com/corp/web/en/our\\_projects/usa/arizona/index.html](http://www.abengoasolar.com/corp/web/en/our_projects/usa/arizona/index.html)
- [75] MÜLLER-STEINHAGEN, H. *Solar Thermal Power Plants – One the Way to Commercial Market Introduction* [online]. Dostupný na WWW:  
[www.htri.net/Public/prodsvcs/HMS\\_Victoria1.pdf](http://www.htri.net/Public/prodsvcs/HMS_Victoria1.pdf)
- [76] POULLIKAS, A. *Economic analysis of power generation from parabolic trough solar thermal plants for the Mediterranean region—A case study for the island of Cyprus* [online]. 2009. Dostupný na WWW:  
[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6VMY-4WNWRTJ-2-13&\\_cdi=6163&\\_user=640830&\\_pii=S1364032109001294&\\_origin=search&\\_zone=rslt\\_list\\_item&\\_coverDate=12%2F31%2F2009&\\_sk=999869990&wchp=dGLbVIW-zSkzk&md5=263e5cbbeeb769d491b4569bfec49c67&ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6VMY-4WNWRTJ-2-13&_cdi=6163&_user=640830&_pii=S1364032109001294&_origin=search&_zone=rslt_list_item&_coverDate=12%2F31%2F2009&_sk=999869990&wchp=dGLbVIW-zSkzk&md5=263e5cbbeeb769d491b4569bfec49c67&ie=/sdarticle.pdf)

- [77] *Renewable energy policy review; Cyprus* [online]. Dostupný na WWW: [http://www.erec.org/fileadmin/erec\\_docs/Projcet\\_Documents/RES2020/CYPRUS\\_RES\\_Policy\\_Review\\_09\\_Final.pdf](http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Projcet_Documents/RES2020/CYPRUS_RES_Policy_Review_09_Final.pdf)
- [78] LIZIDES, A. *RES National Plan – Cyprus* [online]. 2011. Dostupný na WWW: [http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/events/STEI\\_2011/powerpoint\\_presentations/thursday/4\\_RES\\_National\\_Plan\\_Cyprus\\_Ministry\\_of\\_Commerce\\_Industry\\_Tourism\\_v2.pdf](http://www.estelasolar.eu/fileadmin/ESTELAdocs/documents/events/STEI_2011/powerpoint_presentations/thursday/4_RES_National_Plan_Cyprus_Ministry_of_Commerce_Industry_Tourism_v2.pdf)
- [79] *Intermittent energy source* [online]. Dostupný na WWW: [http://uk.ask.com/wiki/Intermittent\\_power\\_source?qsrc=3044#Terminology](http://uk.ask.com/wiki/Intermittent_power_source?qsrc=3044#Terminology)
- [80] *Mantenimiento Centrales termosolares* [online]. Dostupný na WWW: [http://centrales termosolares.com/EN\\_mantenimientodecentrales termosolares.html](http://centrales termosolares.com/EN_mantenimientodecentrales termosolares.html)
- [81] *Cost reduction study for solar thermal power plants* [online]. 1999. Dostupný na WWW: <http://www.solarpaces.org/Library/docs/STPP%20Final%20Report2.pdf>
- [82] POULLIKKAS, A. *Independent power producer technology selection algorithm; Manual* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.eac.com.cy/EN/ResearchAndDevelopment/Documents/M.pdf>
- [83] POULLIKKAS, A. *Optimization algorithm for reverse osmosis desalination economics* [online]. 2000. Dostupný na WWW: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MIimg&\\_imagekey=B6TFX-42R1KJN-7-1&\\_cdi=5238&\\_user=640830&\\_pii=S0011916401000844&\\_origin=gateway&\\_coverDate=02%2F10%2F2001&\\_sk=998669998&view=c&wchp=dGLzVlb-zSkzV&md5=392182939acbfbc7161267745ed7fa0d&ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TFX-42R1KJN-7-1&_cdi=5238&_user=640830&_pii=S0011916401000844&_origin=gateway&_coverDate=02%2F10%2F2001&_sk=998669998&view=c&wchp=dGLzVlb-zSkzV&md5=392182939acbfbc7161267745ed7fa0d&ie=/sdarticle.pdf)
- [84] PASHARDES, P.; KOUNDOURI, P.; HAJISPYROU, S. *Household Demand and Welfare Implications of Water Pricing in Cyprus; Department of Economics university of Cyprus* [online]. 2000. Dostupný na WWW: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.22.7316&rep=rep1&type=pdf>
- [85] *Seawater desalination* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.serieswater.com/product/125-seawater-desalination--a1aa/>
- [86] *Industry projects; Water technology* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.water-technology.net/projects/>
- [87] *Plataforma Solar de Almeria; Instalaciones e Infraestructuras* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.psa.es/webesp/instalaciones/desalacion.php>
- [88] Cyprus – Land Use [online]. Dostupný na WWW: [http://www.lib.utexas.edu/maps/atlas\\_middle\\_east/cyprus\\_land.jpg](http://www.lib.utexas.edu/maps/atlas_middle_east/cyprus_land.jpg)
- [89] *Map of Cyprus* [online]. Dostupný na WWW: <http://www.intercyprus.com/maps/cyprus-sm.jpg>

