

LABORATORY EXPERIMENT FOR SUBJECT ECOLOGY OF PRODUCTION: INFLUENCE OF WATER VAPOUR ON THE AMOUNT OF INCIDENT SUNLIGHT

Lucie Balcárková

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xbalca04@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Bača

E-mail: baca@feec.vutbr.cz

Abstract: Electromagnetic radiation coming from the Sun passes through the Atmosphere. Part of the radiation is absorbed, another part is reflected back to the Space. This laboratory experiment was created to provide students a measurable proof of influence of water vapour to incident radiation.

Keywords: laboratory experiment, ecology of production, water vapour, electromagnetic radiation

1 ÚVOD

Vodní pára přítomná v atmosféře hraje významnou roli v mnoha atmosférických jevech. Mezi tyto atmosférické jevy patří např. počasí nebo skleníkový efekt. U skleníkového efektu dochází k interakci elektromagnetického záření s tzv. skleníkovými plyny obsaženými v atmosféře Země, a právě touto problematikou se zabývá navrhovaná laboratorní úloha.

Přítomnost atmosféry způsobí, že určitá část elektromagnetického záření je zadržena při povrchu, a tím dochází k ohřevu planety. [1] Atmosféra Země obsahuje mnoho různých skleníkových plynů, které jsou schopny záření zadržovat. Mezi hlavní skleníkové plyny patří vodní pára, oxid uhličitý (CO_2 ; 310 ppm^{*}), metan (CH_4 ; 2 ppm^{*}), oxid dusný (N_2O ; 0,50 ppm^{*}), a ozón (O_3 ; 0 – 0,07 ppm^{*}) [2]. Koncentrace vodní páry se pohybuje mezi 0-4 % a závisí na místě, ročním období, denní době i počasí a dalších faktorech. Relativní vlhkost atmosféry během roku se pohybuje mezi 6 a 85 %. [3]

Z výše uvedeného plyne, že v atmosféře je ze skleníkových plynů v nejvyšší koncentraci zastoupena vodní pára. Vysoká koncentrace ale není vše, protože schopnost plynů reagovat se zářením dopadajícím na Zemi se také podstatně liší. V Tabulce 1 je pro srovnání uvedeno, jaké poměrné množství CO_2 by zapříčinilo skleníkový efekt o stejné intenzitě jako ostatní plyny.

Tabulka 1: Srovnání skleníkových plynů vůči CO_2 z hlediska schopnosti interakce s elektromagnetickým zářením [4]

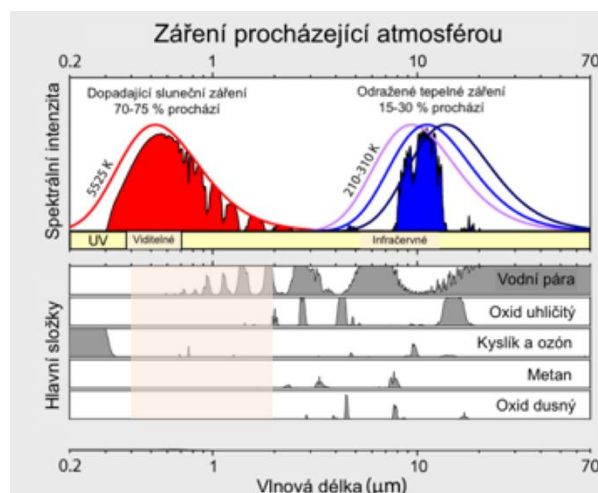
Skleníkový plyn	Koncentrace (roky)		Změna oproti roku 1780	Ekvivalent CO_2
	1780	1995		
vodní pára	0,2 - 4 %, průměrně 1,3 %		-	>10 000
CO_2	280 ppm	360 ppm	+ 29 %	1
CH_4	0,70 ppm	1,70 ppm	+ 143 %	20
N_2O	280 ppb	310 ppb	+ 11 %	200
Ozón (O_3)	-	82 ppb	Globální množství pokleslo ve stratosféře a vzrostlo v blízkosti povrchu	2000

* Poměrné zastoupení plynu ve složení suché a čisté atmosféry v blízkosti povrchu Země. [2]

Na základě srovnání v Tabulce 1 a procentuálního zastoupení plynů v atmosféře lze říci, že vodní pára je nejúčinnějším skleníkovým plynem přítomným v atmosféře Země. Z tohoto důvodu bude použita i v laboratorní úloze při měření vlivu své atmosférické koncentrace na průchod elektromagnetického záření.

Molekuly skleníkového plynu mohou dopadající elektromagnetické záření buďto odrazit nebo absorbovat, případně část absorbovat a vyzářit přebytečnou energii ve formě záření o jiné vlnové délce do libovolného směru. Může dojít také k difrakci záření na molekule plynu, záření poté změní směr šíření. Všechny tyto interakce se ve větší či menší míře projevují i v navržené laboratorní úloze, proto se zvyšující se koncentrací vodní páry dochází k poklesu množství elektromagnetického záření šířícího se v přímém směru od zdroje záření k senzoru.

