

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí



Ekologické zhodnocení energetické návratnosti domovních
fotovoltaických systémů v podmínkách České republiky

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Votruba, Ph.D.

Autor práce: Barbora Pospíšilová

© 2021 ČZU v Praze

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Ekologické zhodnocení energetické návratnosti domovních fotovoltaických systémů v podmínkách České republiky“ vypracovala samostatně za použití uvedených zdrojů, vlastních poznatků a pod vedením vedoucím bakalářské práce.

V Praze, dne 30. března 2021

Barbora Pospíšilová

PODĚKOVÁNÍ

Upřímně děkuji Ing. Zdeňkovi Votrubovi, Ph.D. za cenné rady, ochotu pomoci a odborné vedení bakalářské práce.

V Praze, dne 30. března 2021

Barbora Pospíšilová

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na ekologické zhodnocení energetické návratnosti domovních fotovoltaických systémů v podmínkách České republiky. Obsahuje rozbor různých typů fotovoltaických panelů, jejich zapojení a výkon pro malé domácí fotovoltaické elektrárny. Dále je zmíněna i legislativní náročnost pořízení malé domácí fotovoltaické elektrárny a v závěru zhodnocení všech ekologických aspektů pořízení fotovoltaických panelů a domácích elektráren. Je nutné brát v úvahu i ekologickou zátěž výroby a následně likvidace fotovoltaických panelů. Závěr práce obsahuje reálné zhodnocení celkového vlivu alternativní výroby elektřiny a její návratnosti, a to z pohledu uživatele, výrobce a z pohledu zátěže na životní prostředí.

Klíčová slova

Fotovoltaická elektrárna, fotovoltaický panel, fotovoltaický článek, likvidace, návratnost, větrná elektrárna, životní prostředí.

Abstract

The bachelor thesis is focused on the ecological evaluation of the energy return of domestic photovoltaic systems in the conditions of the Czech Republic. It contains an analysis of different types of photovoltaic panels, their connection and performance for small domestic photovoltaic power plants. It also mentions the legislative complexity of acquiring a small domestic photovoltaic power plant and in the end the evaluation of all ecological aspects of the acquisition of photovoltaic panels and domestic power plants. It is necessary to take into account the ecological burden of production and subsequent disposal of photovoltaic panels. The conclusion of the thesis contains a real evaluation of the overall impact of alternative electricity production and its return, from the perspective of the user, producer and in terms of environmental impact.

Key words

Photovoltaic power plant, photovoltaic panel, photovoltaic cell, disposal, recoverability, wind power plant, environment.

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod | 1 |
| 2. Cíl práce..... | 2 |
| 3. Metodika práce | 3 |
| 4. Solární panely a jejich zhodnocení..... | 5 |
| 4.1. Druhy fotovoltaických článků | 6 |
| 5. Popis technologie výroby vybraného typu solárního panelu včetně odhadu energetické náročnosti a ekologické zátěže vlastní výroby | 7 |
| 5.1. Postup výroby | 9 |
| 6. Definice podmínek provozu domácích solárních elektráren v ČR, energetický zisk, ekologické aspekty | 11 |
| 6.1. Vyhláška 475/2005 Sb. A její novelizace vyhláškou č. 364/2007 Sb..... | 12 |
| 6.2. Vyhláška č. 150/2007 Sb..... | 13 |
| 7. Středočeský kraj a využití sluneční energie k provozu fotovoltaické elektrárny..... | 17 |
| 7.1. Charakteristika Středočeského kraje..... | 17 |
| 8. Likvidace solárních panelů, energetická náročnost, ekologická zátěž..... | 21 |
| 8.1. Termická metoda recyklace..... | 21 |
| 8.2. Mechanicko-chemická metoda | 22 |
| 8.3. Recyklované složky..... | 22 |
| 8.4. Energetická návratnost | 23 |
| 9. Souhrnná energetická bilance pro vybrané typy solárních panelů, ekologický dopad použití | 24 |
| 9.1. Konkretizace energetické bilance | 26 |
| 10. Rámcové porovnání s větrnou elektrárnou | 28 |
| 11. Posouzení vlivu fotovoltaických panelů na životní prostředí..... | 31 |
| 12. Závěr a doporučení | 42 |
| 13. Literatura..... | 44 |

1. Úvod

Předložená bakalářská práce se zabývá ekologickým zhodnocením energetické návratnosti domovních fotovoltaických systémů v podmínkách České republiky.

Mnoho vyspělých zemí v současnosti chápe význam a důležitost obnovitelných zdrojů energie a klade důraz na jejich hledání a maximální využití. V minulosti se tímto tématem naše republika nezabývala, ale na základě nátlaku postupu znečištění životního prostředí, vyčerpávání levnějších neobnovitelných zdrojů a pod závazky Evropské unie se po roce 2004 vytvořilo mnoho nástrojů pro podporu využívání obnovitelných zdrojů. Mezi tyto nástroje patří zejména legislativní nařízení, regulace výkupních cen, zelené bonusy, poskytování levnějších úvěrů a daňové úlevy.

Obnovitelné zdroje jsou ekologičtější variantou k původně využívaným zdrojům energie, především založeným na spalování fosilních paliv. Přitom je symbolické, že první používané zdroje energie (vodní, větrná) bychom dnes jistě zařadili mezi právě ekologické, obnovitelné zdroje. A právě k těmto zdrojům energie se dnes, v modernizované podobě opět vracíme. Obnovitelné zdroje jsou prakticky nevyčerpatelné, řadíme k nim energie vody, příboje a přílivu oceánu, větru a slunečního záření, spalování biomasy, geotermální energii a využívání tepelných čerpadel. Z hlediska ekologického jsou tato zařízení sice výhodnější, ale jsou technologicky poměrně náročná, a především energeticky relativně málo zisková, proto je nezbytné při stejném energetickém zisku budovat větší, tedy i dražší technologické celky. Zcela specifické je pak postavení jaderné energetiky, která je sice během provozu prakticky ze 100% ekologická, energeticky vysoce zisková, na druhou stranu generuje „vyhořené“ palivo se všemi problémy s jeho zpracováním či uložením. Musíme zde zhodnotit nejen náklady na pořízení těchto zařízení, ale i náklady na jejich likvidaci, nebo recyklaci. I sebelepší zařízení nám jednoho dne doslouží, případně se poškodí a bude jej nutné opravit, nebo vyměnit. Také musíme zhodnotit i možný dopad na faunu a flóru, a to nejen v okolí tohoto zařízení, ale i v celkové souvislosti státu případně globálního dopadu.

Energie jako taková má mnoho významů a může mít různé podoby, především podle toho, zda preferujeme přístup fyzikální, chemický, čistě energetický nebo technologický. Během přírodních procesů se tyto podoby mění jedna ve druhou. Zdroje energie jsou pak, které obsahují skrytou energii a zdroje s energií pohybovou. Obnovitelné zdroje jsou nazývány také jako alternativní zdroje. Jedná se tedy o energii vyrobenou jiným způsobem než spalování fosilních paliv, nebo štěpením jaderného paliva. Důležitost a význam alternativních zdrojů energie je jasně dán faktem, že k vyčerpání uhlí, ropy a plynu, dojde nejpozději v roce 2050.

Z pohledu trvale udržitelného rozvoje a ekonomiky je kladen důraz na vyrovnané využívání jednotlivých zdrojů energie. A to primárních zdrojů s postupným přechodem ke zdrojům alternativním.

Česká republika se v přístupové dohodě v roce 2003 zavázala, že zvýší podíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů, tedy, že tento podíl bude v roce 2010 dosahovat 8 % z celkové výroby elektrické energie a 6 % spotřeby primárních zdrojů. Ke zvyšování výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů již začalo v roce 2004 a například ČEZ v tomto roce meziročně zvýšil podíl výroby z obnovitelných zdrojů o 97 %.

2. Cíl práce

Cílem předložené bakalářské práce je zpracování ekologické a energetické rovnováhy výroby energie pomocí solárních panelů, a to s přihlédnutím k energetickým nárokům na výrobu, instalaci, provoz a následnou ekologickou likvidaci těchto panelů. Práce vznikla především jako reakce na, v některých případech, chybně uváděné energetické bilanci těchto alternativních zdrojů energie. Je samozřejmé, že s rostoucí modernizací a pokrokem v oblasti zpracování čistých materiálů, technologie výroby a nových fyzikálních poznatků se životnost, a především množství vyprodukované energie výrazně zvyšuje, bohužel ale zároveň s tím stoupá právě energetická náročnost jejich výroby, a ještě více energetická náročnost jejich ekologické likvidace po ukončení doby jejich provozu. Je totiž třeba si uvědomit, že přestože je celková životnost solárních panelů průměrně kolem 30 let,

v průběhu „stárnutí“ panelu výrazně klesá jejich účinnost, tedy schopnost přeměny sluneční energie na energii elektrickou. Proto je spíše z ekonomických důvodů doba ekonomické výroby energie solárních panelů stanovena dobou provozu, kdy účinnost solárního panelu klesne na (resp. pod) 80 % původní účinnosti. Výrobci tenkovrstvých panelů aktuálně garantují, že pokles účinnosti panelů je cca 10 % za 10–12 let, pokles o 20 % je zpravidla garantován v rozmezí 25 let, lze ale očekávat i dobu výrazně delší, v tuto chvíli nejsou k dispozici dostatečná data z provozních podmínek. Je tedy zřejmé, že již pouhý odhad reálné provozní doby solárních panelů je poměrně problematický, zvláště, pokud bude vztažen k množství vytvořené energie a porovnán s potřebnou energií na výrobu a likvidaci těchto panel.

Z výše uvedených důvodů jsem se zaměřila na popsanou problematiku, zúžila ji na oblast solárních panelů využívaných v oblasti malých domácích solárních elektráren a pokusila se tak následně ověřit a případně korigovat některá zažitá a poměrně nepřesná tvrzení. Ve své práci jsem se samozřejmě věnovala i rozboru různých typů fotovoltaických panelů, jejich zapojení a výkon pro malé domácí fotovoltaické elektrárny. Zároveň zde bude zmíněna i legislativní náročnost pořízení malé domácí fotovoltaické elektrárny a v závěru mé práce bude zhodnocení všech ekologických aspektů pořízení fotovoltaických panelů a domácích elektráren. Jak jsem již výše uvedla, je nutné brát v úvahu i ekologickou zátěž výroby a následně i likvidace fotovoltaických panelů. S přihlédnutím na oblast, kde bude tato domácí solární elektrárna pořízena a nainstalována v domácích podmínkách, by tato práce měla umožnit reálně zhodnotit celkový vliv alternativní výroby elektřiny a její návratnosti, a to z pohledu uživatele, výrobce a z pohledu zátěže na životní prostředí.

3. Metodika práce

Využívání jednotlivých obnovitelných zdrojů energie je individuální, je závislé na klimatických a geografických podmínkách, má silně regionální charakter a je limitováno ještě dalšími omezeními technickými, legislativními, ekonomickými a environmentálními. Podíl ekologických zdrojů na celkové spotřebě energie je zatím v řádu několika procent [3]. Budoucí vývoj energetické situace nebude jednoduchý. Dnes jsme závislí na dodávkách uhlí z okolních států, tedy především z Polska. Rozvoj

tzv. čisté energie je v centru pozornosti politiků, veřejnosti a nemělo by se zapomínat, že je zapotřebí rozvíjet všechny dostupné zdroje energie a nezávážňovat jen některé z nich. Předložená práce by měla zohlednit všechny aspekty použití fotovoltaických článků při zásobování elektrickou energií rodinného domu.

