

VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE V EXTRÉMNÍCH PODMÍNKÁCH NA VÝZKUMNÝCH STANICÍCH V ANTARKTIDĚ

Petr Wolf¹⁾, Miloš Barták²⁾

¹⁾ Monitorování, diagnostika a inteligentní řízení budov, UCEEB, ČVUT, Buštěhrad

²⁾ Ústav experimentální biologie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno

ANOTACE

Snižování energetické náročnosti a maximální využití obnovitelných zdrojů v energetickém mixu je předpokladem pro udržitelný rozvoj a minimalizaci dopadu lidské činnosti na ekosystémy. Výjimečný význam má v místech, které jsou doposud lidskou činností téměř nedotčené, jakými je též Antarktida. Jedná se o kontinent nejchladnější, s nejvyšší průměrnou nadmořskou výškou, nejnižším slunečním ozářením a současně nejméně prozkoumaný. Objem výzkumných aktivit v Antarktidě každoročně roste, vznikají nové vědecké základny, roste i počet států podílejících se na výzkumu terestrických ekosystémů Antarktidy. Využití obnovitelných zdrojů pro zajištění potřeb personálu vede ke snížení spotřeby fosilních paliv a emisí a hraje důležitou roli v ochraně zdejší přírody. Tento příspěvek popisuje současný stav, technické a ekonomické možnosti využití obnovitelných zdrojů na vědeckých stanicích v Antarktidě s ohledem na klimatické poměry a požadavky provozu. Podrobněji popisuje energetický systém na České vědecké stanici Johanna Gregora Mendela na ostrově Jamese Rosse.

SUMMARY

Reduction of energy consumption and utilisation of renewable energy sources are required to achieve sustainability and to minimise the impact of human activities on ecosystems. This is especially important in landscapes untouched by human activity, such as Antarctica. Antarctica is the coldest, least explored continent with the highest average mean sea level and the lowest solar insolation. The amount of research conducted in Antarctica grows every year, new research stations are built and more countries are getting involved in research of terrestrial ecosystems. The use of renewables for research activities reduces fossil fuels consumption and emissions and protects the local environment. This article sheds light on the current situation, technical and economic options for renewable energy use at research station in Antarctica with regard to climatic conditions and operation requirements. In details it describes energy system at Johann Gregor Mendel Czech Antarctic Station on James Ross Island.

ÚVOD

V roce 1962 vstoupila v platnost Smlouva o Antarktidě, která se opírá o tři zásady: zasvěcení tohoto kontinentu mírovým účelům, svobodu vědeckého bádání a ochranu antarktického prostředí. Celoročně i sezóně provozované vědecké základny založené v Antarktidě před rokem 1990 využívaly jako základní a často jediný zdroj elektrické energie dieselové generátory. Na počátku 90. let se začínají objevovat návrhy na využití obnovitelných zdrojů energie. Od té doby se velmi rozšířil počet stanic, které je využívají v menší či větší míře pro pokrytí vlastních energetických potřeb. Jedná se především o využití větrné a sluneční energie (pomocí fototermiky i fotovoltaiky) [1].

S ohledem na minimalizaci vlivu působení člověka v Antarktidě hledá mnoho národních programů různá alternativní řešení pro napájení jimi provozovaných stanic a možnosti úspor energie. Stanice zbudované v nedávné době jsou již navrženy s minimálními energetickými požadavky na provoz; využití obnovitelných zdrojů energie a rekuperace odpadního tepla (větrání místností, spaliny dieselových generátorů) je již zde běžným standardem. V posledních letech se využití obnovitelných zdrojů stává i součástí prestiže jednotlivých národů. Instalace spolehlivého a efektivního systému získávání, akumulace a využívání energie je v nehostinných podmínkách výzvou pro dodavatele technologie, projektanty i provozovatele stanic.

ENERGETICKÉ SYSTÉMY NA STANICÍCH V ANTARKTIDĚ

V Antarktidě je provozováno okolo 75 vědeckých stanic, jejich provozní kapacita činí 4000 lidí v letním období, nadto ročně navštíví kontinent zhruba 74000 lidí (turisté, posádky zásobovacích lodí aj.). V zimním období je v provozu pouze 38 stanic, kde pracuje okolo 1000 lidí. Energie ve výzkumných stanicích slouží pro napájení přístrojů, osvětlení, vytápění, přípravu vody (rozpouštění sněhu a ledu, čerpání, čistění). Palivo je též v hojné míře užito pro pohon dopravních prostředků. Mnoho stanic je v zimním období logisticky nepřístupno kvůli mořskému zámru, řada stanic leží ve vnitrozemí a zásobování je časově a finančně velmi náročné.

