

PRŮVODCE SOLÁRNÍMI TECHNOLOGIEMI

a jejich využití na území města Brna

Vážení občané Brna,

naše město je od roku 2017 hrdým partnerem Paktu starostů a primátorů a v rámci tohoto svazku se zavázalo snížit svoji uhlíkovou stopu o 40 % oproti počátku milénia. Cílovým termínem je rok 2030 a jedná se tak o značně ambiciózní plán. Změny klimatu nastupují napříč celou naší planetou čím dál tím razantněji a tady v Brně tomu nehodláme jen nečinně přihlížet. Chceme naše město, jeho životní prostředí a všechny, kdo v něm žijí, připravit na tyto změny. Budeme pomáhat s adaptací a co nejšetrněji a zároveň nejefektivněji využívat vše, co nám současný svět přináší.

Na našem webu priprav.brno.cz se můžete dočíst, co vše činí veškeré složky města pro splnění závazku. Publikace, která se Vám dostala právě do rukou, se věnuje jednomu z nejnáročnějších projektů v rámci naplnění cíle snížit emise CO₂, a tím adaptovat město na změny klimatu. Již Územní energetická koncepce statutárního města Brna schválená v roce 2018 stanovila jako prioritu města co možná nejvíce rozšířit čerpání energie z obnovitelných zdrojů. Jako vhodné opatření se v podmínkách našeho města ukazuje využití solárních technologií. Možnou úsporu v produkci CO₂, při využití těchto technologií, podrobně zdokumentoval Akční plán pro udržitelnou energii a klima, který město Brno schválilo v roce 2019.

Nyní jsme na prahu solární éry města. Ve spolupráci s naší společností SAKO Brno, a.s. hodláme využít střechy budov ve vlastnictví města k vybudování fotovoltaických, případně fototerických systémů a využít tak jihomoravské slunce v náš prospěch. Snížíme emise CO₂, zvýšíme energetickou odolnost města Brna, a ještě k tomu ušetříme za energie. Přidat se a podpořit své město může každý – firma i jednotlivec. Poďte do toho s námi!

Váš



Mgr. Petr Hladík
1. náměstek primátorky
statutárního města Brna

PRŮVODCE SOLÁRNÍMI TECHNOLOGIEMI a jejich využití na území města Brna

1. Úvod

V současnosti už málokdo pochybuje o významu ochrany klimatu a životního prostředí. V této souvislosti je kladen důraz na rozvoj a inovace v oblasti obnovitelných zdrojů energie (OZE) a jejich zavádění do provozu na úkor zdrojů využívajících fosilní paliva. Využívání solární energie ve stavebnictví rychle získává na významu v důsledku tenčících se zásob fosilních paliv a vzhledem k naléhavé potřebě snižování našeho vlivu na globální oteplování. Fotovoltaická elektrárna (FVE) je jednou z podporovaných obnovitelných technologií a zároveň nástrojem plnění cíle snižování emisí. Následující kapitoly shrnují informace o FVE a zdůvodňují snahy statutárního města Brna k jejich rozšíření ve městě.

2. Aktivity města Brna ke snížení emisí skleníkových plynů

Ve snaze snížit uhlíkovou stopu města a v rámci přípravy na změny klimatu město Brno realizuje projekty celoměstského významu:

- projekt zdroje na dřevní štěpku v provozu Brno-sever společnosti Teplárny Brno, a.s.
- výměna parovodů za horkovody
- třetí kotel v zařízení pro využití odpadu, SAKO Brno, a.s.
- výměna zastaralých svítidel veřejného osvětlení za LED
- autobusy MHD poháněné CNG či bioplynem
- zvýšení energetické účinnosti u budov v majetku města Brna
- rozvoj solárních technologií