Při současném hyperrychlém vývoji nových a daleko výkonnějších technologií, lze usoudit, že některé zde zmíněné informace už nebudou zcela aktuální a současný trend bude na začátku nové a lepší cesty. Je však nutné pochopit princip přeměny sluneční energie na elektrickou energii a zvážit zatížení této technologie pro okolní životní prostředí. Důležitým aspektem je i návratnost takto vložených investic a likvidace panelů při dosažení jejich maximální životnosti.

Z těchto důvodů je tato práce rozdělena do několika částí. V úvodní části je řešena problematika solárních panelů, jejich typy a vhodnost využití. Vzhledem k zaměření práce směrem k malým domácím solárním elektrárnám byl zvolen odpovídající typ solárního panelu, pro který byly zjištěny odpovídající provozní parametry, především garantovaná doba provozu (= doba, po které poklesne výkon panelu na 80 % původní účinnosti). Pro tento panel byly následně identifikovány hlavní suroviny a jejich vzájemný poměr. Vzhledem ke známé hmotnosti fotovoltaického panelu byly stanoveny hmotnostní podíly jednotlivých klíčových surovin a pro tyto byly zjišťovány energetické náročnosti při výrobě (pro zjednodušení pouze v poslední etapě výroby). Na základě tohoto výpočtu bylo možné stanovit, jaká je reálná energetická náročnost výroby konkrétního fotovoltaického panelu.

Obdobným způsobem byla stanovena i energetická náročnost pro ekologickou likvidaci hlavních částí solárního panelu, a to opět především s přihlédnutím na první etapu ekologické likvidace. Nebyly tedy řešeny další náklady na skladování, dopravu, případně sekundární výrobu. Jednoduchý propočet podle vzorce:

$$E_{celková} = E_{vyrobená} - E_{pro\ výrobu} - E_{pro\ likvidaci}$$

Je nezbytné v rámci zpracování práce pracovat s faktem, že fotovoltaické panely nespádají pod směrnici 2002/95/ES o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních (RoHS) ani pod směrnici 2002/96/ES o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (OEEZ). Obě směrnice budou revidovány a o zahrnutí fotovoltaických panelů se diskutuje, v současné verzi RoHS jsou panely explicitně vyjmuty. Přesto byl k recyklaci

fotovoltaických panelů vytvořen systém PV Cycle. Jedná se o celoevropskou aktivitu výrobců a dodavatelů fotovoltaických panelů založenou na dobrovolné zodpovědnosti za výrobek v průběhu celého životního cyklu. Je samozřejmé, že tento dobrovolný nástroj nemůže nahradit všeobecně platné legislativní předpisy, přesto však dává alespoň základní rozpětí pro zpracování této práce.

Na závěr této části práce pouze základní fyzikální shrnutí. Základní jednotkou práce a energie je dle SI jednotka Joule která je odvozena vztahem:

$$J = \frac{kg \cdot m^2}{s^2} = N \cdot m$$

Samotné jednotce joule je pak ekvivalentní wattsekunda, takže se velice často setkáváme se vztahy:

$$1 \text{ J} = 2,778 \times 10^{-7} \text{ kWh}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$$

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ} = 1,343 \text{ PS (hodin koňské síly)}$$

4. Solární panely a jejich zhodnocení

Díky fotoelektrickému jevu v polovodičích můžeme energii slunečního záření přeměnit v solárních článcích na elektrickou energii. Lze realizovat aplikace s výkonem od mW až po desítky MW.

Jediný fotovoltaický článek má jen velmi malé využití. Výstupní napětí a výkon je pro většinu aplikací malý, proto se články spojují, a to dle požadovaného napětí a odebíraného proudu. Vytváří se tak fotovoltaický modul (panel), spojením více modulů vznikne fotovoltaické pole. Moduly se ukládají do hermeticky uzavřených pouzder pro dosažení vysoké životnosti. [17]

4.1. Druhy fotovoltaických článků

Na základě použitých materiálů při výrobě fotovoltaického článku, rozlišujeme základní typy těchto článků a to:

- **Články z monokrystalického křemíku**, krystaly jsou větší než 10 cm, vyrábí se pomalým tažením z roztaveného křemíku, a to ve formě tyčí o průměru až 300 mm. Ty se následně řezou na tenké plátky (waffers). S rozvojem technologií lze vyrábět monokrystalický křemík přímo ve formě tenkých pásků tzv. gibbon growth.
- **Články z polykrystalického křemíku**, obsahují krystaly o velikosti 1-100 mm. Přítomnost většího počtu rozhraní mezi menšími krystaly však vede k nižší účinnosti, výhodou je ale podstatně levnější a rychlejší výroba.
- **Články z amorfního křemíku**, křemík nemá krystalickou, ale sklovitou strukturu, a jisté procento vodíku. Nevýhodou těchto článků je menší stabilita.
- **Články CIS**, tenkovrstvé články ze selenidu, mědi a india.
- **Články z teluridu kadmátého**, typ polykrystalického tenkovrstvého článku, problémem je ovšem relativně velký odpor vedoucí ke ztrátám.
- **Články z galiumarsenidu**, monokrystalické články, které jsou málo citlivé na vyšší teploty, mají vysokou absorpci záření a jsou velmi odolné vůči poškození radioaktivním a kosmickým zářením. Nevýhodou je vysoká cena.
- **Vícepřechodové struktury**, fotovoltaické články o více vrstvách (nejčastěji 3 vrstvy). Cílem je využití celého rozsahu slunečního spektra, a tedy dosažení vyšší účinnosti.
- **Organické fotovoltaické články**, důraz se zde klade na nízké náklady, pružnost a ohebnost článků. V současné době jsou velmi málo využívané, materiál se zde používá nejčastěji elektricky vodivé polymery [7].

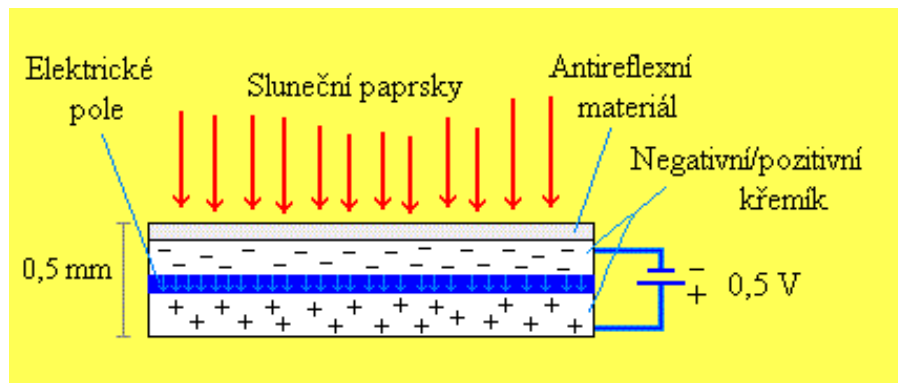
Články se do modulů propojují paralelně, nebo sériově, záleží na požadovaném výkonu (napětí, resp. proudu) fotovoltaického panelu. Na horní stranu se nejčastěji umísťuje kalené sklo, které v kombinaci s pevným hliníkovým (duralovým) rámem zajistí dostatečnou pevnost a mechanickou odolnost. K tomu je nejlepší použít sklo se sníženým obsahem železa, které má lepší propustnost pro světlo v červené a infračervené oblasti spektra. Moderní články mají antireflexní vrstvu, která snižuje ztrátu světla odrazem a zvedá tak účinnost článku o několik procent.

U monokrystalických článků tvoří antireflexní vrstvu nitrid křemíku nanášený vakuovým napařováním. Snížení reflexe můžeme taky dosáhnout vytvořením gradientu indexu lomu, nebo vytvořením textury na povrchu. K další možnosti také patří leptání bombardováním povrchu ionty ve vakuové komoře s použitím chloru, nebo směsi hexafluoridu síry a kyslíku [9].

Těsnost modulu zajišťuje vakuová laminace s použitím fólií z EVA (etylen-vinyl acetátového kopolymeru). Na zadní stranu se také může použít sklo, častěji se ale používá fólie Tedlaru (fluoropolymer, nepropustný pro vodní páru a velmi odolný proti UV záření). Celý modul je usazen do pevného rámu, aby nedošlo k poškození při zatížení větrem, sněhem, případně dokonce nedošlo k deformaci, nebo prasknutí modulu [9].

5. Popis technologie výroby vybraného typu solárního panelu včetně odhadu energetické náročnosti a ekologické zátěže vlastní výroby

PV článek je v podstatě velkoplošnou polovodičovou diodou s přechodem PN orientovaným kolmo k čelní ploše. Difúze příměsí donorů, nebo akceptorů do materiálu polovodiče pro vytvoření přechodu PN probíhá v difúzních pecích. Na přední straně PV článku bývá poté vytvořena antireflexní úprava povrchu kvůli minimalizaci odrazu s ohledem na maximální využití dopadajícího záření. Články s nejvyšší účinností se tedy jeví jako černé. Pro určité žádané dekorační účely se nanáší na přední stranu tenká průhledná vrstva pro zesílení odraženého záření určité vlnové délky v důsledku interference vln elektromagnetického záření. V odraženém světle tyto články vykazují určitý barevný odstín [9].



Obr. č. 1 - Princip fotovoltaického článku (zdroj:www.home.zcu.cz)

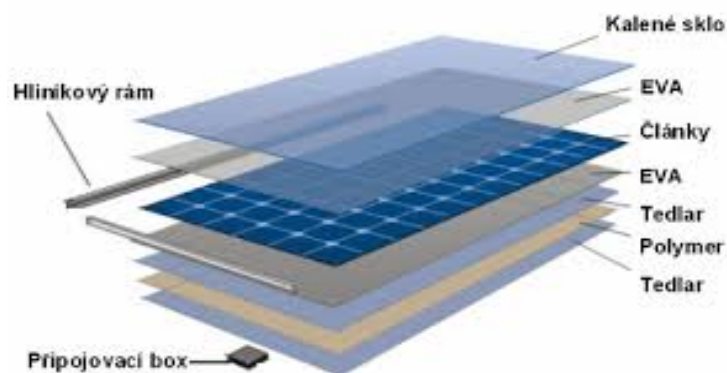
Přední kontakt je vytvořen ve tvaru mřížky, nebo hřebínku. Je to z toho důvodu, aby zakrýval co nejmenší část plochy a aby světlo tak mohlo dopadat na největší možnou plochu článku. Zadní kontakt u standardních panelů je obvykle celoplošný. Kontakty se nanášejí na standardní články buď sítotiskem, nebo náročnějšími vakuovanými technologiemi např. vakuovým napařováním. Na speciální články určené pro systémy s velkou koncentrací záření se kontakty zhotovují vnořením do materiálu polovodiče. Tímto způsobem se zvětší plocha styku mezi kontaktem a polovodičem i průřez kontaktu kvůli větším proudovým hustotám, které tímto článkem protékají. Pro zvýšení účinnosti je u kvalitnějších článků mnoho konstrukčních zdokonalení [9].