Při návrhu, realizaci a provozu energetických systémů lze vyjít ze zkušeností s instalací v odlehlých oblastech. Je však třeba přihlédnout k specifickým přírodním podmínkám – nízké teplotě, teplotním výkyvům, silným poryvům větru, námraze, instalace na sněhovém či ledovém základě, případně na půdě (permafrostu), která není stabilní. Byly testovány a v Antarktidě jsou provozovány rozličné technologie – větrné elektrárny s horizontální i vertikální osou, fototermické kolektory, fotovoltaické moduly pevně umístěné i s natáčecí konstrukcí. Akumulátorové úložiště je obvykle založeno na použití nikl-kadmiových akumulátorů z důvodu provozu při nízkých teplotách. V několika případech byla instalována i speciální technologie, např. využití vodíkového hospodářství na stanici Esperanza (Argentina) [3].

Stanice McMurdo (USA)

Stanice McMurdo je největší provozovanou stanicí v Antarktidě, v letním provozu zde pracuje okolo 1000 lidí, její energetická spotřeba činí 16 000 MWh/rok. Ročně je 5 mil. l nafty využito pro získávání elektrické energie, další nafta je třeba pro vytápění.

Stanice Wasa (Švédsko)

Švédská stanice Wasa založená roku 1989 má stěny a strop s minerální izolací o tloušťce 30 - 50 cm, trojitá skla v oknech, přičemž žádné okno není na jižní straně. Tepelná energie generovaná v budově (kuchyň, sauna...) je zde využita pro vytápění. Tímto je zajištěno, že během většiny dní v roce není třeba další vytápění místností. Důležité pro úsporný provoz je též chování členů expedice a jejich vzájemná koordinace ohledně využívání energeticky náročných zařízení [2].

Stanice Syowa (Japonsko)

Základna Syowa byla zřízena poblíž jižního pólu roku 1957. Zásobování je zajištěno ledoborcem Shirase, palivo tvoří více než polovinu nákladu. Požadavky na palivo se stále zvyšují s ohledem na rostoucí výzkumné aktivity základny. Základna vyžaduje velké množství tepelné energie pro vytápění, ohřev vody a získávání vody ze sněhu a ledu. Toto teplo je

získáváno z elektrické energie, z odpadního tepla spalin a přímým spalováním paliva. Základní zdroj elektrické energie tvořil zprvu 240 kW dieselový generátor. Ten byl rozšířen o další 3 generátory o výkonu 113 kW. Přešlo se na decentrální systém výroby energie, do systému byly zapojeny větrné generátory a fotovoltaický zdroj o špičkovém výkonu 55 kW_p. Do okruhu vytápění bylo vřazeno tepelné čerpadlo zvyšující celkovou účinnost získávání tepla. Distribuovaný systém založený na provozu více menších dieselových generátorů umožňuje vhodné řízení systému a integraci obnovitelných zdrojů při zachování stability sítě. Očekává se budoucí rozšíření FV systému [4].

Stanice SANAE 4 (Jihoafrická republika)

Stanice SANAE ročně spotřebuje téměř 300 000 l nafty určené pro provoz v arktických podmínkách. Dováží se z Kapského města, její cena se dovozem ztrojnásobí. Denní spotřeba vody na člena expedice zde činí 80 l, studie ukázala, že velkou úsporou může být využití plochých solárních kolektorů pro podporu rozpouštění sněhu, přičemž finanční návratnost tohoto systému se odhaduje na 6 let [5].