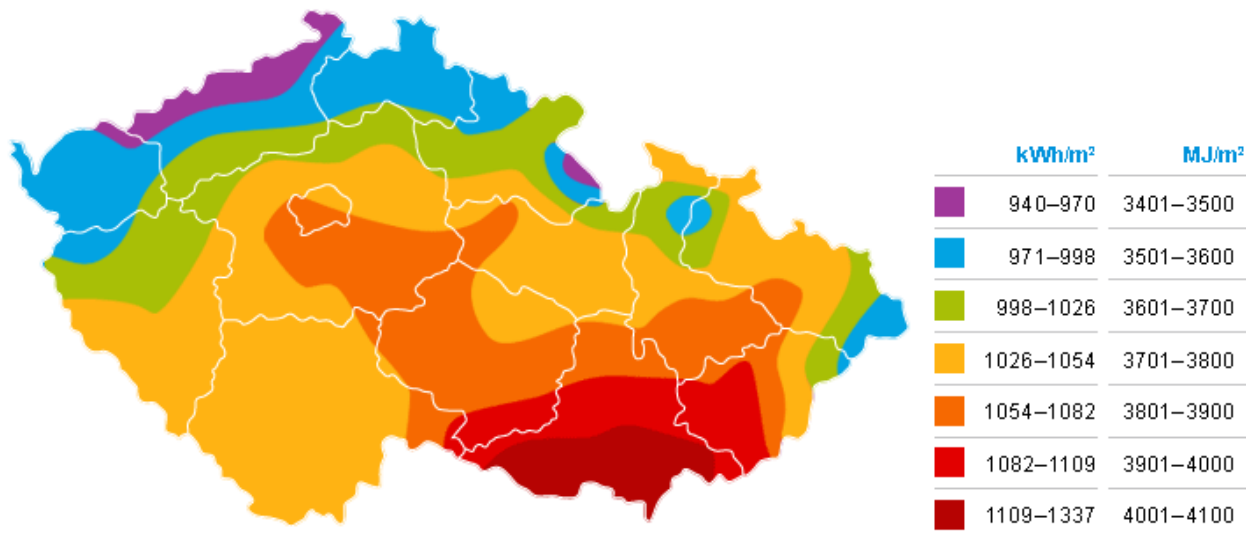
Na emisní bilanci CO₂ se však obecní budovy, obecní vozový park, veřejná doprava a veřejné osvětlení podílí jen velmi malou měrou. Největší podíl mají terciérní (neobecní) objekty a obytné budovy. Pro snížení emisí skleníkových plynů je tedy potřeba zapojit celou společnost!

Již desítky významných firem se sídlem nebo pobočkou v Brně přistoupily k iniciativě města a připojily se k *Memorandu o dlouhodobé spolupráci na závazku statutárního města Brna k adaptaci na klimatické změny*. Byl spuštěn web priprav.brno.cz a vypsány dotační programy s cílem zapojit také občany.

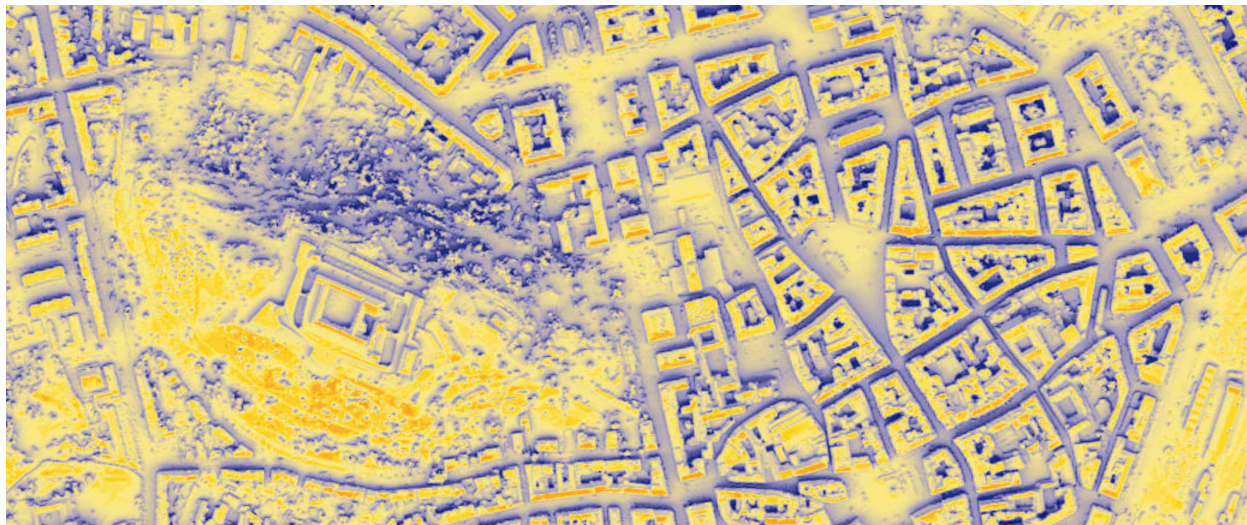
3. Sluneční energie

Množství dopadající sluneční energie v ročním úhrnu závisí na geografické poloze lokality, a to jak z hlediska výšky slunce na obloze, která je dána zeměpisnou šířkou, tak z hlediska výskytu oblačnosti.

