



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TEORETICKÉ A EXPERIMENTÁLNÍ

ELEKTROTECHNIKY

DEPARTMENT OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL ELECTRICAL
ENGINEERING

NÍZKOUROVŇOVÁ MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ VLIVU MAGNETICKÝCH POLÍ NA LIDSKÝ ORGANISMUS, JEHO CHOVÁNÍ A ROZHODOVÁNÍ

MEASURING AND EVALUATING THE EFFECTS OF LOW-LEVEL MAGNETIC
FIELDS ON HUMAN BEHAVIOR AND DECISION-MAKING

ZKRÁCENÁ VERZE Ph.D.

THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Michael Hanzelka, MBA

ŠKOLITEL

SUPERVISOR

prof. Ing. Pavel Fiala, Ph.D.

OPONENTI

OPPONENTS

BRNO 2017

Klíčová slova

Nízkoúrovňové magnetické měření, ULF (Ultra Low Frequency Band: 300 Hz – 3 KHz), SLF (Super Low Frequency Band: 30 Hz – 300 Hz, ELF (Extremely Low Frequency Band: 0,1 Hz – 30 Hz), BioGraph Infiniti, Schumannova resonance, srdeční coherence.

Keywords

Low – level magnetic measurement, ULF (Ultra Low Frequency Band: 300 Hz – 3 KHz), SLF (Super Low Frequency Band: 30 Hz – 300 Hz, ELF (Extreme Low Frequency Band: 0,1 Hz – 30 Hz), BioGraph Infiniti, Schumann resonances, Heart Coherence.

© Michael Hanzelka, 2017

ISBN

ISSN

OBSAH

1 ÚVOD.....	5
1.1 OBLASTI VÝZKUMU.....	5
2 SHRnutí SOUČASNÉHO STAVU	5
2.1 CÍL PRÁCE	6
2.2 ZPŮSOB DOSAŽENÍ VÝZKUMNÝCH CÍLŮ.....	7
3 NÁVAZNOST VÝZKUMNÝCH OBLASTÍ, JEJICH ŘEŠENÍ	7
3.1 PSYCHOFYZIOLOGIE.....	7
3.2 EKONOMIE A SOCIOLOGIE.....	8
4 VLIV ZMĚN EXTERNÍHO EMG POLE NA LIDSKÝ ORGANISMUS	9
4.1 EXPERIMENT – MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ ULF POLE.....	9
4.2 ZDROJ, SNÍMÁNÍ EMG POLE ULF, SLF A ELF.....	12
4.3 POUŽITÉ METODY DETEKCE PORUCH IONOSFÉRY	15
5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI VÝZKUMU	17
5.1 PROVEDENÍ VÝZKUMU, REALIZACE METOD	17
5.2 NÁVRH A ŘEŠENÍ METODICKÝCH POSTUPŮ	17
5.3 HLAVNÍ ČÁSTI ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ EXPERIMENTU.....	21
5.4 DOPADY NA SOCIO-EKONOMICKÉ LIDSKÉ VZTAHY	22
6 METODIKA VYHODNOCENÍ PARAMETRŮ ZMĚN ČÁSTÍ A CELKU LIDSKÉHO ORGANISMU	25
6.1 VĚDECKÝ PŘÍNOS VÝZKUMU	28
7 ZHODNOCENÍ A PŘÍNOS DISERTAČNÍ PRÁCE.....	28
LITERATURA	30
ŽIVOTOPIS.....	33
ABSTRACT	34

1 ÚVOD

V předložené práci „Nízkoúrovňová měření a vyhodnocení vlivu magnetických polí na lidský organismus, jeho chování a rozhodování“ je řešena problematika vlivu změn sluneční aktivity na lidský organismus, jeho chování a rozhodování především v socio-ekonomické oblasti a managementu, dále jen zkoumaná oblast. Hlavním předmětem zkoumání je prokázání závislosti psychofyzilogických změn lidského organismu na změnách sluneční aktivity, a to v závislosti na nízkoúrovňových změnách EMG pole a následného prokázání, jaký vliv na lidský organismus tento parametr má, kvantifikace změn chování a rozhodování jednotlivce.

1.1 OBLASTI VÝZKUMU

Nízkoúrovňová měření a vyhodnocení vlivu magnetických polí na lidský organismus lze považovat za mezioborovou vědní disciplínu zasahující do více vědních oborů.