Stanice Concordia (Francie, Itálie)

Základna leží ve vnitrozemí, dodatečná instalace obnovitelných zdrojů (OZE) byla důležitá nejen s ohledem na ochranu přírody, ale přinesla i výrazné snížení nákladů na provoz stanice. Místní teploty se pohybují mezi -20 °C v letním a -80 °C v zimním období. Rok před instalací OZE byla sbírána data o spotřebě elektrické energie na stanici, slunečním záření a větru. Stanice má 3 dieselové generátory o výkonu 170 kW, z nichž 2 jsou používány, třetí slouží jako záložní. Celkový instalovaný výkon ve spotřebičích činí 250 kW. Pro návrh systému se vycházelo z předpokladu, že během celého roku je jasná obloha, sluneční záření není tudíž výrazně sníženo vlivem oblačnosti či mlhy. Naměřená data potvrdila tento předpoklad. Naměřená rychlost větru se pohybovala mezi 0,4 – 75 m/s. Větrnou elektrárnu o výkonu 330 kW dodala společnost Enercon a Powercorp. Kvůli možnosti montáže byla zvolena speciální základna ve tvaru trojnožky, kterou lze kotvit na ledovcovém šelfu. Fotovoltaický systém má s ohledem na vysoké pořizovací náklady v době instalace (9000 \$/kW_p včetně natáčecího systému) výkon pouze 10 kW_p [6].

Stanice Princess Elizabeth (Belgie)

Belgická stanice vybudovaná a do provozu uvedená poměrně nedávno (2009) je zaměřena na optimalizaci využití energetických zdrojů a zároveň minimalizaci negativních vlivů stanice na okolí. Je vybudována v okolí Usteinen Ridge (Země královny Maud, Východní Antarktida) v nadmořské výšce 1382 m ve vzdálenosti 220 km od pobřeží. Stanice se pro svůj provoz snaží v maximální míře uplatnit využití obnovitelných zdrojů energie. Proto se z hlediska využití zdrojů energie kombinuje několik technických řešení, která byla testována modelovými výpočty před její výstavbou. Jde jak o větrné elektrárny, tak fotovoltaické moduly a termální solární kolektory, které jsou však využívány zejména pro vytápění některých místností a k rozpouštění sněhu pro zásobení stanice vodou. Stanice využívá celkovou plochu 300 m² fotovoltaických modulů, které jsou umístěny na stěnách budovy v úhlu 70° a další na okolních skalních výstupech. Modelová produkce energie fotovoltaických modulů umístěných na stěnách budovy je 11,6 MWh/rok [10]. Energetická spotřeba stanice činí 140 MWh/rok, z nichž 65 % je pokryto výstupy energie z větrných elektráren a 35 % fotovoltaickými moduly [9]. Poměr mezi těmito dvěma hlavními zdroji energie se však meziročně liší v závislosti na klimatických podmínkách jednotlivých sezón.

ČESKÁ VĚDECKÁ STANICE J. G. MENDELA

Česká vědecká stanice Johanna Gregora Mendela v Antarktidě je situovaná na ostrově Jamese Rosse a patří k nejseverněji umístěným stanicím. Je provozována během období jižního léta (leden až březen), kdy na jižní polokouli panují vhodné podmínky. Je navržena pro pobyt a práci 15 – 20 členů expedice. Od začátku její stavby v roce 2005 bylo počítáno s výrobou elektrické energie pomocí dieselagregátu a větru, který je v lokalitě velmi silný.

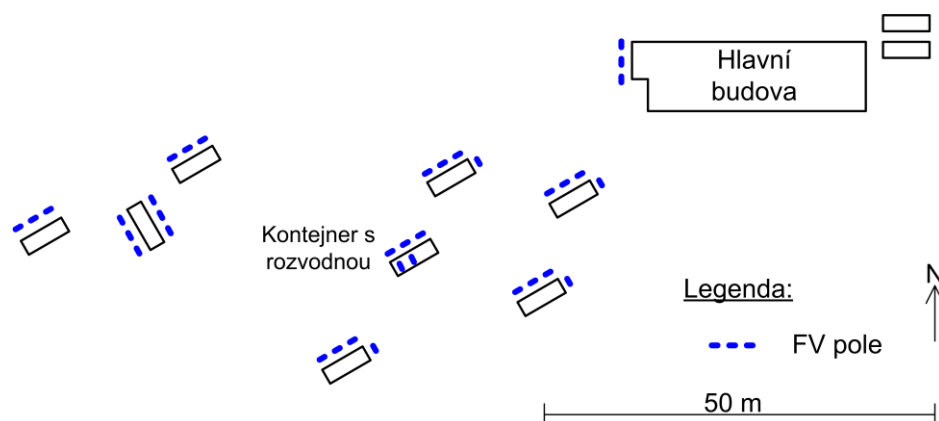
Stanice je tvořena hlavní budovou o velikosti 26,5 × 11,5 m a doplňkovými objekty tvořenými dvacetistopými kontejnery. Hlavní budova poskytuje ubytování, zajištění hygienických a osobních potřeb členů expedice, zázemí pro vědeckou práci a technické zázemí. Kontejnery jsou využívány pro rozličné účely, např. jako sklad potravin, strojevna dieselových generátorů, sklad paliva, garáž pro vozidla a lodě, sklady technického vybavení či spalovna odpadů [7]. Během expedice 2014 - 2015 byl též instalován kontejner sloužící pro úpravu vody, která je čerpaná z nedalekého potoka; není tudíž potřeba energeticky náročného rozpouštění ledu.