Dále závisí na orientaci záchytné plochy vzhledem ke slunci. Polední slunce v našich zeměpisných šířkách ozařuje plochu jednoho metru čtverečního obrácenou k sobě cca 1 kW. Solární panel umí zhruba 17 % tohoto množství přeměnit na elektrinu. Průměrně za rok dopadne v ČR přibližně 950 až 1 340 kWh sluneční energie na 1 m². V rámci ČR má v tomto směru výhodu jižní Morava, jak je vidět z mapy osvětlení ČR. V Brně průměrně ročně dopadá asi 1 100 kWh/m². V reálném provozu fotovoltaických instalací je třeba počítat s velkou proměnlivostí počasí (tedy i slunečního svitu) v podmínkách střední Evropy. Tato skutečnost má pak velký dopad na spolehlivost zásobování elektrickým proudem vyrobeným ze sluneční energie, což je třeba kompenzovat např. využíváním bateriových systémů a specializovaných meteorologických předpovědí, případně kombinovat s jinými zdroji energie. Zejména specializované meteorologické předpovědi, které zahrnují vývoj slunečního svitu včetně vlivu znečištění atmosféry a teploty vzduchu, jsou v současnosti schopné poskytnout na několik dní dopředu informace o průběhu výroby, ale také např. spotřeby elektrické energie. Významně se tak snižují finanční náklady spojené s provozováním FVE, a to díky efektivnějšímu zapojování regulačních zdrojů energie, které jsou zpravidla velmi nákladné, jako je tomu v případě plynových elektráren, a které tak nevyrobí energii zbytečně. Tím se i významně snižují emise CO₂ a zvyšuje se celková bezpečnost provozování elektrické soustavy: dochází k omezení rizika vzniku obávaného black-outu. Tyto efekty platí nejen na úrovni evropského energetického trhu nebo třeba v národní přenosové soustavě, ale rovněž i v menších energetických celcích a soustavách.



Na webu priprav.brno.cz je k dispozici mapa osvitu Brna, která zohledňuje zástavbu, a na ní lze zjistit roční úhrn oslunění konkrétních střech.



4. Způsoby využití sluneční energie

Termický solární ohřev se používá již desítky let. V tepelných solárních zařízeních se sluneční záření přeměňuje na teplo, které se využívá pro přípravu teplé vody, ohřev vody v bazénu, případně pro podporu vytápění. Základní prvky tohoto systému jsou solární kolektor, čerpadlo, tepelný výměník a akumuláční nádrž. Výhodou termického solárního ohřevu jsou hlavně nižší nároky na prostor. Na druhou stranu je ale náročnější na realizaci a údržbu.

Hlavní součástí solárního kolektoru je solární absorbér, který přeměňuje energii slunce na teplo. Solárním absorbérem proudí teplotně aktivní médium (směs vody a nemrznoucí kapaliny), které v sobě akumuluje teplo a předává ho dál do tepelného výměníku. V tepelném výměníku následuje předávání energie do zásobníku teplé vody. Ochlazené teplotně aktivní médium se přečerpá zpět do kolektoru, kde se znovu ohřívá.

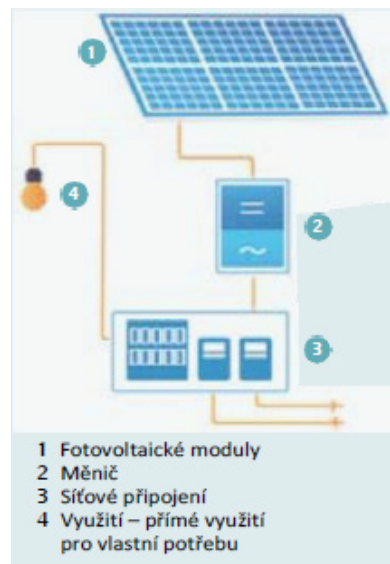
Typy solárních kolektorů:

- Nezasklené ploché, jejichž výroba a instalace je nejlevnější. Jejich průměrná roční produkce tepla je 300–350 kWh/m².

- Zasklené ploché, jejichž cena je přibližně o polovinu vyšší než u nezasklených, ale průměrně ročně vyprodukují 400–600 kWh/m².
- Vakuové trubicové, jejichž cena je přibližně trojnásobná proti nezaskleným plochým kolektorům, ale jejich průměrná roční produkce představuje 480–650 kWh/m². Jsou přizpůsobeny vysokým provozním teplotám.

Fotovoltaikou označujeme přímou přeměnu světelné energie pomocí solárních článků na elektrickou energii. Používají se hlavně krystalické křemíkové články, a to monokrystalické a polykrystalické (nejběžnější, ale o 15 % nižší účinnost než monokrystalické). Tyto články se pro praktické využití spojují do fotovoltaických panelů (modulů). Typický rozměr jednoho panelu je 1,7x1,0 m a typický špičkový výkon 250–300 W (ve standardizovaných zkušebních podmínkách).

