

# Se sluncem po Německu

Ing. Pavla Slavíková, Ing. Jakub Slavík, MBA

K letní prázdninové atmosféře patří toulky přírodou nebo po vodě a výlety do zahraničí. Abychom k této atmosféře přispěli i v našem odborném časopise, zveme nyní čtenáře na dva zajímavé výlety do německé přírody po kolejích a po řece. Ukážeme si při nich, jak slunce, resp. fotovoltaika, umí pohánět vlaky i lodě.

## Fotovoltaická tramvaj mezi skalami

Náš první výlet nás zavede podél Labe kousek za hranice, do lázeňského městečka Bad Schandau. Údolím říčky Kirmnitzsch (na české straně Křinice) se od roku 1898 mohou turisté svézt tramvají za krásami Saského Švýcarska po osm kilometrů dlouhé jednokolejce. Od roku 1994 využívá tato dráha fotovoltaické (PV) články, které jsou nainstalovány na vozovně dopravního podniku. Rekonstruované tramvaje pocházejí z let 1957 až 1968 a jsou získány skoro z celého bývalého NDR. Většina motorových vozů má výkon  $2 \times 60$  kW.

Přestože údolí říčky je velmi úzké a hluboké a sluneční svit zde není zvláště v zimních měsících moc vydatný, má využití fotovoltaiky v těchto končinách své opodstatnění. Vzhledem k využití tramvaje pro turisty je provoz této jednokolejky sezónní. V zimě, kdy je využitelné sluneční energie méně, projedou údolím jen čtyři páry tramvají (tam a zpět) denně, kdežto v létě, kdy je sluneční aktivita na vrcholu, 24 párů denně.

## Projekt fotovoltaiky

Projekt napájení Kirmnitzschtalbahn elektrickou energií získanou fotovoltaickými články byl realizován v rámci projektu Spolkového ministerstva pro vědu a technologie o využívání alternativních zdrojů energie v dopravě a Saského ministerstva hospodářství a práce. Fotovoltaické články jsou umístěny na střeše vozovny na ploše  $325 \text{ m}^2$ . Směr natočení střechy s fotovoltaickými články je na jiho-jihovýchod, který je pro tento účel ideální. Při instalaci fotovoltaických článků bylo třeba pouze upravit sklon panelů na  $37^\circ$ , protože sklon střechy nebyl dostatečný.

Fotovoltaické zařízení na střeše vozovny je složeno z celkem 756 fotovoltaických článků ( $42 \times 18$  článků v sérii). Jmenovité napětí jednoho článku je 17,4 V. Vždy osmnáct článků v sérii tvoří jednu větev. Tyto větve jsou propojeny paralel-



Obr. 1. Fotovoltaická tramvaj jezdí údolím říčky Kirmnitzsch

ně do dvou skupin, z nichž každá napájí stejnosměrným napětím skupinu čtyř střídačů. Využívá se tedy celkem osm střídačů o jmenovitém výkonu  $5 \text{ kV} \cdot \text{A}$  z důvodu proměnlivého množství generované energie v letním a zimním období. Střídače jsou po čtyřech spojeny paralelně, přičemž jeden je řídicí – master, a ostatní jsou podřízené – slave. Řídicí střídač připojuje ostatní střídače podle momen-

tální velikosti odebírané energie, a proto střídače pracují efektivně.

## Ekologický provoz

Ve slunečných dnech od května do srpna vyrobí fotovoltaické panely tolik elektrické energie, že ji tramvaje nespotřebují a energie se dodává do distribuční sítě. Naproti tomu jsou fotovoltaické články



Obr. 2. Fotovoltaické panely na vozovně

od listopadu do ledna ve stínu a tramvaj musí v tuto dobu brát veškerou elektrickou energii z distribuční sítě. Přestože provoz tramvaje není ekonomicky soběstačný (průměrné pokrytí spotřeby elektrické energie pro provoz tramvaje fotovoltaikou je 30 %), z hlediska ekologie je velmi přínosný. Fotovoltaika zde ročně vyrobí přibližně 30 MW-h elektrické energie, což znamená roční snížení emisí z tepelných elektráren o 34 tun oxidu uhlíku.

Šestnáct let provozu dráhy Kirnitzschalbahn vedlo ke snížení emisí o asi 540 tun oxidu uhlíku, a významně tak přispělo k dosažení čistšího životního prostředí. Současně se podařilo maximálně využít sluneční energii pro sezónní provoz tramvaje, aniž by bylo třeba použít akumulátory ke skladování elektrické energie.

### Sluneční kočka - dosti nevšední loď

Na druhý výlet se vydáme do Berlína na Sprévu a přilehlé toky. Párty, školení či výlet pro skupiny zde nabízí loď na fotovoltaický pohon pojmenovaná Solon, s typovým označením výrobce SunCat 58, tedy Sluneční kočka. Název je bezesporu výstižný. Po hladině nevrčí a nezamožuje vzduch spaliny, jen se tiše a elegantně plíží. A jako správná kočka to umí i v noci – vydrží plout až deset hodin bez světla. SunCat 58 je loď katamaranového typu, délky zhruba 18 m a šířky 7 m a s ponorem asi 1 m, která pojme až 50 cestujících. Výrobce, mladá berlínská firma SunWaterWorld AG, jí dal do vínku několik nevšedních technických vlastností.