Můžeme tak kategorizovat a specifikovat vědní obory základního výzkumu jako:

- Částicová fyzika.
- Geofyzika.
- Astrofyzika a Meteorologie v oblasti výzkumu ionosféry a magnetosféry.
- Medicína v oblasti neurologie, kardiologie a cirkadiálních rytmů.
- Teoretická elektrotechnika v oblasti výzkumu nízkoúrovňových magnetických polí.
- Metrologie nízkoúrovňových veličin.

Dále vědní obory souvisejících oblastí aplikovaného výzkumu, jako jsou:

- Měřicí a radarová technika v pásmech, ULF (Ultra Low Frequency Band: 300 Hz – 3 KHz), SLF (Super Low Frequency Band: 30 Hz – 300 Hz a ELF (Extreme Low Frequency Band: $f=0,1$ Hz – 30 Hz).
- Matematické/numerické modelování EMG polí.

Dále interdisciplinární vědní obory:

- Biomedicínský výzkum v oblasti koherence EMG polí orgánů lidského těla, zhodnocení výsledného působení nízkoúrovňových EMG polí na lidský organismus.
- Psychofyzilogie.

A v neposlední řadě jsou to i disciplíny z oblasti ekonomie a managementu zabývající se ekonomickým vývojem hodnoty jako tržním fenoménem, který je závislý především na chování a rozhodování člověka.

2 SHRNU TÍ SOUČASNÉHO STAVU

Téma předložené práce je věnováno aktuálnímu problému nízkoúrovňovému měření elektromagnetických (EMG) a magnetických polí, sledováním vlivu malých změn magnetických polí na lidský organismus [1], [2], s vyhodnocením stavů a chování, rozhodování jednotlivce v souvislosti se sociálními vazbami ve společnosti [3]. Touto problematikou se zabývá výzkum v práci [4]. Světový trend výzkumu sledování a vyhodnocování chování jednotlivce na okolní změny lze zásadně členit do několika oblastí. V **první** oblasti je výzkum zaměřen na nalezení a řešení popisu a teorii šíření, působení změn EMG polí na lidský organismus [5], v jeho celku a částech, a to jako mezioborový problém s důrazem na sledování slabých úrovní ultra nízkých frekvencí na lidský organismus. Zabývá se způsobem vyhodnocení jednotlivých vlivů na části psychofyzilogických oblastí lidského těla, racionálního chování [6] a vyhodnocením jejich zpětného dopadu na vědecký přístup samotného experimentálního výzkumu s parametry nízkoúrovňových magnetických polí ultranízkých frekvencí. V **druhé** oblasti světového výzkumu se řeší ucelený přístup a systém měřících metod a metrologie pro nízkoúrovňová magnetická

měření s respektem silně rušeného prostředí [7]. Zaměřuje se výrazně na metody dosahující výsledky $S/\bar{S} < 0,05$ a rekonstrukce signálů, rekonstrukce ze silně zašuměných dat původního signálu, rekonstrukce nekonzistentních nebo obtížně srovnatelných úrovní experimentálních hodnot dat [8]. S navrženými metodami je popisován vliv slabých EMG změn na tak komplikovaný a komplexní systém, jakým je lidské tělo, a jeho funkce jak mentální, tak biologické; formuluje se metodologie a verifikace přesnosti, opakovatelnosti vyhodnocených výsledků s důrazem na jejich opakovatelnost a stanovení neurčitostí typu A, B [9], [10], [11], [12]. **Třetí oblast** výzkumu se zabývá popisem lidského organismu z pohledu a s ohledem na očekávané reakce změn vnějšího EMG pole [12a], jeho reakcemi na změny nízkourovňového, nízkofrekvenčního magnetického pole. Jako nástroje vědeckého poznání jsou používány postupy jak deterministické, tak stochastické, metody pro kvantitativní i kvalitativní hodnocení soustav a systému s rozsáhlým počtem parametrů a zároveň malým počtem popsatečných parametrů s nízkou úrovní opakovatelnosti [13], [14].