Každý plyn však interaguje s jinými vlnovými délkami záření, jak je znázorněno v Grafu 1, proto je třeba měřicí aparaturu sestavit tak, aby měření probíhalo ve vhodném rozsahu vlnových délek, kde bude nejméně zatíženo vlivem ostatních skleníkových plynů.



Obrázek 1: Absorpční spektra významných skleníkových plynů se zvýrazněním rozsahu měřicího přístroje [4]

2 PRINCIP MĚŘENÍ A NÁVRH MĚŘICÍ APARATURY

Princip měření spočívá ve vytvoření měřicí aparatury, kde ze zdroje vycházející elektromagnetické záření bude procházet ustálenou atmosférou s přesně známou koncentrací vygenerované vodní páry uvnitř uzavřené nádoby, což simuluje jev, kdy záření prochází atmosférou. Průchod vodní párou způsobí, že část záření je nevratně absorbována molekulami H_2O , část je absorbována a zase vyzářena v jiných vlnových délkách různými směry do prostoru, část je odražena a zbytek záření proniká párou až na senzor měřicího přístroje.

Výsledkem takového měření při kontrolované změně koncentrace vodní páry je závislost množství pronikajícího záření na relativní vlhkosti uvnitř nádoby.

Návrh měřicí aparatury zahrnuje:

- **uzavřenou nádobu** – udržení prostředí s nastavenými podmínkami, konstrukční upevnění ostatních prvků měřicí aparatury
- **generátor vodní páry** – vyvíječ studené páry (inverzní piezoelektrický jev)
- **měřicí přístroj pro měření výkonu elektromagnetického záření** – měří množství dopadajícího záření na senzor, kladeny požadavky na cenu a vyhovující přesnost a citlivost přístroje, stejně jako na jeho praktické provedení

- **zdroj spojitého elektromagnetického záření** – základní požadavek je spektrum vyzařování odpovídající rozsahu měřicího přístroje, dále dostatečný zářivý výkon zdroje rovnoměrně rozložený v tomto spektrálním rozsahu
- **senzor relativní vlhkosti a teploty DHT22** – měření teploty a vlhkosti je důležité z hlediska monitorování podmínek uvnitř nádoby a zaznamenání výsledné závislosti
- **vývojová platforma Arduino** – pro zpracování měřených hodnot teploty a vlhkosti
- **displej** – výpis měřených hodnot teploty a vlhkosti
- **ventilátor** – homogenizace prostředí pro spolehlivé měření

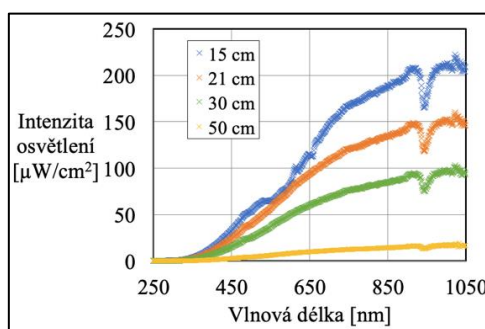
3 MĚŘICÍ PŘÍSTROJ A ZDROJ SPOJITÉHO ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ

Z Grafu 1 je patrné, že vodní pára je schopna interagovat s velmi širokým spektrem vlnových délek od viditelného záření po velmi dlouhé vlny infračerveného záření. V oblasti delších infračervených vln (zhruba od 1100 nm) se projevují i ostatní skleníkové plyny, což je pro navrhovanou úlohu považováno za nežádoucí. Vhodný se jeví rozsah 600-1100 nm.

Intenzitu dopadajícího elektromagnetického záření lze měřit měřicím přístrojem, tzv. Solar Power Meterem. Tento typ přístroje se používá např. k nalezení vhodného umístění solárních panelů a nastavení jejich vhodného sklonu. Měří zářivý výkon ve W/m^2 nebo $Btu/(ft^2 \cdot h)$. Spektrální rozsah nejčastěji uváděný výrobcem je 400-1000 nm.

Na základě srovnání komerčně dostupných měřicích přístrojů byl vybrán Solar Power Meter od výrobce Anaheim Scientific (model H115), který má spektrální rozsah 400-1100 nm (v Grafu 1 zvýrazněn), tři měřicí rozsahy, rychlé vzorkování a jako jediný má možnost napájení přes adaptér, což je v případě statické laboratorní úlohy velká výhoda.