Antireflexní vrstva na přední straně minimalizuje odraz proto, aby maximum fotonů vniklo do PV článku a proniklo až do oblasti přechodu PN. Vrstvy nevodivého oxidu chemicky pasivují povrch a jen v určitých místech je vrstva poleptána a zde se odvádí elektrický náboj. Vyleptaná struktura malých jehlanů na přední straně způsobuje, že fotony snadno vstupují do PV článku. Pokud projdou, aniž by vyvolaly fotovoltaickou přeměnu a odrazí se od zadní elektrody, nemohou na přední straně vystoupit ven z článku a jsou totálním odrazem vráceny zpět. Znovu pak procházejí přechodem PN a pravděpodobnost přeměny energie se tak zvyšuje. Oboustranné PV články mají na zadní straně stejnou strukturu jako na přední straně, fotony tedy mohou dopadat současně z obou stran [9].

5.1. Postup výroby

Postup při výrobě je sériové propojení PV článků z přední i ze zadní strany, kovový pásek spojuje přední kontakt jednoho článku se zadním plošným kontaktem druhého článku. Přes propojené články se znovu pokládá plastová EVA fólie a zadní stěnu tvoří zpravidla laminátová kompozice PVF-PET-PVF (polyvinylidenfluorid-polyetyléntereftalátpolyvinylidenfluorid) [9].

Poté se vyčerpá vzduch mezi těmito vrstvami a panel se zahřeje. Etylvinylacetát se po teplotním zpracování rozteče a jako zalévací hmota zalije PV články v prostoru mezi předním sklem a zadní laminátovou stěnou panelu. Nakonec se panely rámují a zatmelují silikonovým tmelem do hliníkových profilů a opatřují krabicí s výstupními kontakty. Hotové PV panely jsou tak utěsněny proti vodě či jiným nečistotám. Životnost kvalitních PV panelů na bázi krystalických polovodičů bývá 20 až 30 let [9].



Obr. č. 2 – skladba fotovoltaického článku [9]

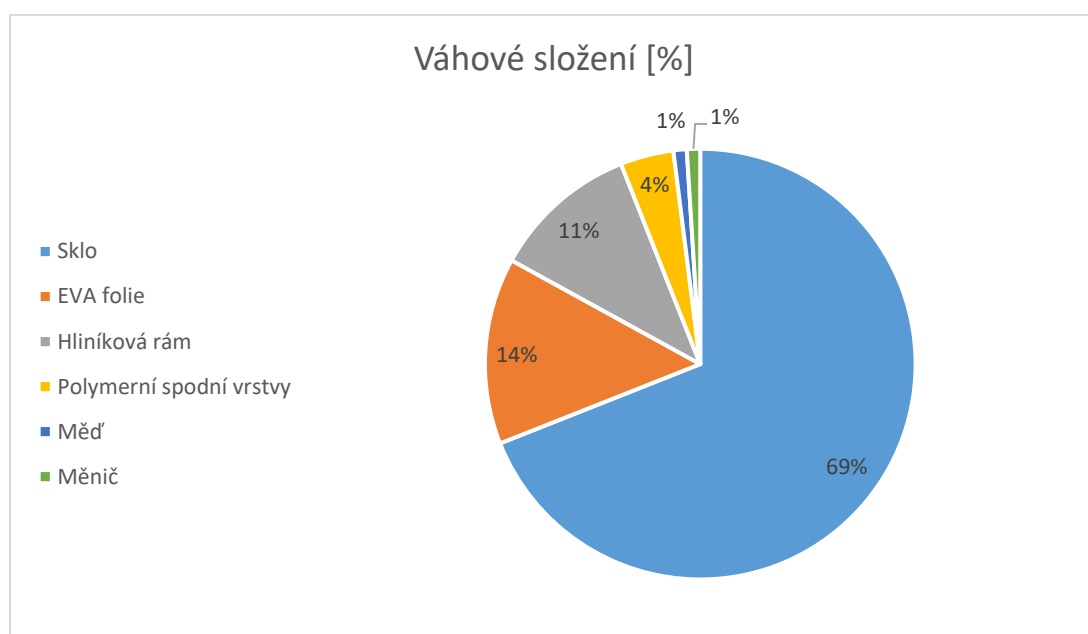
| materiál | hmotnost | Energetická náročnost |
|----------|-------------------------|-----------------------|
| sklo | 2,5 kg/1 m ² | 9,1 – 10,1 GJ/t |
| hliník | 1,0 kg/1 m ² | 365 kg/GWh |
| plast | 1,3 kg/m ² | 150 kg/GWh |
| křemík | 2,3 kg/m ² | 107 kg/GWh |
| měď | 8,9 kg/m ² | 210 – 510 kg/GWh |

Tabulka č. 1 – hmotnost a energetická náročnost jednotlivých materiálů použitých při výrobě fotovoltaického panelu

| materiál | podíl | složení panelů |
|----------|-------|----------------|
| sklo | 84 % | 16 [kg/kWp] |
| hliník | 12 % | 2 [kg/kWp] |
| plast | 3 % | 0,6 [kg/kWp] |
| křemík | 0,6 % | 0,3 [kg/kWp] |
| měď | 0,4 % | 0,1 [kg/kWp] |

Tabulka. č. 2 – materiálové složení panelů při hmotnosti 19 kg

Rozložení FV modulu podle váhy:



Graf č. 1 – rozložení FV modulu podle váhy

Novými technologiemi se podařilo výrazně snížit energetickou náročnost výroby solárního křemíku. Na výrobu krystalických článků se stále používají tenčí desky, to také výrazně přispívá ke snížení energetické náročnosti výroby panelů. Tenčí desky, tedy desky z multikrystalického křemíku, jsou ale křehčí, a proto se výtěžnost při recyklaci výrazně snižuje. [19]

V roce 2000 se Knapp a Jester zaměřili na dobu energetické návratnosti fotovoltaických modulů z monokrystalického křemíku a tenkovrstvých modulů ze sloučenin mědi, india a selenidu. Pomocí odlišné metodologie a použitím empirických

dat, které získali přímým měřením spotřebované energie, výrobních dat, účtů za energie a suroviny došli k následným výsledkům:

- u monokrystalických modulů je návratnost 5.1 let
- u tenkovrstvých modulů je návratnost 2.78 let

Hodnoty jsou přepočteny na podmínky České republiky. Z těchto hodnot bylo dále vycházeno při konkretizaci dle výpočtu v následující etapě práce.

6. Definice podmínek provozu domácích solárních elektráren v ČR, energetický zisk, ekologické aspekty

Vyrovnané využívání energetických zdrojů s vysokým podílem obnovitelných zdrojů je velice důležité i pro energetickou politiku Evropské unie a 90 % občanů členských zemí (což vyplynulo z výsledků průzkumu Eurostatu). Také Česká republika se v přístupové dohodě v březnu 2003 zavázala, že zvýší podíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů – konkrétně, že tento podíl bude v roce 2010 dosahovat 8 % z celkové výroby elektrické energie a 6 % spotřeby primárních zdrojů. Již v roce 2004 pak došlo k zvyšování výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. ČEZ v tomto roce meziročně zvýšil podíl výroby z obnovitelných zdrojů o 97 %. [13] Základní směrnicí Evropské unie pro podporu výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů je Směrnice 77/2001 ES „Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů v podmínkách jednotného trhu s elektřinou“. V roce 2005 byl na základě této směrnice vydán zákon č. 180/2005 Sb. „Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie“. Tento zákon měl vliv také na jiné zákony, vedl ke vzniku nových vyhlášek Ministerstva životního prostředí a zejména k cenovým rozhodnutím Energetického úřadu. Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů se tak stává prioritou v oblasti energetiky jak Evropské unie, tak České republiky [15].

6.1. Vyhláška 475/2005 Sb. A její novelizace vyhláškou č. 364/2007 Sb.

Novelizace vyhlášky přináší změnu indikativních hodnot technických a ekonomických parametrů, především ve smyslu předpokládané životnosti fotovoltaické elektrárny, která se z původních 15 let zvyšuje na 20 let.

§4 Technické a ekonomické parametry při podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů výkupními cenami. [20]

1. Předpokladem pro zajištění patnáctileté doby návratnosti investic při uplatnění podpory výkupními cenami za elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů je splnění hodnot technických a ekonomických parametrů výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, při nichž výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů za stanovených výkupních cen dosáhne:
 - A. Přiměřeného výnosu z vloženého kapitálu za dobu životnosti výroby elektřiny, který je určen průměrným váženým nákladem kapitálu, a
 - B. Nezáporné velikosti čisté současné hodnoty toku hotovosti po zdanění za celou dobu životnosti výroby elektřiny, při využití diskontní míry ve výši průměrného váženého nákladu kapitálu.
2. Indikativní hodnoty technických a ekonomických parametrů samostatně pro jednotlivé podporované kategorie obnovitelných zdrojů a vybrané technologie, které při výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů umožňují splnit požadovaná ekonomická kritéria podle odstavce 1, jsou uvedeny v příloze č. 3 k této vyhlášce.

Fotovoltaika – technické a ekonomické parametry v příloze č. 3 vyhlášky ERÚ 364/07 Sb.

- ✓ Předpokládaná doba životnosti nové výroby: 20 let
- ✓ Požadavek účinnosti využití primárního obsahu energie: předpokládá se konstrukce a umístění fotovoltaických článků tak, aby bylo dosaženo roční svorkové výroby elektřiny alespoň 150 kWh na metr čtvereční aktivní plochy solárního panelu. Současně je uvažován pokles výkonu panelů o 0,8 % jmenovitého výkonu ročně.
- ✓ Měrné investiční náklady a roční využití výkonu instalovaného zdroje.

6.2. Vyhláška č. 150/2007 Sb.

Tato vyhláška obsahuje z hlediska fotovoltaiky toto zásadní ustanovení: § 2 odst.: „Úřad stanovuje výkupní ceny a zelené bonusy elektřiny z obnovitelných energetických zdrojů podle zvláštních právních předpisů. Výkupní ceny a zelené bonusy jsou uplatňovány po dobu životnosti výroben elektřiny“. Po dobu životnosti výroby elektřiny, zařazené do příslušné kategorie podle druhu využívaného obnovitelného zdroje a data uvedení do provozu, se výkupní ceny meziročně zvyšují s ohledem na index cen průmyslových výrobců minimálně o 2 % a maximálně o 4 %, s výjimkou výroben spalujících biomasu a bioplyn [15].

Cenové rozhodnutí ERÚ č. 8/2008

| Datum uvedení do provozu | Výkupní ceny elektřiny Dodané do sítě v Kč/MWh | Zelené bonusy v Kč/MWh |
|--|---|-----------------------------------|
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření po 1. lednu 2009 s instalovaným výkonem do 30 kW včetně | 12 890 | 11 910 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření po 1. lednu 2009 s instalovaným výkonem nad 30 kW včetně | 12 790 | 11 810 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008 | 13 730 | 12 750 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006 | 6 710 | 5 730 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007 | 14 080 | 13 100 |

Porovnání cenového rozhodnutí ERÚ č. 7/2007 a č. 8/2008

| Datum uvedení do provozu | Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 7/2007 | Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 8/2008 |
|--|---|---|
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008 | 13 460 | 13 730 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007 | 13 800 | 14 080 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006 | 6 570 | 6 710 |

| Datum uvedení do provozu | Zelené bonusy v Kč/MWh dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 7/2007 | Zelené bonusy v Kč/MWh dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 8/2008 |
|--|---|---|
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2008 | 12 650 | 12 750 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007 | 12 990 | 13 100 |
| Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu před 1. lednem 2006 | 5 760 | 5 730 |

7. Středočeský kraj a využití sluneční energie k provozu fotovoltaické elektrárny

V předchozích kapitolách byl zmíněn princip fungování fotovoltaických panelů, druhy panelů dle použitých materiálů a také finanční náročnost jejich výroby. Analyzována byla i legislativa a dotační program, který může koncový uživatel fotovoltaické elektrárny v domácím prostředí využít a čerpat tak prostředky z rozpočtu EU a dotačních programů na podporu obnovitelných zdrojů.