Hlavní budova je jediným objektem, který je vytápěn, využívá sendvičovou strukturu dřevoštěpkových desek (OSB) s vnitřní polystyrenovou výplní, která zajišťuje velmi dobré tepelně izolační vlastnosti. Vytápění je zajištěno teplovzdušným rozvodem do jednotlivých místností, k ohřevu jsou využity teplovzdušné solární kolektory umístěné na severní fasádě části budovy a elektrický ohřev, je využito též rekuperace z odpadního vzduchu. Významným zdrojem tepla je též vlastní provoz spotřebičů v budově, kuchyně a tepelný zisk generovaný členy expedice. Příprava teplé užitkové vody byla dříve řešena elektrickým ohřevem s podporou termálních plochých kolektorů, které byly v roce 2007 kvůli nízké účinnosti v chladném klimatu zrušeny [1].

Elektrická energie je získávána jednak využitím dvou dieselových generátorů o výkonu 22 kW (přičemž jeden z nich slouží jako záložní), jednak z větrných generátorů a fotovoltaického pole. Větrné generátory s nominálním výkonem 1,5 kW jsou umístěny na stožárech kotvených k jednotlivým kontejnerům. Z původních 8 kusů zůstalo vlivem náročných klimatických podmínek (nárazový katabatický vítr, námraza) jen 5 generátorů provozuschopných. Během expedice 2014 – 2015 byl instalován fotovoltaický (FV) systém o špičkovém výkonu 21 kW_P tvořený sestavou 108 ks modulů (obr. 1, 2).



Obr. 1 Jeden z kontejnerů s instalovaným fotovoltaickým systémem.

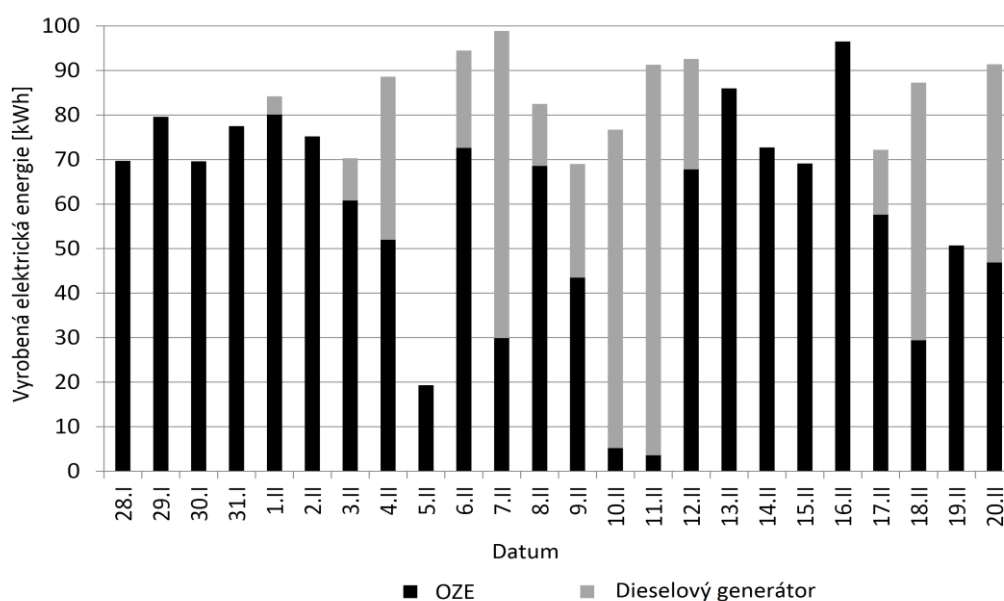


Obr. 2 Umístění hlavní budovy a kontejnerů s vyznačenými místy, kde byl instalován fotovoltaický systém.