# Seznam příloh

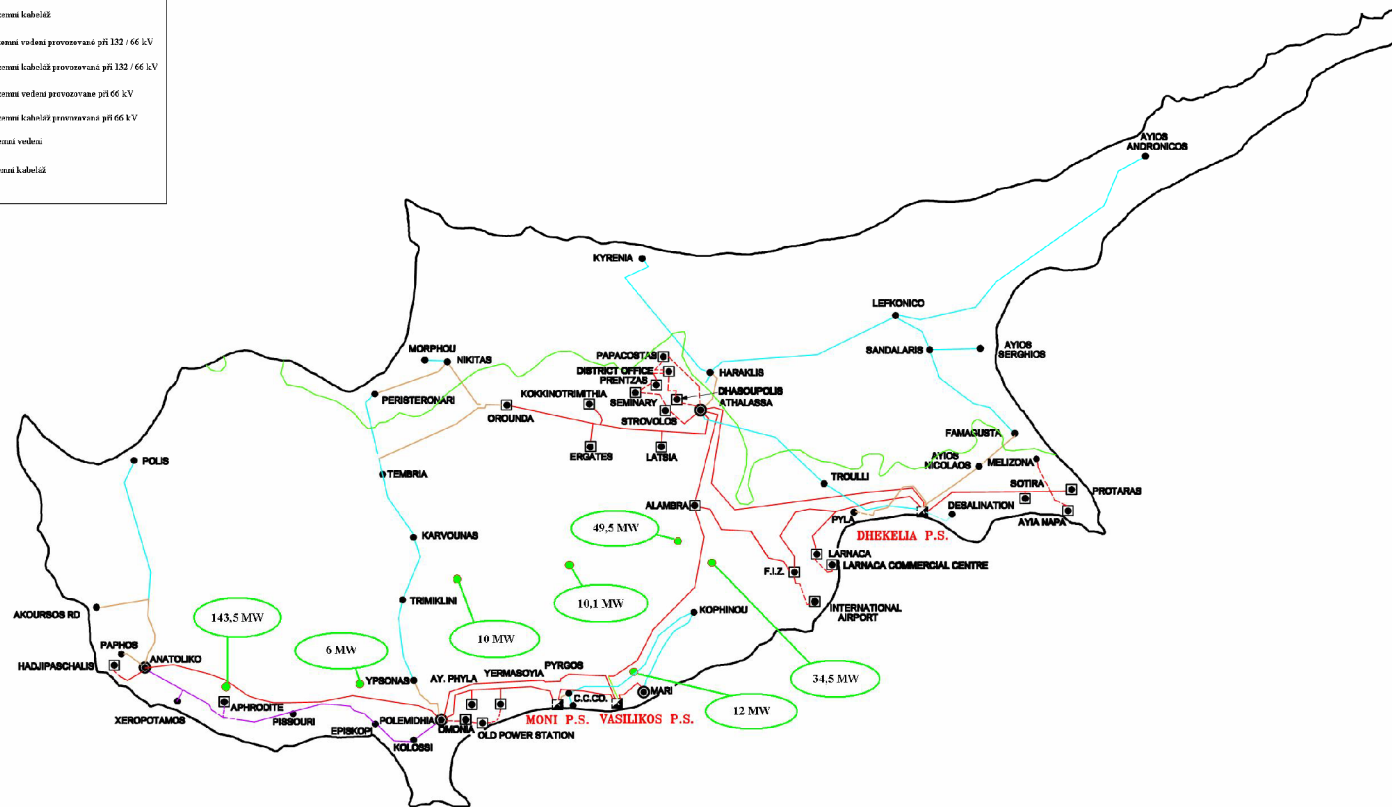
<u>Příloha č. 1:</u> Plánované větrné elektrárny na Kypru.....	73
<u>Příloha č. 2:</u> Rozložení přenosové soustavy Kypru .....	74
<u>Příloha č. 3:</u> Přehled vybraných ST žlabových elektráren ve světě .....	75
<u>Příloha č. 4:</u> Přehled vybraných ST elektráren s věží ve světě .....	76
<u>Příloha č. 5:</u> Vhodná místa pro STE s odsolováním .....	77



## Příloha č. 1: Plánované větrné elektrárny na Kypru

Legenda:

- Výrobní stanice
- 132 / 66 kV transformovna
- 132 / 11 kV transformovna
- 66 / 11 kV transformovna
- 120 kV nadzemní vedení provozované při 132 kV
- 132 kV nadzemní vedení
- 132 kV podzemní kabeláž
- 132 kV nadzemní vedení provozované při 132 / 66 kV
- 132 kV podzemní kabeláž provozované při 132 / 66 kV
- 132 kV nadzemní vedení provozované při 66 kV
- 132 kV podzemní kabeláž provozované při 66 kV
- 66 kV nadzemní vedení
- 66 kV podzemní kabeláž





### Příloha č. 3: Přehled vybraných ST žlabových elektráren ve světě

Název	Místo	Sklad [h]	Sluneční potenciál [kWh/m <sup>2</sup> /rok]	Roční výroba [GWh/rok]	Kapacita [MW]	Ceková plocha [m <sup>2</sup> ]	Pořizovací cena [€]	Plocha [m <sup>2</sup> /kW]	Cena [€/kW]	Poznámka
SEGS	Mohanská poušť, Kalifornie	0	2 700		384	6 400 000		17		9 elektráren; v noci výroba spalováním zemního plynu
Solana	Phoenix, Arizona	6			250	7 769 964	1 003 440 727	31	4 014	
Blythe Solar Power Project	Mohanská poušť, Kalifornie				1 000	28 429 166	4 152 168 525	28	4 152	4 x 250 MW
Nevada Solar One	Poušť v Nevadě	0		130	64	1 600 000	187 418 479	25	2 928	760 zrcadlových polí, každé 100 m, celkem 184 000 zrcadel
Andasol 1	Andalusie, Španělsko	7,5	2 201	179	50	1 950 000	310 000 000	39	6 200	každý skladovací tank průměr 36 m a výška 14 m, sklad 3 500 h/rok, 28 000 t soli, 624 kolektor.jednotek = 510 120 m <sup>2</sup>
Andasol 2	Andalusie, Španělsko	7,5	2 201	179	50	1 950 000	310 000 000	39	6 200	
SSPS - DCS	Poušť Tabernas, Španělsko	ano	1 900		1,2					spojeno s MED odsolováním, 73m <sup>3</sup> /den
Extresol 1	Extremadura, Španělsko	7	2 165	154	50	2 250 000	289 313 164	45	5 786	624 kolektorových jednotek na ploše 510 120 m <sup>2</sup>
Extresol 2	Extremadura, Španělsko	7	2 165	154	50	2 250 000	289 313 164	45	5 786	624 kolektorových jednotek na ploše 510 120 m <sup>2</sup>
Solnova 1	Seville, Španělsko	0		115	50	1 150 000	194 051 513	23	3 881	360 modulů, každý 7 m <sup>2</sup> = 260 000 m <sup>2</sup>
Alvarado	Španělsko				50	1 300 000	236 000 000	26	4 720	184 320 zrcadel

### Příloha č. 4: Přehled vybraných ST elektráren s věží ve světě

Název	Místo	Sklad [h]	Sluneční potenciál [kWh/m <sup>2</sup> /rok]	Roční výroba [GWh/rok]	Kapacita [MW]	Ceková plocha [m <sup>2</sup> ]	Pořizovací cena [€]	Plocha [m <sup>2</sup> /kW]	Cena [€/kW]	Poznámka
PS10	Seville, Španělsko	1	2 100	24,3	11	750 000	30 272 036	68	2 752	věž 100 m, 624 heliostatů, každý 120 m <sup>2</sup> = 75 000 m <sup>2</sup>
PS20	Seville, Španělsko	0	2 100	48,6	20	900 000		45		věž 160 m, 1 255 heliostatů, každý 120 m <sup>2</sup>
Ivanhap (ISEGS)	Mohanská poušť, Kalifornie				400	13 354 626		33		2 x 100 MW - 2 x 3 věže (2 x 850 akrů), 1 x 200 MW - 1 x 4 věže (1 600 akrů)
Solar Two	Mohanská poušť, Kalifornie	ano			10					
CESA 1	Poušť Tabernas, Španělsko	ano	1 900		7					věž 80 m, 300 heliostatů, 16 řad na ploše 12 000 m <sup>2</sup>
SSPS - CRS	Poušť Tabernas, Španělsko		1 900		2,7					věž 43 m, 91 heliostatů
Solar Tres	Andalusie, Španělsko	15	2 060	96,4	19	1 420 000		75		věž 120 m, 2 480 heliostatů, každý 120 m <sup>2</sup> = 300 000 m <sup>2</sup> , 6 250 t soli a 3x větší kapacita na kg soli
Ivanpah	USA	0			400	13 760 000	931 447 261	34	2 329	
Solarturmkraftwerk Jülich	Jülich, Německo	1			1,5	80 000	21 700 000	53	14 467	Testovací věž 60 m = plocha 22 m <sup>2</sup> , 2 153 heliostatů = 18 000 m <sup>2</sup>

### Příloha č. 5: Vhodná místa pro STE s odsolováním