Jedná se tedy v případě alternativní energie ale opravdu o čistou energii? Nevrátí se nám používání těchto výdobytků doby formou zničeného životního prostředí? A co fauna a flóra v okolí alternativních elektráren?

7.1. Charakteristika Středočeského kraje

Rozloha: 10 928 km²

(1. místo v ČR)

Počet obyvatel: cca 1,385.141 obyvatel (1. místo v ČR, cca 14 % obyvatel státu)

Hustota osídlení: cca 200 obyvatel/km²

Počet obcí: 1144

Počet měst: 84 + statutární město Kladno a Mladá Boleslav

Okresy: 12

Statutární města: Mladá Boleslav, Kladno, Příbram, Kolín a Kutná Hora

Počet obcí s rozšířenou působností: 21

Počet obcí s pověřeným obecním úřadem: 34

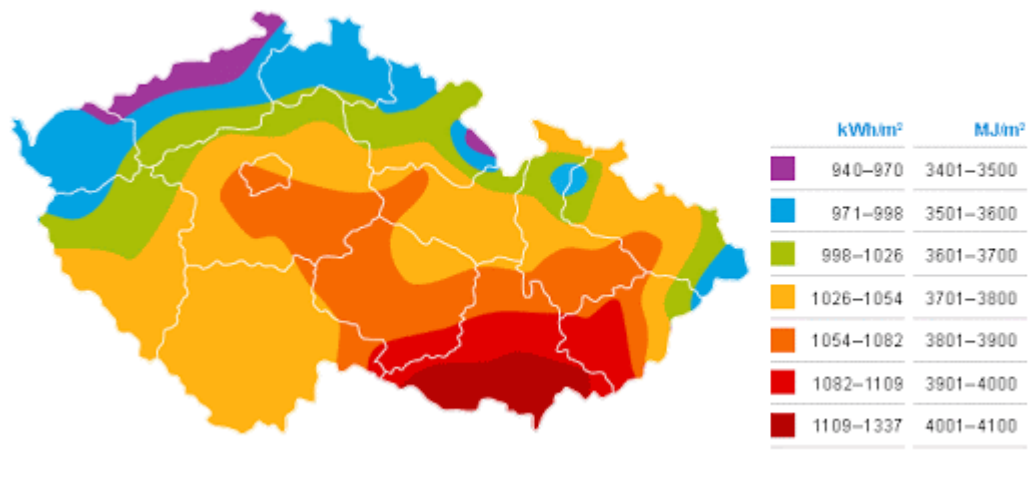
Nejvyšší bod: Tok (865 m n. m.), nejvyšší vrchol Brdské vrchoviny

Nejnižší bod: hladina Labe u obce Horní Počaply (154 m n.m.)

V České republice dopadne na 1 m² vodorovné plochy zhruba 950 – 1340 kWh energie, roční množství slunečních hodin se pohybuje v rozmezí 1331 – 1844 hod. (ČHMÚ), odborná literatura uvádí jako průměrné rozmezí 1600 – 2100 hod. Z hlediska praktického využití pak platí, že z jedné instalované kilowaty běžného systému (FV články z monokrystalického, multikrystalického křemíku, běžná účinnost střídačů), lze za rok získat v průměru 800 – 1100 kWh elektrické energie.

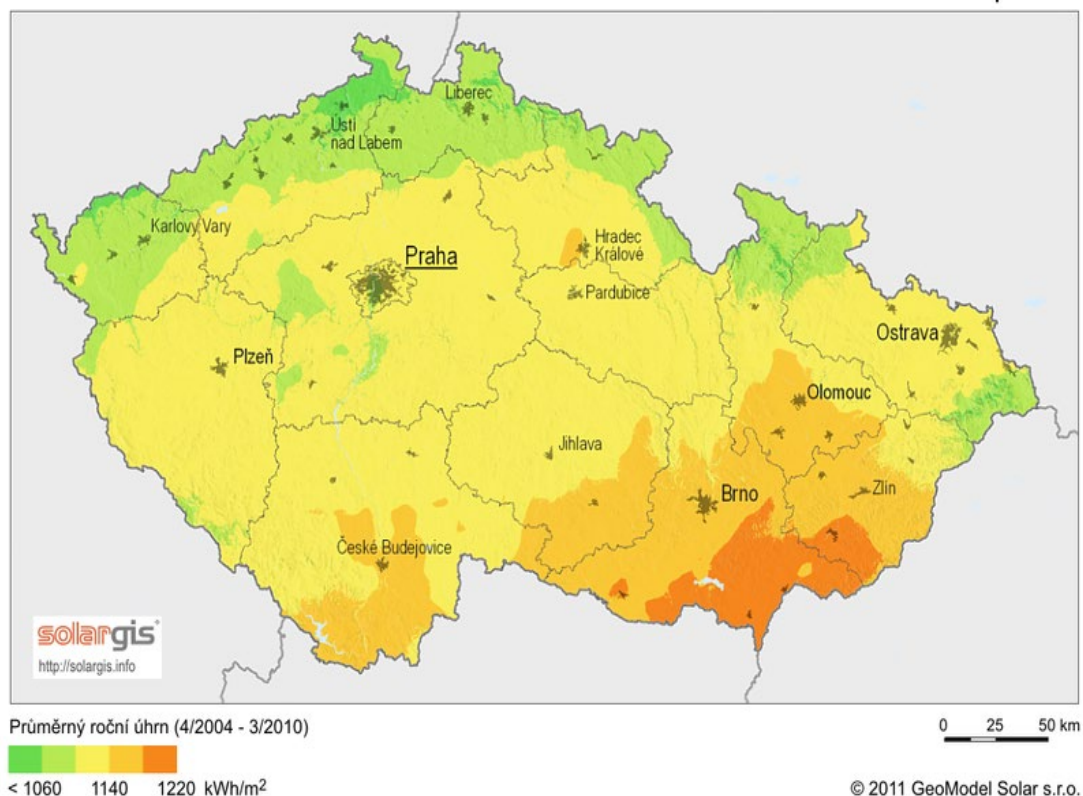
Základní otázkou při volbě vytápění rodinného domu, nebo jiné nemovitosti je znalost prostředí, kde se bude tato instalace provádět. V případě instalace fotovoltaické elektrárny se musíme soustředit na sílu a množství sluneční energie, která dopadne na dané území v celém roce. V případě větrné elektrárny je to síla a proudění větru a také obsazenost územního celku v okolí. Nelze instalovat větrnou elektrárnu na území, kde je všude v okolí zástavba obytných domů. [22]

Stejně tak nelze použít fotovoltaickou elektrárnu na území, které je celoročně zastíněné, nebo kde je velká vzdálenost fotovoltaické elektrárny k topnému systému domu. Rovněž nebude ideální rovná střecha domu, nebo poškozená střecha, která nám kvalitní instalaci neumožní a v případě ztížení povětrnostních vlivů, bude hrozit uvolnění panelů a jejich pád do okolí. Vždy musíme dbát na bezpečnost obydlí, a to nejen svého, ale i ve svém okolí, a hlavně na bezpečnost všech osob, které se v blízkosti našeho domu nachází, ať náhodně, nebo trvale. Pojdme se tedy podívat, jak je na tom středočeský kraj, co se týká množství a síly sluneční energie v průběhu roku. K tomu nám mohou pomoci mapy, které zveřejňuje hydrometeorologický ústav ČR, pravidelně na internetových stránkách. Z toho můžeme posoudit, jestli v dané lokalitě můžeme použít danou alternativní elektrárnu či nikoliv.



Obr. č. 3 – mapa sluneční energie v ČR (zdroj: www.chmi.cz)

Na obrázku č. 3 jsou zaznamenány roční úhrny sluneční energie pro všechny oblasti České republiky. Tyto hodnoty jsou uvedeny v kWh/m², následně jsou tyto hodnoty převedeny na MJ/m². Čím více kWh, tedy tmavší území na mapě, tím je sluneční energie více a tím se zkracuje i doba návratnosti fotovoltaické elektrárny.



Obr. č. 4 – mapa horizontálního slunečního záření v ČR (zdroj:www.chmi.cz)

Roční úhrny sluneční energie dopadající na vodorovnou rovinu v ČR se v průměru pohybují mezi 1000 až 1200 kWh/ (m²·rok), tzn. 3600 až 4300 MJ/ (m²·rok). Obdobné hodnoty lze uvažovat i pro optimálně skloněné plochy orientované na jih. Úhrn sluneční energie dopadající na fasády (sklon 90°) dosahuje zhruba 70 % hodnoty při optimálním sklonu. Na obr. č. 4 je znázorněna mapa úhrnů slunečního záření pro celou ČR. [21]

Také je z obr. č. 4 patrné, že středočeský kraj je, co se týká ročního úhrnu horizontálního záření, v průměru v porovnání s celou ČR. Nejméně je záření v oblasti severních Čech, nejvíce pak na jižní Moravě. Z toho lze usoudit i návratnost investic do fotovoltaické elektrárny pro domácí použití.

8. Likvidace solárních panelů, energetická náročnost, ekologická zátěž

V následujících letech se předpokládá, že bude vyřazeno z provozu jen velmi malé procento panelů, ve srovnání s celkovou produkcí odpadů v České republice se tedy jedná o zlomek promile. Kvalitní panely instalované v letech 2009 až 2011 budou vyřazeny z provozu ve větším objemu zhruba po roce 2040. Přesto musí být pamatováno na jejich likvidaci, nebo lépe řečeno na jejich recyklaci. Pro tyto případy bylo navrženo několik metod recyklací. [16]

8.1. Termická metoda recyklace

Jedná se o nejpokročilejší metodu recyklace složek FV panelů. Tato metoda je vhodná pro všechny typy panelů z krystalických článků. Lze vytěžit až 85 % článků pro nové použití, pokud nedošlo k poškození panelu. V případě, že poškození nastalo, dochází ke snížení výtěžnosti o několik procent.

Způsob recyklace – celé panely jsou zavezeny do speciální pece (Furnace), zde se zahřejí na teplotu nad 500°C. Plastové materiály se následně odpaří a v další komoře (Afterburner) jsou řízeně spalovány. Spaliny jsou přečištěny (Washer) před vypuštěním do atmosféry. Uvolněné krystalické články a ostatní materiály jsou separovány ručně. (Tabulka č. 3)

| materiál | podíl | Výtěžnost recyklace |
|----------|-------|---------------------|
| sklo | 67 % | >98 % |
| hliník | 18 % | 100 % |
| plasty | 11 % | - |
| křemík | 3 % | 85 % |
| měď | 1 % | 80 % |

Tabulka č. 3 – výtěžnost recyklace jednotlivých materiálů použitých při výrobě FP

8.2. Mechanicko-chemická metoda

Tato metoda se podobá recyklaci LCD televizorů. Je vhodná spíše pro tenkovrstvé panely, na výstupu lze získat pouze drcené suroviny. Je zde menší podíl ruční práce.