Moduly jsou rozmístěny na kontejnerech, orientované na východ, sever a západ, a dodávají energii do bloku nikel-kadmiových akumulátorů. Z nich je v případě potřeby energie odebírána střídači a využívána pro provoz běžných zařízení ve stanici (topení, sušárna, osvětlení, kuchyň, vodní hospodářství, laboratorní technika aj.). Současně s fotovoltaickým systémem byla instalována sestava 3 nových střídačů výrobce SMA zajišťujících uvedenou konverzi energie z akumulátorů na běžnou 3-fázovou síť 230 V, nabíjení akumulátorů pomocí diesellového generátoru, monitoring provozu a řízení vybraných spotřebičů. Např. bojler je automaticky vypnutý při nedostatku energie, při nadbytku energie je naopak připojeno přídatné topení. Snahou je zajistit co možná největší stupeň komfortu pro vědecké týmy při maximální úspoře spotřeby nafty [8].

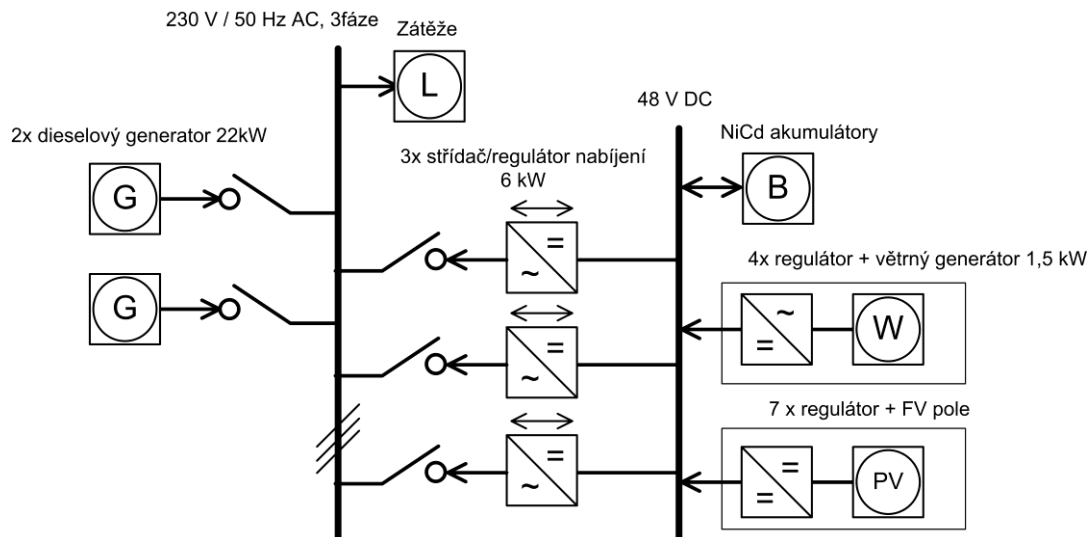
Vyhodnocení provozu systému během expedice 2014 - 2015

Během noci byla spotřeba stanice téměř konstantní okolo 1 kW, během dne naopak byla hodně proměnná, často dosahovala špiček okolo 8 kW. Denní hodnotu energie získanou obnovitelnými zdroji (OZE) a diesellovým generátorem ukazuje obr. 3.



Obr. 3 Výroba elektrické energie na stanici J.G.M. během expedice 2014/2015.

Během pobytu expedice na stanici, kdy již byl v provozu FV systém, byla převážná většina elektrické energie získána z FV systému (1272 kWh, tj. 68 %), dále z diesellového generátoru (482 kWh, tj. 26 %) a větrných generátorů (111 kWh, tj. 6 %). Větrný generátor však plnil důležitou roli během noci, kdy nebyla jiná energie k dispozici. Blokové schéma celého systému je na obr. 4. Problémem instalovaných větrných generátorů je úzké pásmo rychlosti větru, při kterém mají dostatečnou účinnost, a poruchovost mechanických částí a elektronických regulátorů. Z klimatických měření a zkušeností členů expedice je patrné, že větrná energie má v lokalitě ostrova Jamese Rosse velký potenciál a v budoucnu může velmi vhodně doplňovat energii získanou fotovoltaickým generátorem.