Fotovoltaické panely přitom vyrábějí stejnosměrný proud, který se v měniči převádí na střídavý proud, který může být využíván přímo v domovní síti, resp., jehož přebytky napájejí elektrickou síť. Schéma FVE se síťovým připojením je znázorněno na vedlejším obrázku.

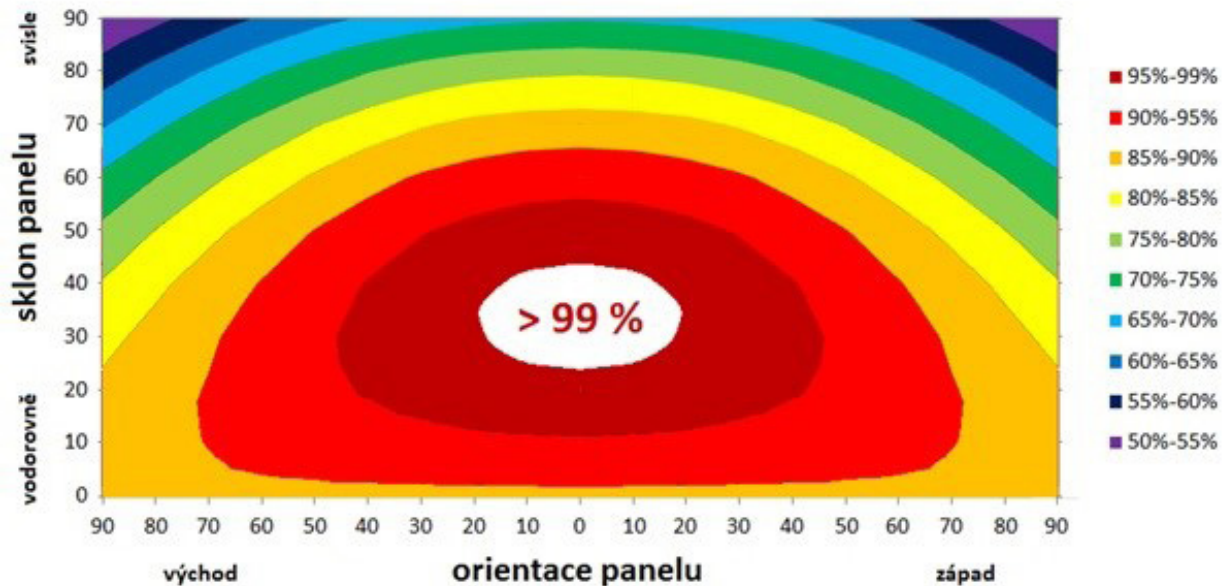


Typy FV panelů:

- S polykrystalickými články – pro dosažení výkonu 1 kW je potřebná plocha panelů asi 7,7 m² a jejich průměrná roční produkce je cca 130 kWh/m².
- S monokrystalickými články – pro dosažení výkonu 1 kW je potřebná plocha panelů asi 6,6 m² a jejich průměrná roční produkce je cca 150 kWh/m². Jsou dražší než panely s polykrystalickými články.
- Tenkovrstvé – používající amorfnní křemík i jiné polovodiče – pro dosažení výkonu 1 kW je potřebná plocha panelů asi 9–11 m² a jejich průměrná roční produkce je cca 90–110 kWh/m². Jejich výhodou je nízká výrobní cena a při integraci do měkkého souvrství i malá hmotnost, velká plocha a snadná instalace rozrolováním. Jsou však méně účinné.

Pro Českou republiku je ideální sklon panelů 30–35° k jihu. Přesná orientace panelů na jih však není kritická, odchylky až 45° nezpůsobí větší pokles celkové dodané energie za rok než 10 %, jak ukazuje následující obrázek.

Výnos energie v závislosti na sklonu a orientaci panelu



5. Provozní typy FVE

Elektrárny s FV panely mohou být provozovány jako systémy ostrovní, kdy elektrárna není připojena na distribuční elektrickou síť. Získanou elektrickou energii je možné skladovat v akumulátorech, jejich použití však zvyšuje investiční náklady.

Systémy napojené na veřejnou rozvodnou síť mohou v době přebytku vlastního výkonu do sítě energii dodávat a při nedostatku vlastního výkonu ze sítě odebírat. Hlavním motivem instalace tohoto systému je úspora nebo i zisk plynoucí z takovéto investice.