Způsob recyklace – v prvním kroku se demontuje hliníkový rám. Následuje drcení a třídění velikostních frakcí. K oddělení jednotlivých materiálů nám slouží separační metody:

- Fluidní splavy,
- Mokrý splavy,
- Elektrodynamická separace

Stříbro a další zajímavé kovy získáme chemicky a pyrometalurgicky. Kovy se dají využít v metalurgickém průmyslu, plasty lze pak spálit a využít tak jejich spalovací teplo.

8.3. Recyklované složky

- Hliníkový rám
- Těsnění
- Tvrzené sklo
- Fólie EVA
- Článek z křemíku
- Vodotěsná fólie z umělé hmoty.

Recyklace skla – sklo v panelech není volně přístupné, jsou na něj navázány další vrstvy – křemíkové články, EVA fólie, Tedlar. Tyto materiály lze velmi těžko odseparovat. Sklo se tedy musí mechanicky drtit na jemné části a až poté oddělit ostatní složky. Při výrobě panelů se ovšem používá více typů skel, a to včetně tvrzeného (kaleného) skla. Drcení tohoto typu skla nám způsobuje rychlé opotřebování drtičů a snížení jejich výkonu, tím se zvyšují i náklady na recyklaci. Směsné sklo pak nelze použít jako běžnou surovinu k výrobě nového skla, lze jej využít pouze jako izolační a výplňovou stavební hmotu.

Recyklace hliníku a plastových komponent – lze využít stoprocentně, složka se odděluje převážně mechanicky a po separaci se hliník dodává k běžné recyklaci.

Plastové komponenty vlivem nepříznivých klimatických podmínek degradují, lze je recyklovat jen částečně.

Recyklace křemíku – za pomoci tepelného recyklování může být využito až 97 % materiálů pro další zpracování. Lze použít pouze u FV panelů, které neobsahují křemík. Tento prvek nelze oddělit pomocí chemické lázně.

V případě existence křemíku v panelech, lze použít recyklaci, kdy panely mechanicky, nebo manuálně rozebereme. Tento postup je o něco méně účinný než předchozí tepelná recyklace, ale efektivita je zde až 95 %.

Dle odhadu lze z 20 kg panelu recyklovat až 19,5 kg. Pokud vynalezneme efektivnější metodu recyklace křemíku, toto množství se ještě zvýší. Křemík kvůli své neodlučitelnosti od skla často končí jako odpad.

8.4. Energetická návratnost

Dle platné rovnice EPBT byla tabulka se sumou jednotlivých vstupů výroby přepočítána na dobu energetické návratnosti. Výsledná tabulka je rozdělena na minimální a maximální předpokládanou roční výtěžnost elektrické energie (850 a 1150 kWh). [19]

| 850 kWh | ingot | článek | panel | roky |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|-------------|
| proces | 1,27 | 0,44 | 0,31 | 2,02 |
| materiál | 2,59 | 0,03 | 0,58 | 3,20 |
| | 3,86 | 0,47 | 0,89 | 5,22 |
| 1150 kWh | ingot | článek | panel | roky |
| proces | 0,94 | 0,32 | 0,23 | 1,49 |
| materiál | 1,92 | 0,02 | 0,43 | 2,37 |
| | 2,86 | 0,34 | 0,66 | 3,86 |

Tabulka č. 4 – předpokládaná EPBT pro jednotlivé složky vložené energie

Z těchto záznamů vyplývá, že na území naší republiky se vrátí energie vložená do výroby fotovoltaických prvků za 3,86 až 5,22 let (viz. tabulka č. 6). V případě, že připočteme k EPBT instalaci systému bez elektroniky, navýší se návratnost o 0,75 let.

9. Souhrnná energetická bilance pro vybrané typy solárních panelů, ekologický dopad použití

Pro posouzení energetické bilance pro vybrané typy solárních panelů je nutné znát princip fungování solárního panelu, použité materiály a délku životnosti použitých materiálů.

Výroba fotovoltaických systémů, stejně jako každá jiná výroba, spotřebovává určité množství energie. Pro stanovení doby energetické náročnosti je nutné nejprve provést důkladnou analýzu všech energetických vstupů do celého řetězce životního cyklu fotovoltaického systému od výroby ingotu křemíku až po konečnou likvidaci. Fotovoltaický systém se neskládá pouze z křemíku, ale také z jiných materiálů jako je hliník, sklo, EVA atd. Je tedy nutné také započítat všechnu energii potřebnou pro výrobu základních i pomocných materiálů. Dále by měla být započítána procesní energie potřebná pro výrobu, dopravu, údržbu a likvidaci v podobě elektřiny, plynu a jiných paliv (není ve výpočtu uvažováno). Řešitelé se zaměřili především na energetickou náročnost ve výrobě křemíkových ingotů, s jejich následným řezáním na desky. Dále na výrobu solárních článků a solárních panelů. Do výpočtu bylo nezbytné také zahrnout materiálovou a procesní výtěžnost. Současně byla vyhledána data k energetické náročnosti výroby základních materiálů.

Metoda „Energy pay-back time“ (EPBT) definuje čas návratnosti energie nutné k výrobě fotovoltaického panelu, který následně sám elektrickou energii vyrábí. Tento indikátor má svou váhu vzhledem k blížícímu se vyčerpání zdrojů elektrické energie a poškození životního prostředí. Mohou se s jeho pomocí dobře srovnávat jednotlivé technologie výroby fotovoltaických prvků. Následně se z této metody může odvodit úspora množství CO₂. Nevýhodou metody je nejednotnost v oblasti získávání vstupních dat a také jejich dostupnost.

EPBT lze definovat velmi jednoduchým vztahem:

$$\mathbf{EPBT = Einput / Esaved,}$$

kdy E_{input} představuje energii vstupující během celého životního cyklu panelu (zahrnuje např. energii potřebnou k výrobě, energii nutnou k instalaci, energie spotřebovanou během vlastního provozu – např. otáčení trackeru nebo ztráty v „Balance of system“ – BOS, atd.).

E_{saved} je průměrná roční vygenerovaná elektrická energie fotovoltaickým panelem.

Posouzení FVS metodou EPBT zahrnuje spoustu faktorů, které ji mohou ovlivnit:

- technologie výroby křemíkových desek a solárních článků,
- způsob laminování FV panelů (do hliníkového rámu, dvojsklo nebo různá integrace do budov), rozměry panelů a výsledná efektivita,
- typ aplikace FVS: ostrovní systém (s nutností akumulace energie) nebo přímo napojený na rozvodnou síť,
- případně lze zde zahrnout způsob dopravy všech součástí FVS na místo instalace,

a nakonec vlastnosti FVS měřené během jeho vystavení slunečnímu záření. Z tohoto důvodu je třeba specifikovat podmínky vztahující se k výrobě a k provozu FVS. Základní vlastnosti sledovaného FVS jsou popsány na následujících řádcích:

Výroba FVS:

- monokrystalické křemíkové desky (CZ křemík, řezání na desky drátořeznou pilou, p-typový substrát, rozměr: 4", vstupní tloušťka 300 μ m),
- solární články vyrobeny standardním procesem (vytvoření texturovaného povrchu, difúze n⁺-vrstvy, depozice antireflexní vrstvy SiNx metodou LPCVD, síťotiskové nanesení kontaktů a jejich následné žihání),
- solární panel typu SMI 36-55/12 (ruční pájení kontaktních pásků na článek a vytváření řetězců, skládání fólií, laminace a rámování Al rámem,

- prvky a ideální úhel sklonu panelů),
- střešní instalace,
- místo instalace: kdekoliv v České republice.

Provoz FV systému:

- předpokládá se přímé připojení fotovoltaického systému na rozvodnou síť,
- dobré podmínky pro provoz (žádné stínění jako jsou stromy či konstrukční prvky a ideální úhel sklonu panelů),
- střešní instalace,
- místo instalace: kdekoliv v České republice.

9.1. Konkretizace energetické bilance

Jak bylo výše uvedeno, především v kapitolách 3, 5.1 a 8.1, je výsledný energetický zisk běžného solárního panelu využívaného pro instalace na rodinných domech a obdobných menších instalacích, dán celkovou energií vytvořenou solárním panelem po celou dobu života solárního panelu od kterého je třeba odečíst souhrnnou energii nezbytnou pro vytvoření solárního panelu (tedy především energetický mix pro tvorbu klíčových polotovarů = surovin, ze kterých se skládá solární panel) a následně od tohoto rozdílu odečíst i energii nezbytnou pro ekologickou likvidaci solárního panelu. To se zpravidla rovná ekologické recyklaci základních surovin, ze kterých se solární panel skládá.

Pokud tedy vyjdeme z Tabulka 1 a Tabulka 2 v této práci a přepočítáme je pro výsledné potřeby této práce, získáme přepočtenou energetickou bilanci základních surovin obsažených v solárním panelu, viz. Tabulka 5.

| materiál | podíl | výroba | recyklace * |
|---------------------|--------------|---------------|--------------------|
| sklo | 84 % | 48 000 kWh | 15 000 kWh |
| hliník | 12 % | 18 000 kWh | 12 000 kWh |
| plast | 3 % | 0 kWh | 0 kWh |
| křemík | 0,6 % | 2 000 kWh | 100 kWh |
| měď | 0,4 % | 1 000 kWh | 80 kWh |
| Σ (zaokrouhleno) | | 69 000 kWh | 19 000 kWh |

Tabulka č. 5 – energetická bilance základních surovin solárních článků

* hodnoty recyklace jsou uváděny pouze kvalifikovaným odhadem, konkrétní údaje se různí podle způsobu recyklace a typu solárního panelu, resp. jeho provedení

V současné době vyráběné solární panely mají obvyklou dobu životnosti (pokles účinnosti přeměny energie pod 80 %) kolem 20 až 25 let. Za tuto dobu obvykle běžný solární panel uvedeného typu a použití vyrobí:

$365 \text{ dnů} \times 24 \text{ hodin} = 8760 \text{ hodin} \times 0,5 \text{ (koeficient reálné pracovní doby panelu)} = 4\,380 \text{ hodin}$

$4\,380 \text{ hodin} \times 7 \text{ kWh (obvyklý hodinový výkon solárního panelu)} = \mathbf{30\,660 \text{ kWh/rok}}$

Tato hodnota je tedy množství energie vyrobené běžným solárním panelem za rok.

Předpokládaný solární panel tedy z předpokládané doby provozu (20 let) cca 2 a ¼ roku vyrábí energii na svoji výrobu, a zhruba 0,7 roku na svoji ekologickou recyklaci. Tato hodnota je ale poměrně výrazně přibližná a bylo by vhodné ji v další pokračování práce více upřesnit. Celková energetická bilance vychází z údajů řad autorů, a proto by bylo vhodné například v rámci diplomové práce provést vlastní testování a měření. V každém případě však platí, že obvyklý fotovoltaický panel ziskově vyprodukuje cca 525 000 kWh čisté energie.

10. Rámcové porovnání s větrnou elektrárnou

Srovnáme-li fotovoltaickou elektrárnu s elektrárnou větrnou, vyjde nám zřejmě fotovoltaická elektrárna lépe, a to co se týká ekologických dopadů na životní prostředí.

V obou případech bereme energii z obnovitelných zdrojů. V obou případech je životnost elektráren v řádech let, tedy i návratnost je rychlejší, dostupnost na trhu téměř bez problémů. V případě větrné elektrárny musíme brát v úvahu i to, jestli je území, kde bude tato elektrárna instalována, dostatečně větrné a nebude zde v následujících letech provedena změna územního plánu, která by zabránila maximálnímu využití této elektrárny.