Obr. 4 Blokové schéma energetického systému na stanici J.G.M. po rekonstrukci během expedice 2014/2015.

ZÁVĚR

Využití obnovitelných zdrojů energie při provozu vědeckých stanic v Antarktidě je důležité jak pro ochranu životního prostředí, tak pro snížení provozních nákladů a požadavků na logistiku. Klimatické poměry v Antarktidě umožňují ve většině případů celoroční efektivní využívání větrné energie. Využívání sluneční energie je však omezeno na dobu jižního léta, nicméně v této době obývá stanice výrazně více osob a v mnoha oblastech Antarktidy bývá po většinu dní jasné počasí. Proto lze zejména na stanicích s letním provozem s výhodou využít fotovoltaiky, která je v porovnání s fototermikou jednodušší na instalaci a nízké provozní teploty zvyšují její provozní účinnost. Problémem při instalaci a provozu jsou náročné provozní podmínky (nízké teploty, silné nárazové větry, problém s kotvením, dopravou). Důležité je též využití odpadního tepla a celková vhodně navržená energetická koncepce s ohledem na úspory energie a spolehlivost provozu. Antarktida je stále kontinentem nejméně prozkoumaným a nejméně zasaženým lidskou činností. Je jisté v globálním zájmu uskutečňovat výzkum tohoto kontinentu a provoz jak sezónních, tak trvalých antarktických stanic s minimálním zásahem do citlivého zdejšího ekosystému.

LITERATURA

- [1] PROŠEK P., BARTÁK M. et al. *Facilities of J.G.Mendel Antarctic station: Technical and technological solutions with a special respect to energy sources. Czech Polar Reports*, 3: 38 – 57, 2013
- [2] TIN T., SOVACOL B.K. et al. *Energy efficiency and renewable energy under extreme conditions: Case studies from Antarctica. Renewable Energy*, 35: 1715 – 1723, 2010
- [3] APREA J.L. *Two years experience in hydrogen production and use in Hope bay, Antarctica. Hydrogen Energy*, 37: 14773 – 13780, 2012
- [4] OBARA S., MORIZANE Y., MOREL J. *A study of small scale energy networks of the Japanese Syowa Base in Antarctica by distributed engine generators. Applied Energy*, 111: 113 – 128, 2013
- [5] OLIVIER J.R., HARMS T.M., ESTERHUYS D.J. *Technical and economical evaluation of the utilization of solar energy at South Afrika's SANAE IV base in Antarctica. Renewable Energy*, 33: 1073 – 1084, 2008
- [6] BOCALETTI C., FELICE P., SANTINI E. *Integration of renewable power systems in an Antarctic Research Station. Renewable Energy*, 62: 582 – 591, 2014
- [7] PROŠEK P. a kol. *Antarktida*. Praha: Academia, 2013
- [8] WOLF P. *Solar energy utilization in overal energy budget of the Johann Gregor Mendel Antarctic station during austral summer season. Czech Polar Reports*, 5: 1 – 11, 2015
- [9] anonymus. *Construction and operation of the new Belgian Research Station. Dronning Maud Land, Antarctica. Final comprehensive environmental evaluation (CEE). Belgian Federal Public Planning Service Science Policy*, 2007.
- [10] VAN RATTINGHE, K. *Princess Elisabeth Research Station at Antarctica Renewable Energy Systems design, simulation and optimization. MSc. Thesis. Faculty of Aerospace Engineering – Delft University of Technology*. 129 s., 2008.

Rád bych poděkoval všem, kteří se podíleli při přípravě a průběhu expedice 2014/2015 na stanici J.G.M za podporu a pomoc při realizaci FV systému, obzvláště Miroslavu Vášovi (Sunnywatt CZ), Pavlu Kaplerovi a Miloši Bartákovi (Masarykova Universita v Brně) a Petru Šrámkovi (Czechoslovak Ocean Shipping).