6. Solární městské střechy a virtuální elektrárny

V případě města Brna připadá v úvahu instalace FVE zejména na střechách budov, a to u novostaveb nebo rekonstruovaných objektů. Dále je možné budovat FVE v brownfieldech a v omezeném rozsahu taky na volných pozemcích bez možnosti jiného výhodnějšího využití.

V roce 2016 bylo na území města Brna 492 instalací FVE s celkovým instalovaným elektrickým výkonem 33 MW. Předpokládá se nově instalovaný výkon 40 MW (v dnešním srovnání 2. největší v ČR) s využitím potenciálu stovek městských budov s celkovou plochou 120 tis. m². Realizací dojde ročně k úspoře 36 tis. tun CO₂, což představuje příspěvek cca 6 % snížení emisí CO₂ na celkovém snížení o 40 % do roku 2030, jak požaduje Akční plán pro udržitelnou energii a klima (Sustainable Energy and Climate Action Plan, zkráceně SECAP).

Odhadované investiční náklady jsou 1,2 mld. Kč, tj. 30 tis. Kč/kW. Pro financování se počítá s využitím dotace z Modernizačního fondu. Předpokládaná návratnost je 8–10 let (v závislosti na výši dotace).

	Stávající	po realizaci FVE
Instalovaný výkon v FVE (MW)	33	73
Energie vyrobená z FVE (GWh)	35	77

K dosažení cíle snížení emisí CO₂ alespoň o 40 % do roku 2030 je nevyhnutelné masivní rozšíření výroby elektřiny z OZE včetně FVE, což povede k navýšení podílu OZE v energetickém mixu města a snížení závislosti města na fosilních palivech.

	2016	2026 po realizaci FVE	2030
Spotřeba elektřiny (GWh)	1 883	1980 (odhad dle ÚEK)	2015 (odhad dle ÚEK)
Výroba elektřiny (GWh)	411		200 (cíl SECAP)
<ul style="list-style-type: none"> • z toho OZE • z toho FVE 	<ul style="list-style-type: none"> 42 35 	<ul style="list-style-type: none"> 77 	
Podíl FVE na energetické soběstačnosti města Brna	~2 %	~4 %	-

Pro dosažení tohoto ambiciózního cíle město Brno pověřilo svoji obchodní společnost SAKO Brno, a.s., aby se rozšiřováním FVE zabývala. SAKO Brno vytvoří tzv. virtuální elektrárnu, pomocí níž bude vyrobené přebytky elektřiny dodávat do veřejné sítě prostřednictvím společnosti ČEPS. Propojením a využitím potenciálů menších výrobních zdrojů v rámci metropolitní oblasti města pomocí virtuální elektrárny bude posilována komunitní energetika, prvek konceptu Smart cities.

V první fázi projektu se budou FVE instalovat na budovách škol, domovů pro seniory, městských společností a městských objektech nájemního bydlení. V dalších fázích se počítá se zapojením soukromých subjektů (bytové domy, soukromé společnosti).



7. Plány okolních metropolí

S rozsáhlými plány rozvoje FVE není Brno osamoceno. Např. berlínský senát, který je exekutivním orgánem hlavního města, schválil novou legislativu v oblasti využívání obnovitelných zdrojů. FVE by měly do roku 2050 pokrývat na čtvrtinu spotřeby elektřiny města. Od roku 2023 by střechy všech nových budov, stejně tak střechy stávajících budov, které prošly značnou rekonstrukcí, měly být vybaveny fotovoltaickou elektrárnou, či alespoň solárním termálním systémem. Povinnost by se měla stahovat na střechy s plochou vyšší než 50 metrů čtverečních, přičemž solární systémy by měly pokrývat alespoň 30 % jejich plochy.

Také Vídeň plánuje v následujících letech transformaci města do příkladné metropole využívající solární energii. V roce 2014 bylo ve Vídni v provozu více než 1 100 fotovoltaických zařízení, které vygene-

rovaly ročně cca 23 000 MWh solární energie. Do roku 2040 má Vídeň dosáhnout uhlíkové neutrality. Současné vedení radnice chce do konce funkčního období, které skončí v roce 2025, proto ročně instalovat tolik fotovoltaických elektráren, kolik bylo v souhrnu instalováno za posledních patnáct let. Ze současných 50 MW se výkon fotovoltaických elektráren ve Vídni do pěti let vyšplhá na 250 MW.