Trup je z odlehčených materiálů a jeho tvary jsou navrženy tak, aby se minimalizovaly ztráty energie. Výsledkem je vlastní hmotnost pouhých 13 t s minimálním odporem prostředí. Dva 8kW asynchronní elektromotory tudíž mohou loď dát solidní rychlost osm uzlů, tedy přibližně 15 km/h.

Elektrinu motorům ve dne dodává 24 solárních modulů Solon SE o výkonu 5,16 kW při jmenovitém výkonu až 215 Wp na modul. Tyto solární moduly jsou umístěny na střeše kabiny uprostřed lodi. Deset hodin provozu bez světla umožňují loď baterie o kapacitě 48 V/2× 480 A.

Díky těmto přednostem si prototyp SunCat 58 troufl i na Atlantik. V roce 2007 zdolal trasu z Basileje přes Rotterdam do New Yorku za pouhých 29 dní. Jediným zdrojem pohonu přitom byla sluneční energie.

### Světlo zvenčí, světlo zevnitř

SunCat 58 jako Solon dopravní společnosti Schiffskontor je zajímavá i zevnitř. Pro poskytnutí nevšedního zážitku je kabina pro cestující vybavena s moderní



Obr. 3. Solon – loď na fotovoltaický pohon

elegancí, a přitom tak, aby ji bylo možné plně adaptovat pro konkrétní účel od školení po svatby. Kromě míst k sezení a stolků je zde tedy např. i bar s příslušenstvím.

Zvláštním zážitkem pro laiky i odborníky je vnitřní osvětlení lodi. Svítidla na principu LED integrovaná do stropu kabiny a dalšího vybavení dovolují měnit barvu, a tím umocnit celkový dojem z jízdy. Méně zřejmé, ale neméně důležité je použití LED i z jiného důvodu: co nejušpornější provoz lodi.

### Splnění klukovského snu

„Otcem“ Sluneční kočky je inženýr Thomas Meyer. Vypráví se, že k zájmu o loď na sluneční pohon ho inspirovala klukovská četba Verneova románu Dvacet tisíc mil

pod mořem. Zatoužil po lodi, která dokáže nekonečně plout, bez hluku a znečišťování okolního prostředí. Na rozdíl od mnoha jiných dovedl Thomas Meyer svůj sen do konce. V roce 1993 zkonstruoval svoji první loď na solární pohon a získal za ni nesčetná ocenění. Nyní stojí v čele společnosti SolarWaterWorld a je uznávaným odborníkem na stavbu solárních lodí.

Převratným prvkem jeho konstrukcí je to, že nejde o standardní loď pouze doplněná slunečním panelem. Loď konstruovaná od počátku jako solární bere v úvahu nejen pohonnou jednotku, ale celkovou spotřebu energie. Stejnou péči jako pohonu proto konstrukce věnuje ze-

jména tvarování ponořené části lodi, ale i zmíněnému osvětlení.

### Nestačí jen panel a šroubovák

Jak jsme poznali na obou výletech, sluneční energie se může uplatnit i v tak netradičních oborech jako pohon vlaků nebo lodí. Od roku 1958, kdy byla fotovoltaika poprvé použita na dopravním prostředku – vesmírné družici, je to obrovský skok.

Je však také zřejmé, že nemá smysl jen takřikajíc vzít šroubovák a přimontovat fotovoltaický panel na střechu lokomotivy nebo na kajutu lodi. Má-li dopravní prostředek využívat pro svůj pohon sluneční záření co nejučinněji, je třeba jej takto od samého začátku koncipovat, a to se znalostí všech předností i úskalí uvedeného zdroje energie. Rozhodující přitom je nejen potřebný výkon motorů, ale i veškerá spotřeba energie a celkový charakter provozu.

Nezbývá tedy než popřát saské jednokolejce i Sluneční kočce spoustu kilometrů či mil bez nehody a jejich následovníkům ty správné nápady, jak co nejlépe využít sluneční světlo k jízdě ve dne i v noci, v létě i v zimě.

(s využitím materiálů společností Oberelbische Verkehrsgesellschaft Pirna – Sebnitz GmbH, SunWaterWorld AG a M.S. Schiffskontor GmbH)

Tab. 1. Technické parametry – fotovoltaika Kirnitzschalbahn

Fotovoltaické panely	SIEMENS M55, 53 Wp
Napětí v troleji	600 V DC
Sklon PV panelů	37°
Natočení střechy s PV panely	jího-jihozápad
Celková plocha PV panelů	325 m <sup>2</sup>
Počet PV článků	756
Jmenovité napětí PV článku	17,4 V
Jmenovité napětí generátoru	325 V DC
Max. výkon	40 kW
Roční výroba elektrické energie fotovoltaikou	30 MW-h
Typ střídače	jednofázový
Průměrné pokrytí spotřeby elektrické energie pro provoz tramvaje fotovoltaikou	30 %