Zatímco, ale větrná elektrárna potřebuje k instalaci menší územní celek a je víceméně z estetického hlediska problémem pro další investory ve výstavbě, fotovoltaická elektrárna je daleko náročnější na prostor. V případě instalace domácí fotovoltaické elektrárny je zde nutné mít určitý sklon střechy, určité komponenty nainstalovat na střechu a také mít umístěný dům na světlém a slunném místě. V případě, že energii vyrobenou domácí fotovoltaickou elektrárnou, chceme prodávat do sítě, musíme si předem ověřit, zda je v naší blízkosti volný energetický uzel, přes který tuto energii můžeme dodávat zpět k dodavatelům energií.

Energetická návratnost solárních panelů trvale stoupá. Klesá tedy doba, za kterou panel vyrobí tolik energie, kolik bylo spotřebováno na jeho výrobu. V současnosti se tato doba pohybuje mezi 1,5 – 3 roky. Panel tedy vyrobí 6 – 18 krát více energie, než bylo spotřebováno na jeho výrobu.

V letním období za jasného počasí dopadne na 1 m² plochy orientované na jih 7 až 8 kWh, při oblačném počasí jen zhruba 2 kWh. V zimním období je to pak pouze 3 kWh a při oblačném počasí je to pouhých 0,3 kWh. Oblačnost způsobuje rozptýlení dopadajícího záření, tedy snižuje jeho využitelnost některými solárními panely. Nedostatky tak musí být nahrazeny konvenčními způsoby získávání energie.

Z hlediska ekologického je nutné brát na zřetel, že fotovoltaické elektrárny zastíňují významným způsobem ekosystém. Zabírají půdu, která by se jinak dala využít v zemědělství, nebo pro výstavbu.



Obr. č. 5 - Nejlepší místo pro umístění fotovoltaických panelů – jižní orientace a sklon střechy mezi 30 – 35°C (www.energie.cz)

Větrné elektrárny působí na dravé ptáky v ekosystému podobně jako jejich predátoři. Jsou také zdrojem nežádoucího hluku, hlavními zdroji jsou aerodynamické hluky obtékání listů vrtule, gondoly a dřívku stavby, turbulence, víry a hluk laminárního proudění. Další hluk je produkován mechanickými částmi konstrukce a generátorem.

Dalším problémem větrných elektráren je infrazvuk způsobený mechanickými částmi konstrukce turbín. Pro stanovení jejich intenzity nemůžeme používat hlukoměry, který by tyto zvuky potlačoval. V infrazvukové oblasti dosahuje hluk až 70 dB – to odpovídá přirozenému hlukovému pozadí. Infrazvukové vlnění se kromě vzdušné cesty šíří i konstrukcí dřívku a základovou deskou do okolí.



Obr. č. 6 - Větrná elektrárna Pchery (www.energie.cz)

| Zdroj hluku | Frekvenční rozsah | Typická intenzita | Charakter hluku |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| Turbulence na koncích listů | 500 – 1000 Hz | 91,2 dBA | Širokopásmové hučení, modulované otáčkami listu |
| Hluk na oběžné dráze | 750 - 2000 Hz | 99,2 dBA | Širokopásmové svištění |
| Hluk odtrhávání proudnic | Typický tón | 84,8 dBA | Tón, měnící se dle rychlosti větru |
| Strojovna | Směs hluků | 97,4 dBA | Směs hluků |
| Generátor | Tón | 87,2 dBA | Tón-jeho výška se mění s otáčkami vrtule |

Tabulka č. 5 – hluk větrných elektráren

Jedna moderní větrná elektrárna o jmenovitém výkonu 2 MW ročně vyrobí v průměru 4 430 MWh elektřiny, což představuje roční spotřebu 1265 domácností, tj. asi 3200 osob. [18]

Jejich obvyklá doba životnosti je kolem 20 let. Za tuto dobu obvykle větrná elektrárna vyrobí:

$$4\,430\text{ MWh} = 4\,430\,000\text{ kWh/rok}$$

Tato hodnota je tedy množství energie vyrobené jednou moderní větrnou elektrárnou za rok.

Předpokládaná větrná elektrárna tedy z předpokládané doby provozu (20 let) cca 3 roky vyrábí energii na svoji výrobu, a zhruba 0,7 roku na svoji ekologickou recyklaci. Na výrobu větrné elektrárny se spotřebuje 75 310 000 kWh. Pro recyklaci větrné elektrárny se spotřebuje 8 000 000 kWh.

Platí, že jedna moderní větrná elektrárna ziskově vyprodukuje cca 67 310 000 kWh čisté energie.

Chtěla bych zde zmínit porovnání solární a větrné elektrárny z hlediska vyrobené energie za rok.

Solární panel za rok vytvoří 30 660 kWh, tzn., že po celou dobu jeho životnosti vyrobí 766 500 kWh. Na jeho výrobu je potřeba 674 520 kWh a na recyklaci 60 000 kWh. Energie, kterou solární panel vytvoří za rok, když započteme výrobu i ekologickou recyklaci je 614 520 kWh.

Větrná elektrárna za rok vytvoří 4 430 000 kWh, tzn., že po její dobu životnosti vyrobí 88 600 000 kWh. Na její výrobu je potřeba 75 310 000 kWh a na recyklaci 8 000 000 kWh. Energie, kterou větrná elektrárna vytvoří za rok, když započteme výrobu i ekologickou recyklaci je 67 310 000 kWh.

Při porovnání solární elektrárny s větrnou pro vyrobení 4 430 000 kWh za rok je potřeba jedné větrné elektrárny a 27 572 m² solárních panelů.

11. Posouzení vlivu fotovoltaických panelů na životní prostředí

EIA (Environmental Impact Assessment), tedy posuzování odpadu (činnosti, stavby, akce) na životní prostředí. Pod pojmem dopad rozumíme rozdíl ve stavu životního prostředí před a po realizaci posuzované akce, kdy musí být započteny všechny vlivy na životní prostředí, které byly posuzovanou akcí vyvolány. Lze jej definovat jako řízení, kdy úkolem je určit všechny pravděpodobné změny, ke kterým může dojít u důležitých socioekonomických a biogeofyzikálních veličin charakterizující životní prostředí, v důsledku plánované činnosti.

Posuzování vlivů na životní prostředí je v České republice upraveno zákonem č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů), ve znění zákona č. 93/2004 Sb., zákona č. 163/2006 Sb., zákona č. 186/2006 Sb. a zákona č. 216/2007 Sb.

Proces EIA

Výklad obsahu a smyslu procesu EIA se uvádí v pěti základních bodech jako jeho pseudo-definice, tzn. že to je:

- studie účinků navrhovaných na ŽP,
- porovnání různých variant, umožňující dosažení sledovaného cíle, včetně hledání a identifikace varianty, která představuje nejlepší kombinaci ekonomických a ekologických nákladů i užitků,
- predikace změn kvality životního prostředí, které mohou vyplynout z navrhovaných činností,
- pokus o určení relativní důležitosti účinků na podkladě ekonomické efektivity, tj. analýzy nákladů a užitků,
- nástroje rozhodování.

Posuzují se vlivy na veřejné zdraví a vlivy na životní prostředí, zahrnující vlivy na živočichy a rostliny, ekosystémy, půdu, horninové prostředí, vodu, ovzduší, klima a krajinu, přírodní zdroje, hmotný majetek a kulturní památky, vymezené zvláštními právními předpisy a na jejich vzájemné působení a souvislosti [15].

V rámci procesu EIA jsou v příloze č. 1 zákona č. 100/2001 Sb. uvedeny dvě kategorie záměrů a to:

- kategorie I – záměry vždy podléhající posouzení,
- kategorie II – záměry vyžadující zjišťovací řízení.

Průběh procesu EIA

Výsledkem hodnotícího procesu je vypracování písemného protokolu, tj. zprávy EIS, která v grafické a písemné formě shrnuje veškeré důležité zjištění. Jedná se o veřejný dokument, který je určený na pomoc v rozhodování a politických záměrech, plánovaném využití území a projektování.

Proces zahrnuje pět základních etap:

- oznámení,
- zjišťovací řízení,
- dokumentace,
- posudek,
- stanovisko.

Vstupy fotovoltaické elektrárny z hlediska vlivu na životní prostředí

Zábor půdy – menší fotovoltaické elektrárny umístěné na budovách půdu nezabírají na rozdíl od větších záměrů. K záborům pozemků určených k plnění funkce lesa nedochází.

Odběr a spotřeba vody – voda pro provoz záměru není potřeba.

Slunce – dopad sluneční energie slouží pro výrobu elektrické energie.

Surovinové a energetické zdroje – pro provoz elektrárny nejsou potřebné žádné surovinové a energetické zdroje, kromě sluneční energie. Spotřeba elektrické energie je většinou kryta z vlastní výroby.

Výstupy fotovoltaické elektrárny z hlediska vlivu na životní prostředí

Znečištění ovzduší – provoz nevykazuje žádné znečištění ovzduší.

Odpadní vody – odpadní vody provozem nevznikají.

Odpady – **ve fázi přípravy** to jsou papírové a lepenkové obaly, plastové obaly, kovy (včetně jejich slitin), kabely, směsný odpad

- **ve fázi provozu** to jsou odpady z údržby objektu a technologie a odpady charakteru komunálního odpadu.

Hluk – při provozu nevzniká žádný hluk.

Vibrace – při provozu nevznikají žádné vibrace.

Rizika havárií – při provozu fotovoltaické elektrárny je teoreticky možný vznik provozní havárie z těchto příčin:

- únik ropných látek, pokud se s těmito látkami manipulovalo při údržbě,
- požár vzniklý zkratem elektrického zařízení či z jiných příčin,
- pracovní úrazy vzniklé technologickou nekázní a porušením bezpečnostních předpisů při práci na elektrárně,
- požáry nevýrobních prostor,
- poruchy strojního a elektro zařízení.

Charakteristika možných vlivů a odhad jejich velikosti a významnosti

Vlivy na změnu v čistotě ovzduší – nemá vliv na čistotu ovzduší.

Vliv na vodu – vliv záměru na čistotu povrchových vod je nevýznamný, dešťové odpadní vody se budou vsakovat do půdy – riziko ohrožení kvality podzemních vod je nulové.

Vlivy na půdu – menší elektrárny určené pro domácnosti nemají vliv na kvalitu půdy.

Vlivy na flóru a faunu – provoz elektrárny nemá vliv na ptactvo. Z hlediska zájmů ochrany flóry a vegetace nepředstavuje konfliktní prvek. Možné poškození vegetace nelze vyloučit pouze v případě fáze přípravy – tedy budování v lokalitě.

Vlivy spojené se změnou dopravní obslužnosti – realizací nedochází ke změně dopravní obslužnosti.

Vlivy spojené s havarijními stavy – dosah případných havárií je lokální bez významného rizika ovlivnění plochy mimo vlastní areál. Vlivy jsou hodnoceny jako bezvýznamné.

Vlivy na zdraví – jsou minimální a současný stav prakticky nezmění. Je hodnocený jako nulový.