8. Solární zelené střechy

Slunce však nemusí sloužit jen k termickému a fotovoltaickému využití, ale i k ozelenění budov. Zelené střechy významně přispívají ke zlepšení mikroklimatu v hustě zastavěných městských zónách:

- odpařováním vody zajišťují ochlazování
- absorpcí znečišťujících látek zvyšují kvalitu ovzduší
- působí jako ochrana proti hluku
- zadržováním vody snižují o 60–85 % její odtok do kanalizace
- vytváří vhodné prostředí pro ohrožené živočišné druhy
- nabízí možnost využití jako společné zahrady

Zelené střechy a FVE si však navzájem nekonkurují, právě naopak. Zelená střecha svým výparem ochlazuje spodní části FV panelů, čímž zvyšuje jejich účinnost a tím také produkci elektřiny. Studie vědců z univerzity v americkém Kansasu, která porovnávala výkony solárních elektráren na běžné černé nebo bílé a vegetační (zelené) střechy, prokázala, že FV panely na vegetační střechy vyrobily v průměru o 1,4 % více elektřiny než stejné elektrárny na běžné střechy s černým nebo bílým povrchem.

I zelená střecha však profituje z interakce se solární energií. Plovoucí stíny, které vrhají panely, vytvářejí na střechy rozmanité podmínky. Extrémně horká a suchá místa se střídají se zastíněnými, chladnějšími oblastmi vhodnými pro růst stínomilných typů rostlin. Tím se vytváří vhodné mikroklima a podporuje biodiverzita.

Vhodným řešením solární zelené střechy, nazývané také biosolární, je integrace podpůrné konstrukce FV panelů do zelené střechy. Hmotnost substrátu zelené střechy představuje ve většině případů dostatečné statické zatížení instalovaného solárního zařízení. Není zapotřebí žádných dalších statických zátěží, jakými jsou betonové podstavce. Vyšší vrstva substrátu umožní vysadit rozmanitější vegetaci včetně trvalek a cibulovin a je schopna pohltit až 60 % objemu vody, který při nárazovém dešti spadne. Větší část z této vody slouží rostlinám k životu a část se odpaří do ovzduší.



9. FVE a životní prostředí, recyklace komponentů FVE

Pozitivní vliv provozu FVE na životní prostředí (ŽP) spočívá ve využívání OZE a z toho vyplývajícího snížení produkce CO_2 . Negativně ŽP provoz FVE téměř neovlivňuje, jelikož při výrobě elektřiny neprodukuje žádné odpady ani emise. Negativní dopady na ŽP představuje výroba, transport a recyklace fotovoltaických panelů. V současnosti se ale energie nutná k výrobě panelu vrátí jeho provozem už přibližně během 1,5–2 let.

Recyklaci fotovoltaických panelů byla dosud věnována menší pozornost. Jejich životnost je poměrně dlouhá a množství panelů k recyklaci je dosud nízké. V současnosti se předpokládá, že životnost definovaná poklesem účinnosti o 20 % bude u kvalitních panelů minimálně 25 až 40 let od jejich instalace. Panely však mohou být funkční i po této době, pouze jejich účinnost bude postupně dále klesat.

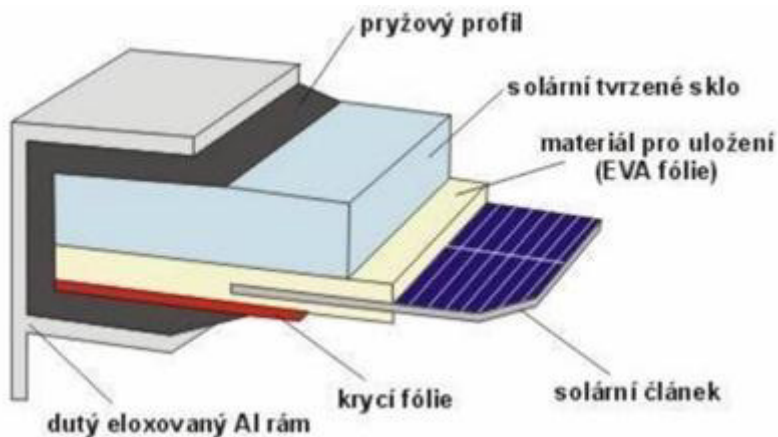
Vzhledem k očekávané životnosti lze větší objemy panelů k recyklaci očekávat nejdříve po roce 2030. Kvalitní panely instalované v letech 2009 až 2011 budou vyřazovány z provozu ve větších objemech pravděpodobně až po roce 2040.

Přínosem recyklace je další použití získaných materiálů, čímž dojde ke snížení celkového dopadu výroby nových solárních panelů z recyklovaných materiálů. Výroba nových panelů z recyklovaných materiálů má kratší dobu návratnosti než články z primárních zdrojů. Důvodem je nižší energetická náročnost výroby panelů z recyklovaných materiálů.