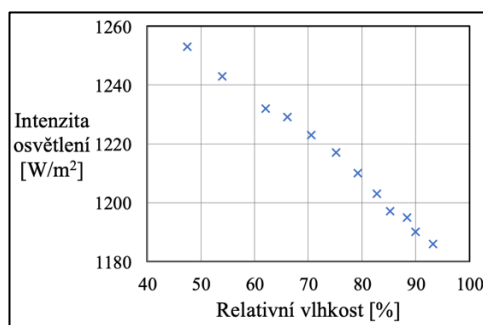
Protože měřicí přístroj je citlivý na vlnové délky 400-1100 nm, musí být použit takový zdroj elektromagnetického záření, který tento rozsah vlnových délek vyzařuje. Jako vhodné a dobře dostupné se jeví běžné halogenové žárovky, které vyzařují jak viditelné, tak infračervené záření. Bylo tedy provedeno měření spektra vyzařování různých typů halogenových žárovek spektrometrem Spectri-Light. Halogenové žárovky byly umístěny do paraboly pro efektivní směrování záření. Na základě tohoto měření a měření zakoupeným přístrojem Solar Power Meter H115 firmy ANAHEIM Scientific byl vybrán jeden typ, který je vhodný pro použití v navrhované laboratorní úloze – halogenová žárovka typu H4 (potkávací světla).



Obrázek 2: Spektrum vyzařování vybraného zdroje elektromagnetického záření – halogenové žárovky H4 (potkávací světla)

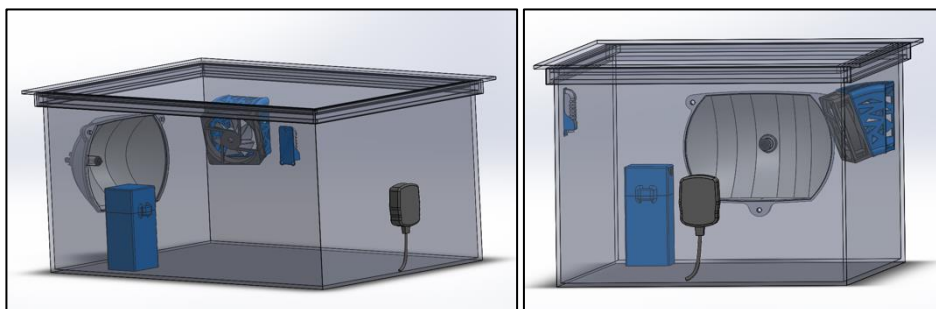
4 VÝSTUP LABORATORNÍ ÚLOHY

Výstupem laboratorní úlohy je výše zmiňovaná závislost množství dopadajícího elektromagnetického záření na množství vodní páry v uzavřené nádobě, přičemž hodnota relativní vlhkosti je odečítána z displeje připojeného k platformě Arduino, která zpracovává data ze senzoru teploty a vlhkosti DHT22, a hodnota intenzity elektromagnetického záření je odečítána z displeje vybraného měřicího přístroje Anaheim Scientific H115.



Obrázek 3: Výstup měření laboratorní úlohy

5 MODEL MĚŘICÍ APARATURY



Obrázek 4: Model měřicí aparatury s navrženými funkčními doplňky (zvýrazněny modře)**

6 ZÁVĚR

Na základě teoretických podkladů byl vypracován návrh měřicí aparatury vhodné pro laboratorní úlohu včetně výběru zdroje záření a měřicího přístroje. Byly provedeny testovací měření pro ověření správnosti předpokladů vlivu vlhkosti na množství dopadajícího záření a tyto předpoklady byly potvrzeny. Dále byly navrženy a metodou 3D tisku zhotoveny funkční doplňky pro aparaturu.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu specifického vysokoškolského výzkumu na VUT v Brně: Projektu Materiály a technologie pro elektrotechniku III, FEKT-S-17-4595

REFERENCE

- [1] JIAN-BIN, Huang, Wang SHAO-WU, Luo YONG, Zhao ZONG-CI a Wen XIN-YU. The Science of Global Warming. *Advances in Climate Change Research* [online]. 2012, 3(3), 174-178 [cit. 2018-12-06]. DOI: 10.3724/SP.J.1248.2012.00174. ISSN 16749278.
- [2] Složení atmosféry Země. *Meteocentrum* [online]. Praha: Meteocentrum, c2007-2018 [cit. 2018-12-06].
- [3] OKTYABRSKIY, Valery P. A new opinion of the greenhouse effect. *St. Petersburg Polytechnical University Journal: Physics and Mathematics* [online]. 2016, 2(2), 124-126 [cit. 2018-12-06]. DOI: 10.1016/j.spjpm.2016.05.008. ISSN 24057223.
- [4] BAČA, Petr. *Výukové materiály předmětu Ekologie výroby*. Brno.

** Zdroje 3D modelů: model ventilátoru: GRABCAD.com, vytvořil uživatel Igor Zelinskiy (d8015sm-3); model halogenové žárovky: GRABCAD.com, vytvořil uživatel Vagner Bachm (Automotive lamp H4); model paraboly: firma TREMONDI s.r.o.