Teoretický potenciál FV v ČR

Solární panely mohou být součástí vhodně orientovaných střech a fasád všech možných typů budov – rodinné a bytové domy, školy, úřady, knihovny, výrobní a správní budovy obchodních a průmyslových společností, banky, veletržní haly. Pro instalaci panelů je možné využít i protihlukové bariéry podél dálnic a železnic, volné jinak nepoužívané plochy průmyslových areálů, střešní konstrukce nástupišť vlakových a autobusových nádraží a stanic, zastřešená parkoviště, sportovní zařízení. K místním podmínkám je možné orientovat solární panely od jihovýchodu k jihozápadu a sklon je možné volit od polohy vodorovné až po polohu svislou. Pro zvýšení energetického zisku je možné aplikovat natáčeací systémy, které mění orientaci a případně sklon panelů v závislosti na poloze slunce. Zvýšeného energetického zisku je možné dosáhnout i použitím solárních panelů s aktivní plochou na obou stranách. K tomuto účelu se dají využít různé odrazové plochy zvyšující sběr slunečního záření při zachycování aktivní plochy.

Ekonomické aspekty fotovoltaiky

Ekonomické posuzování je ovlivněno několika důležitými faktory.

Doba návratnosti je ovlivněna dostupností slunečního záření v dané lokalitě. Na území ČR nejsou rozdíly příliš velké.

Cena samotného systému je však klíčovým faktorem. Náklady na pořízení FV systému zahrnují cenu solárních panelů (až 60 %), elektrotechnická zařízení a instalace – střídače, baterie, regulátory, jistící prvky, vodiče a konstrukci. Dále jsou do nákladů zahrnuty náklady spojené s konstrukčním a architektonickým návrhem a se samotnou instalací systému. V průběhu provozu se pak mohou objevit další náklady spojené se servisem případně připojovací náklady. Současné náklady na instalaci solárního systému se v Evropě pohybují od 6 do 12 € na instalovaný watt v závislosti na velikosti trhu. Pokud je financování systému uskutečněno prostřednictvím půjčky, připočítají se k celkové ceně systému i s úroky.

Cena energie získané ze systému do značné míry závisí také na účinnosti fotovoltaického systému a na účinnosti solárních článků při nízkých intenzitách osvětlení.

Předpokladem návratnosti systému je jeho dlouhá životnost a dlouhodobé stabilní parametry. Zatímco výrobci deklarovaná životnost solárních panelů se pohybuje od 15 do 30 let, garance na střídače a jiné komponenty je maximálně dva roky. Životnost u akumulátorových baterií je 3 až 5 let u střídačů a kontrolní elektroniky 5 až 10 let.

Do konečné ceny solární energie se promítne významně i způsob instalace. Solární panely představují prvek, který nezapadá do konstrukce budovy, a je tedy nutné počítat s plnými náklady. Příkladem jsou střešní instalace nad stávající střešní krytinou. Náklady lze snížit u novostaveb a při rekonstrukci budov v případě, že jsou solární panely součástí některé části stavební konstrukce.

Zkrácení doby investiční návratnosti

Současné vývojové a výzkumné aktivity jsou orientovány na zvládnutí technologie, která by umožňovala překonat nákladové bariéry v komerčním používání fotovoltaiky.

Hlavními znaky takových technologií jsou:

- vysoká účinnost,
- nízká výrobní cena,
- vysoká životnost panelů,
- technologie musí být aplikována na velké výrobní série,
- musí se vyznačovat minimální spotřebou materiálu,
- nízká energetická náročnost se snahou zkrátit dobu energetické návratnosti na méně než 2 roky,
- samozřejmým předpokladem je výroba s co nejmenším dopadem na okolní prostředí, lze také vyjádřit minimalizací odpadů. Z tohoto hlediska jsou těžko akceptovatelné technologie vyžadující nebezpečné látky. Spadá zde i potřeba vyřešení plné recyklovatelnosti fotovoltaických komponent po ukončení životnosti.

V současnosti převažující technologie krystalického křemíku umožňuje další snížení výrobní ceny. V tomto stupni procesu se uplatní vliv technologického pokroku a také vliv zvyšování objemu výroby. Každé zdvojnásobení instalovaného výkonu s sebou přinášelo snížení ceny modulů o 20 %. Dalším aspektem ceny je růst poptávky po FV zařízení a možnosti jejího krytí ze strany dodavatelů.

Snížení výrobní ceny může přivést zásadní změna v podobě technologie solárních panelů s tenkovrstvou strukturou. K relativně vysokým počátečním nákladům na pořízení nákladného technologického vybavení, je výroba tenkovrstvých panelů ekonomicky zajímavá až od vyššího objemu výroby. Náklady na pořízení technologie pro tenké vrstvy jsou 2,5 krát vyšší na jednotku výrobní kapacity než je tomu u křemíkové krystalické technologie.

Cenový průlom je očekáván od technologií 3. generace, pro které bude charakteristická velmi vysoká účinnost při nízkých výrobních nákladech. Náklady na výrobu by se pak blížily hodnotě 0,1 €/W. U těchto technologií se očekává daleko efektivnější využití slunečního spektra.

Množství materiálů potřebných pro výrobu solárních panelů je limitujícím faktorem na cestě za snížením výrobních nákladů. Jak monokrystalický, tak i multikrystalický křemík představuje při výrobě značnou část nákladů. Výchozí surovinou pro většinu krystalických křemíkových článků jsou tenké křemíkové plátky s tloušťkou od 250 do 350 mikrometrů. Při výrobě plátek dochází v několika výrobních krocích k materiálním ztrátám ve výši 45 % pro multikrystalický křemík a až 53 % pro monokrystalický křemík. Část odpadového materiálu lze ještě vrátit zpět do výroby křemíku, téměř 43 % z původního křemíku je ztraceno v podobě křemíkového prášku.

Výroba komerčně dostupných FV článků je energeticky značně náročné. Pro články z monokrystalického Si je dosahováno energetické návratnosti v evropských poměrech mezi 4 až 6 lety. Nižší hodnota reprezentuje stav při roční výrobě elektřiny 1350 kWh/kW, vyšší 850 kWh/kW [8].

Při reálné výrobě v ČR kolem 700-800 kWh/kW tedy představuje tento parametr pravděpodobně o něco málo období 6 let. Jednou z možností snížení materiálové spotřeby křemíku je snížení tloušťky křemíkových desek pro výrobu solárních článků na technologicky akceptovatelnou úroveň. Tento trend vede

k technologiím s dokonalou manipulací s křemíkovými deskami za účelem udržení vysoké výtěžnosti výroby. Pro tloušťku 200 mikrometrů je tak možné snížit celkové náklady na výrobu solárních panelů asi o 6 %. Pro křemíkové desky s tloušťkou okolo 100 mikrometrů bude potřeba vyvinout zařízení pro manipulaci s deskami.

Další úspory vznikají při přechodu na velké rozměry křemíkových desek. Tažením křemíkových plátů přímo z taveniny je vyloučeno materiálově ztrátové řezání ingotů na desky. Strukturální kvalita materiálů sice nedosahuje kvality monokrystalického křemíku a výrazně je zhoršena mechanická odolnost křemíkových desek. Elektrické parametry jsou srovnatelné s multikrystalickým křemíkem a náklady na solární panely s těmito články by měly být o 5% menší.

Ještě dále zasahuje prototypová technologie SGS (Silicon on Glass Sheet). Na levnou skleněnou podložku je nanese tenká vrstva křemíku, která je během velmi krátkého procesu přetavena v kompaktní krystalickou vrstvu, v níž je pak následně vytvořena struktura solárních článků. Solární panel je pak osvětlován ze strany skla [8]. Zvýšení účinnosti lze dosáhnout přesunutím obou kontaktů (kladný a záporný pól) na plochu zadní strany čímž se zvětší sběrná plocha článku [8].

80 % produkce solárních článků spočívá na technologii krystalického křemíku. Množství křemíku potřebného pro celosvětovou roční produkci solárních článků rok od roku roste. Dosud byl výchozí surovinou pro výrobu solárních článků odpadový křemík z polovodičového průmyslu. Jeho množství může být nestabilní, neboť silně závisí na stavu trhu s polovodiči, a navíc předpokládané potřeby fotovoltaického průmyslu v blízké době převýší dostupné množství odpadového křemíku. Tato skutečnost je předpokládána již delší dobu a je věnováno dostatečné úsilí průmyslu, výzkumu a zástupců politické reprezentace na zajištění dostatečných zdrojů levného křemíku pro fotovoltaiku [8].

Náklady na instalaci FVS představují také významnou položku z celkových investičních nákladů. Příkladem snížení investic může být evropskou komisí podporovaný záměr konstrukce levného solárního panelu s integrovaným síťovým střídačem pro přímé připojení k rozvodné síti. Odpadá tím složitá propojovací kabeláž [8].

Při pohledu na investiční náklady vycházejí ceny komponentů z cen obvyklých na trhu a z nabídkové ceny dodavatele zařízení. Ceny investic i elektřiny se uvažují

bez DPH. FVE jako celek spadá do odpisové skupiny 4 díla energetická, doba odepisování 20 let. K provozním nákladům se zahrnuje elektřina na řídicí a monitorovací systém, napájení záložních zdrojů a zabezpečovací systém. Podle předpokladů bude provoz FVE bezobslužný, pouze s občasným dohledem a umytím panelů. Náklady se tedy uvažují nulové. Uvažuje se však trvalý dohled v areálu FVE – kamerový systém s PC monitoringem. Dále se uvažují náklady na pojištění a ostatní režijní výdaje související s provozem. Při těchto možnostech dosáhne návratnost vložených investic řádově 7 – 15 let dle výše pořizovaných nákladů, doby svitu, instalovaného výkonu a účinnosti elektrárny, což jsou velmi výhodné podmínky pro investory [8].

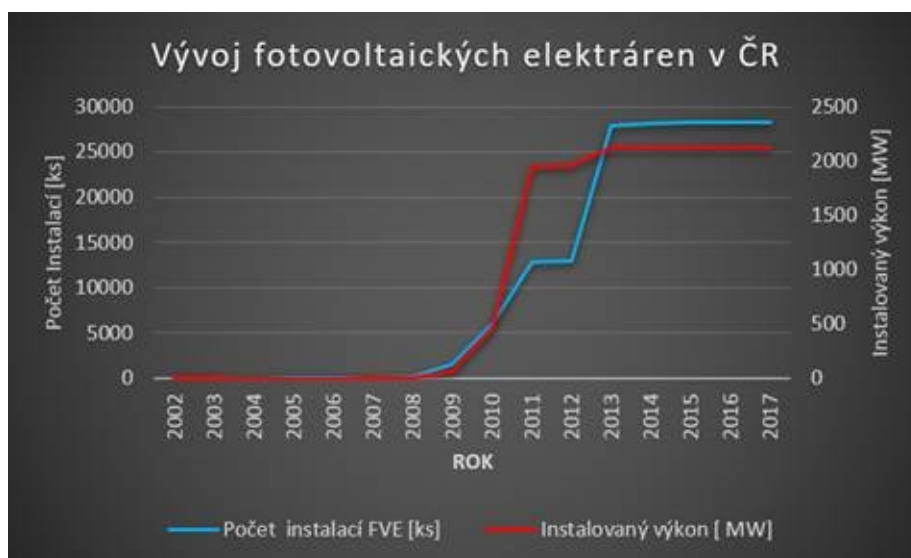
Při veškerých stavbách je nutno provést studii EIA (o vlivu záměru na životní prostředí). Ale jelikož se zde naskytuje předpoklad, že fotovoltaické elektrárny neovlivňují ovzduší, povrchové ani podzemní vody, flóru, faunu, dopravní obslužnost, čistotu půdy, zdraví člověka, tyto studie nejsou prováděny [6]. Není zde, ale poukázáno na možnost ovlivnění biocenózy a biotopu z hlediska trvalého zastínění ekosystému, kdy ekosystému není dodáván základní parametr tedy světlo, nezbytné pro rostlinu nejenom jako zdroj energie ale také jako zdroj podnětů, které ovlivňují její růst a vývoj. A protože životní prostředí je v každém stupni propojeno dojde nejen k ovlivnění rostlin, ale i k následnému vlivu na organismy atd.