Největší podíl na hmotnosti krystalických panelů připadá na sklo (60–70 %) a hliníkový rám (kolem 20 %). U tenkovrstvých panelů je podíl skla a hliníku přes 95 %. Dále panely obsahují plasty, křemík, vzácné kovy, mezi něž patří měď, indium, galium, germanium, stříbro, telur a také toxické kovy jako je kadmium.

Mezi nejlépe recyklovatelné materiály se řadí sklo a hliník. Technologie následného zpracování je jednoduchá a technologicky zvládnutá. Dalším ekonomicky výhodným materiálem je křemík. Při termické metodě získáváme celé články, které následně lze po úpravě využít pro výrobu nových článků. Ze vzácných kovů jsou nejlépe recyklovatelné telur, měď a také stříbro. Plasty lze recyklovat jen částečně nebo vůbec.

Skladbu FV panelu v místě rámu znázorňuje následující obrázek.



Pro recyklaci panelů se používají dvě metody:

- Termická recyklace, která je v současnosti zřejmě nejpokročilejší metodu recyklace panelů a je použitelná pro všechny stávající konstrukce panelů z krystalických článků.
- Mechanicko-chemická metoda, která je použitelná spíše pro tenkovrstvé panely, u nichž nelze polovodičové materiály získat jiným způsobem.

Ostatní prvky fotovoltaické elektrárny, jako měniče, baterie, nosné konstrukce a kabely se také recyklují, jelikož recyklace jejich materiálů je ekonomicky výhodná. Měniče a baterie mají nižší životnost než FV panely.

10. Schválené podklady a dokumenty

Celosvětové a zejména evropské úsilí ke zmírnění klimatické změny je zastřešeno mnoha dokumenty. Také je zvyšován důraz na větší iniciativu a zapojení regionů, měst a obcí v dosahování cílů EU. Jednou z takovýchto iniciativ Evropské komise je *Pakt starostů a primátorů pro udržitelnou energii a klima*, která vznikla krátce po přijetí tzv. klimaticko-energetického balíčku v roce 2008, s cílem zapojit a podporovat starosty a primátory.

V Paktu starostů a primátorů se orgány místní a regionální správy dobrovolně zavazují ke zvýšení energetické účinnosti, používání OZE a ke splnění cíle Evropské unie snížit emise CO₂ do roku 2030 o 40 % ve srovnání s výchozím rokem 2000. Statutární město Brno se oficiálně zapojilo do této iniciativy v září 2017.

Přistoupením k Paktu vznikla městu povinnost zpracovat do dvou let tzv. *Akční plán pro udržitelnou energii a klima* (Sustainable Energy and Climate Action Plan, zkráceně SECAP), který byl v říjnu 2019 schválen Zastupitelstvem města Brna. SECAP obsahuje výchozí emisní bilanci skleníkových plynů a plány konkrétních činností a opatření na její snížení, včetně dlouhodobé vize do roku 2030.

Územní energetická koncepce statutárního města Brna (ÚEK) stanovuje cíle a zásady nakládání s energií na území statutárního města Brna. Na základě analýzy využitelnosti jednotlivých druhů OZE byly učiněny následující obecné závěry:

- Na území města Brna by měly být rozvíjeny takové zdroje energie z OZE, které zde mají svůj významný potenciál a také ty, které jsou zde využívány dlouhodobě. Jedná se především o tepelné využívání odpadů, fotovoltaiky, fototermiky, využití tepelných čerpadel, popřípadě spalování biomasy.

- Ostatní zdroje OZE jako je využití vodní energie, větru, popřípadě bioplynu představují na území města Brna pouze okrajový potenciál.

ÚEK porovnávala více možných variant rozvoje, z nichž byla Zastupitelstvem města Brna v září 2018 schválena varianta rozvoje a konverze paliva, která je primárně cílena na rozvoj využívání OZE a kombinované výroby elektrické energie a tepla.