Vývoj a stav fotovoltaiky v ČR

V průběhu poslední dekády 20. století bylo využívání fotovoltaických systémů v České republice sporadické. Praktické aplikace byly téměř výhradně zaměřeny na malé ostrovní systémy pro nezávislé napájení objektů a zařízení v lokalitách bez připojení k rozvodné síti. Systém je v takovém případě sestaven většinou z jednoho solárního panelu (10 – 100 W), akumulátorové baterie a regulátoru dobíjení. V některých případech bývá systém doplněn střídačem, který umožňuje připojit i běžné síťové spotřebiče [8]. Na ulicích některých měst byly nainstalovány parkovací automaty napájené z malých solárních panelů.

V několika málo případech byly solární panely použity pro napájení měřících, registračních a komunikačních zařízení instalovaných v terénu, kde se možnost přivedení elektrické sítě jevila velmi problematickou [8]. Od roku 2000 pak nastává

nová fáze vývoje fotovoltaiky v ČR, tuto skutečnost poukazuje obr. č. 7. Postupně jsou státní správou a místí samosprávou zaváděny podpůrné nástroje na podporu fotovoltaiky, a to jak podpora demonstračních projektů, tak podpora vývoje ve výzkumu [8].



Obr. č. 7 – Instalovaný výkon FV v letech 2002-2017 (<https://www.estav.cz/cz/6385.jaky-je-vyvoj-fotovoltaiky-v-ceske-republice-a-jak-si-stojime-v-evrope>)

Od roku 2003 byly Státním fondem životního prostředí poskytovány 30% dotace na instalace FVS pro privátní i právnické osoby. Pobídka k instalacím je navíc podpořena zvýšenou výkupní sazbou za dodanou elektrickou energii do sítě, a to ve výši 6 Kč/kWh [8]. Od 1. 8. 2005 platí Zákon č. 180/2005 Sb. O podpoře elektřiny z obnovitelných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), který je implementací Směrnice 2001/77/EC do českého právního řádu. Měl by stabilizovat podnikatelské prostředí a přilákat potenciální investory do fotovoltaiky. Zákon má také přispět k naplnění indikativního cíle podílu elektřiny z OZE na hrubé spotřebě elektřiny v ČR ve výši 8 % k roku 2010. Je založen na dosud neúspěšnějším mechanismu podpory fotovoltaiky – garantovaných výkupních cenách (feed-in tariff) v kombinaci s prémiovými příplatky (zelené bonusy). Upravuje způsob podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů výkon státní správy, práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené. V neposlední řadě by měl investorovi do OZE garantovat také 15letou dobu návratnosti investice za podmínky splnění technických a ekonomických parametrů [8]. Kromě

podpory výkupními cenami je v současnosti rozvoj fotovoltaiky stimulován také pomocí finančních prostředků ze Strukturálních fondů v rámci Operačních programů (OPI, OPMP) a prostřednictvím Národních programů MŽP. Od roku 2007 začíná nové šestileté programovací období pro čerpání peněz z Evropské unie [8].

V roce 2000 byl vypracován a vládou schválen Národní program na podporu úspor a využívání obnovitelných zdrojů energie. Dále jsou vyhlašovány státní programy na kratší období [8]. V roce 2000 byl Státním fondem životního prostředí vyhlášen program Slunce do škol. Smyslem programu je umožnit mladé generaci bližší seznámení a možnosti obnovitelných zdrojů včetně fotovoltaiky [8].

Česká republika se v přístupové smlouvě do EU zavázala ke splnění indikativního cíle ve výši 8 % podílu elektřiny z OZE na hrubé domácí spotřebě v ČR v roce 2010. Bohužel, růst výroby energie z OZE, i přes snahy jednotlivých krajů, kdy v roce 2008 bylo otevřeno jenom v JMK firmou Energy 21 pět FVE u měst Hrádek (1 210 MWh), Jaroslavic (710 MWh), Krhovic (600 MWh), Velkého Karlova (440 MWh), Vojkovic (670 MWh), nestačí růstu spotřeby (a tedy i výroby) energie, tudíž indikativních cílů pro rok 2012 nebude dosaženo.

V rozvoji OZE již není příliš velký prostor ani ve vodě, ani ve větru nebo geotermální energii. Pro postup v ČR (v rámci podmínek v EU) je nutno dobře zvolit realistická kritéria: spolehlivost dodávek energie; reálně existující využitelný potenciál; časové využití (časová efektivita) zdrojů; nákladová efektivita [9]. Hlavním rozvojovým směrem je prakticky pouze biomasa. Podpora uplatnění biomasy ovšem nesmí ohrozit dřevo jako základní surovinu ani obilniny jako potravinu. Podle toho by měla být nastavena i naše volba nástrojů podpory OZE [10].

12. Závěr a doporučení

Závěrem lze konstatovat, že využití sluneční energie je i v naší zemi reálné a zcela potřebné s ohledem na vzrůstající znečištění životního prostředí a vzrůstající spotřebu celkové elektrické energie. V případě použití na rodinných domech a soukromých nemovitostech se může jednat i o úsporu z hlediska financí. Je však nutné před samotnou instalací zvážit, zda a v jakém časovém rozsahu se nám tato investice vrátí. Na základě poznatků a informací týkající se okolního terénu v oblasti použití fotovoltaické elektrárny je nutné zvážit, zda je zrovna tato lokalita vhodná pro daný typ elektrárny. Pro správné rozhodnutí je třeba vzít v úvahu a porovnat i další alternativní zdroje, jako jsou například tepelná čerpadla a jejich typy, větrné elektrárny atd.

V současnosti se na trhu začínají objevovat i novinky v této oblasti alternativní výroby elektřiny. Kromě baterií, kde lze energii uschovat (tyto jsou již nějakou dobu na trhu), lze použít pro určité typy střech i fotovoltaické články, které mají podobu střešní krytiny a jsou tedy zcela nenápadné a jejich ukotvení nepotřebuje speciální podmínky nosnosti střechy a jejího sklonu. Věda a výzkum jdou tedy ruku v ruce a lze předpokládat, že v budoucnosti už nebudou žádná omezení použití alternativních zdrojů výroby elektřiny a tepla. Na tyto programy lze čerpat dotace z Evropského fondu a z prostředků pro podporu a rozvoj alternativních druhů vytápění. Tedy i ekonomické hledisko koncového uživatele je příjemné a spolu s dotací není nijak zatěžující pro peněženku jednotlivce.

Posledním problémem tak zůstává zatížení z hlediska životního prostředí. Vzduch nad horkými střechami, na které dopadá sluneční energie se samozřejmě zahřívá, v nejbližším okolí je výraznější teplý proud vzduchu, který ztěžuje průlet ptactva nad domy. V případě, že je elektrárna umístěná mimo dům, dochází zde k zastínění pozemku a k výraznému omezení života různých živočichů a rostlin. Pokud tento prostor není výrazně oddělen od okolí, může zde dojít i k menším úrazům malých dětí apod.

Na druhé straně však stojí fakt, že z horizontu mizí komíny elektráren, v zimě nám padá čistý bílý sníh a v případě inverzního počasí se nedusíme všichni kouřem z topení pevnými palivy.

Při současném trendu lze předpokládat, že všechny palčivé problémy a úskalí využití alternativních zdrojů v domácím prostředí, bude úspěšně vyřešeno ve výhledu několika let a my budeme tak mít možnost využívat tyto zdroje bez výčitek svědomí.

13. Literatura

- [1] Beranovský, J., Truxa, J.: Alternativní energie pro váš dům. 1. vyd. Brno: ERA, 2003. ISBN 80-86517-59-4
- [2] Ladener, H., Späte, F.: Solární zařízení.. Praha, 2003. 9 s. ISBN 80-247-0362-9
- [3] Škorpil, J.: Sluneční záření jako obnovitelný zdroj energie. Energie 21, 2008, roč. 1, č.1, s. 34-37. ISSN 1803-0394.
- [4] Noskievič, P., Kaminský, J. Fakta a mýty o obnovitelných zdrojích (II). Technická zařízení budov [online]. 2004, [cit. 2008-10-15]. Dostupný z: <<http://www.tzbinfo.cz/t.py?t=2&i=1936>>.
- [5] Brož, K., Šourek, B. Alternativní zdroje energie. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 7-8 s. ISBN 80-01-02802-X.
- [6] Křenek, V. Člověk a energie. Západočeská univerzita v Plzni, 2006. 132 s. ISBN 80-7043-489-9.
- [7] Murtinger, K., Truxa, J. Solární energie pro váš dům. 1. vyd. Brno: ERA, 2005. ISBN 80-7366-029-6.
- [8] Motlík, Jan, et al. Obnovitelné zdroje energie a jejich využití v ČR. Praha: ČEZ a. s., 2007. ISBN 978-80-239-8823-9.
- [9] Solární (fotovoltaické) články [online]. 2006 [cit. 2008-10-21]. Dostupný z: <<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm#z>>.
- [10] Návrh, realizace a servis energetických systémů [online]. 2009 [cit. 2009-02-16]. Dostupný z: <<http://www.silektro.cz/index.php?Title=Vliv%20sklonu%20a%20orientace%20FV%20modulů&>>.
- [11] Murtinger, K., Beranovský, J., Tomeš, M. Fotovoltaika. Elektřina ze slunce. Brno: ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-100-7.
- [12] Energie slunce - výroba elektřiny [online]. 2008 [cit. 2008-10-21]. Dostupný z: <<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/energie-slunce---vyroba-elekriny>>.

- [13] Libra, M., Poulek, V. Solární energie: fotovoltaika - perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti. V Praze: ČZU, 2006. ISBN 80-213-1488-5.
- [14] Klimek, P.: Deset dobrých důvodů pro fotovoltaiku. Alternativní energie. 2008, roč.11, č. 4, s. 20-21. ISSN 1212-1673.
- [15] Česká agentura pro obnovitelné zdroje energie [online]. 2003-2007 [cit. 2009-02-19]. Dostupný z: <<http://www.czrea.org/cs>>.
- [16] Recyklace fotovoltaických panelů na konci životnosti [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupný z: <<https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltaickych-panelu-na-konci-zivotnosti>>.
- [17] Stručná historie fotovoltaiky [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupný z: <<https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11652-strucna-historie-fotovoltaiky>>.
- [18] Kolik energie vyrobí jedna moderní větrná elektrárna? [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupný z: <<https://csve.cz/faq/kolik-energie-vyrobi-jedna-moderni-vetrna-elektrarna-/11>>.
- [19] Libra, M., Poulek, V. Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie. Praha: ILSA, 2009. ISBN 978-80-904311-0-2.
- [20] Matuška T.: Solární soustavy pro bytové domy, 2010. Grada, ISBN: 978-80-247-3503-0
- [21] Matuška T.: Solární zařízení v příkladech, 2012. Grada, ISBN 978-80-247-3525-2
- [22] Henze, A., Hillebrand, W., Losík, V. Elektrický proud ze slunce: fotovoltaika v praxi: technika, přehled trhu, návody ke stavbě. Ostrava: HEL, 2000. ISBN 80-86167-12-7.