Použité zdroje

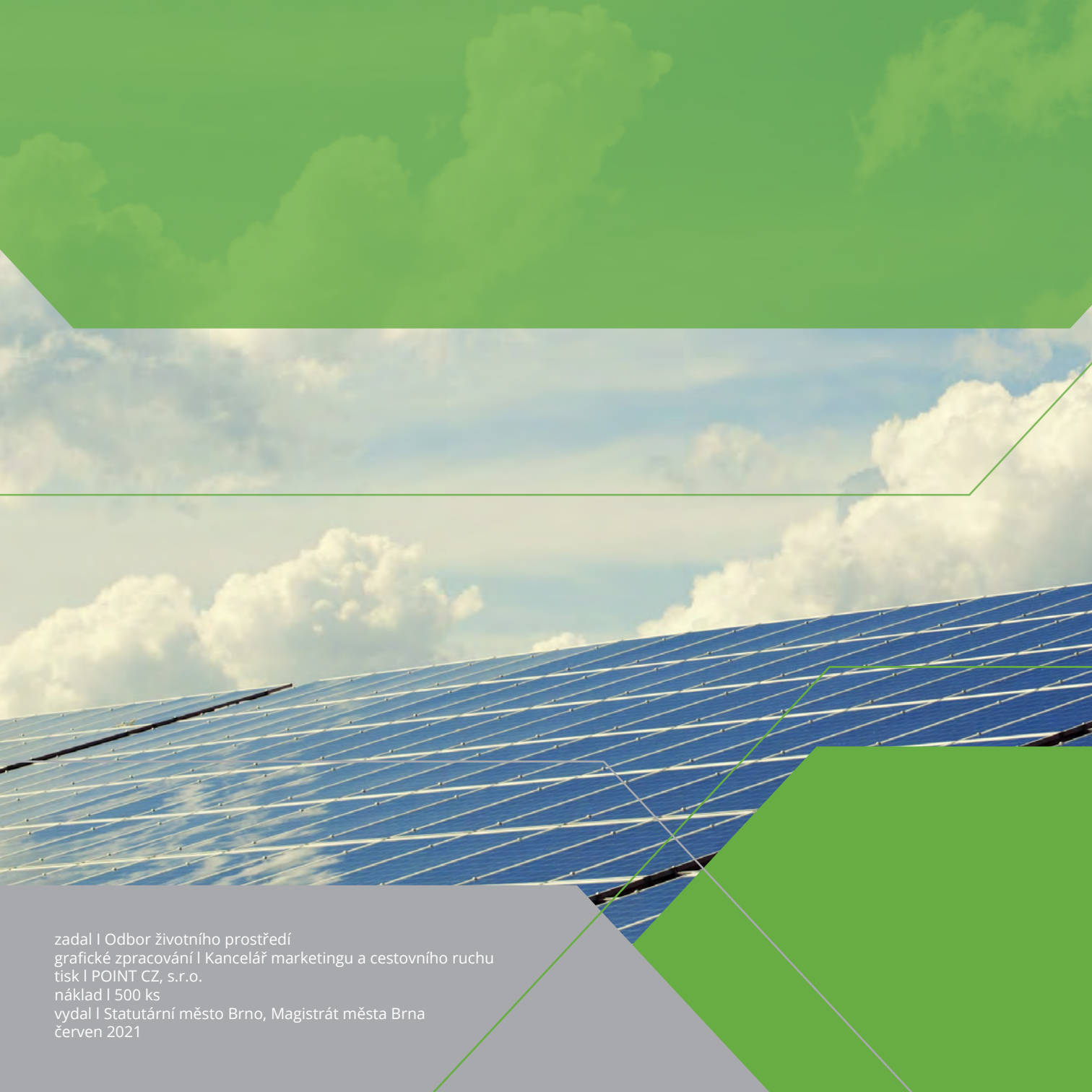
- Strategie rozvoje fotovoltaických zdrojů ve městě Brně; koncepční studie; Teplárny Brno, a.s., EGÚ Brno, a.s.; září 2020
- Recyklace fotovoltaických panelů na konci životnosti; Ing. Bronislav Bechník, Ph.D.; září 2011
- Analýza životního cyklu fotovoltaických systémů; přehledová studie, Ing. Bronislav Bechník, Ph.D., Ing. Radim Bařinka, Ing. Pavel Čech
- Nejčastější mýty o fotovoltaiice; Jan Krčmář; prosinec 2018
- Životní cyklus solární elektrárny, efektivita a návratnost; diplomová práce; Bc. David Kubín; 2013
- Dopad likvidace fotovoltaických panelů na ŽP; bakalářská práce; Jan Tesárek; 2015
- Gestaltung von Solaranlagen und Bauwerksbegrünung; Wien; prosinec 2014
- E.ON Česká republika, s.r.o.
- Nadace Partnerství, o.p.s.
- Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i. (CzechGlobe)

Poznámky:

priprav.brno.cz

#PripravBrno





zadal | Odbor životního prostředí
grafické zpracování | Kancelář marketingu a cestovního ruchu
tisk | POINT CZ, s.r.o.
náklad | 500 ks
vydal | Statutární město Brno, Magistrát města Brna
červen 2021