2.1 CÍL PRÁCE

Předložená práce si klade za cíl:

1. Prokázat primárním výzkumem souvislost mezi změnami externího EMG (magnetického nízkofrekvenčního) pole na lidský organismus.
2. Prokázat výzkumem souvislost mezi změnami sociálního chování jednotlivce a počtem, intenzitou změn externího EMG pole (magnetické složky) v oblasti frekvenčního spektra $f = 0,1 - 30$ Hz.
3. Navrhnout a experimentálně ověřit metodiku vyhodnocení parametrů změn částí a celku lidského organismu v návaznosti na změny vnějšího magnetického pole se zaměřením na zdroj geomagnetického pole. Vyvinout unikátní metodu měření a vyhodnocení psychických a biologických funkcí člověka při expozici organismu změnami geomagnetického pole.
4. Vyhodnotit sekundární vliv změněných vlastností organismu a mentální dispozice v sociální oblasti společnosti, zejména změny na rozhodovacím procesu jedince.

Předložená práce si stanovuje za cíl prokázat/vyvrátit vliv nízkourovňových EMG, vzniklých v důsledku průletu elektricky nabitých částic slunečního větru atmosférou, na lidský organismus, metodiku popisu změny chování organismu a jeho rozhodování.

Tento vliv bude vyhodnocován na základě dvou parametrů:

- a) Pomocí změny nízkourovňových magnetických měření v pásmech ULF, SLF a ELF v závislosti na změně intenzity sluneční aktivity zaznamená okamžitý stav lidského organismu v zátěžových testech.
- b) Statistickou analýzou dvou souborů dat (sluneční aktivita v závislosti na vývoji indexů kapitálových trhů) probíhajících na stejné časové ose v dlouhém období a hledání jejich vzájemné korelace prokáže dlouhodobou souvislost mezi sluneční aktivitou a negativními parametry vývoje kapitálových trhů. Negativní parametr je soubor chování jednotlivců v celku socio-ekonomického řetězce s nežádoucím výsledným efektem (hodnotí se podle ekonomických ukazatelů [15]).

Práce má potvrdit nebo vyvrátit stanovené hypotézy. Formulace hypotéz: H0. Nízkourovňová magnetická pole generovaná sluneční aktivitou působí negativně na lidský organismus a ovlivňují jeho chování a rozhodování. **H1.** Vzájemná interakce nízkourovňových magnetických a elektromagnetických polí člověka s nízkourovňovými magnetickými poli vyvolanými geomagnetickými změnami je významná. **H2.** Mezi sluneční aktivitou, následným projevem geomagnetických bouří a jejich vlivem na lidský organismus v oblasti ekonomického chování a rozhodování existuje přímá souvislost.

2.2 ZPŮSOB DOSAŽENÍ VÝZKUMNÝCH CÍLŮ

V teoretické části se práce zaměřuje na způsoby korelace změn psychofyziologických vlastností jedince jako parametrů rozsáhlého systému závislého na změnách EMG pole v důsledku změn vnější intenzity zdroje EMG pole – sluneční aktivity s kolísáním nízkourovňových magnetických polí v „zemském rezonátoru“ [16]. Jako nepřímé měřítko porovnání chování jednotlivce v sociálním společenství byl vybrán nástroj postavený na sledování vývoje kapitálových trhů s používanými indexy, [17], [18]. Korelace výsledných závislostí, jak pozorování sluneční aktivity, tak změn kapitálových trhů pomocí měřitelné veličiny – DJIA (Dow Jones Industrial Average), potvrdí, resp. vyvrátí vliv změn nízkourovňových magnetických polí na lidský organismus a jeho chování a rozhodování, a to v ekonomické oblasti a managementu. Psychický stav jedince je možné zkoumat neinvazivními primárními a sekundárními metodami (na základě statistiky jako nástroje stochastického systému), za něž se považují různé typy psychologických testů a vyšetření nebo základními metodami, kterými jsou známé psychofyziologické parametry lidského organismu [19], [20], [21], [22], [23]. Z těchto důvodů byl před a v průběhu experimentálního výzkumu (primárního charakteru) prováděn výzkum na homogenní skupině respondentů, a to měkkými psychologickými metodami, které pomohou:

- 1) Nalézt způsob, jak kvantifikovat a následně vyloučit či potvrdit různé typy psychologické zátěže u respondentů, jako je stres, úzkost, psychický diskomfort apod.
- 2) Vymezit ve vzorku respondentů jedince, kteří byli z pohledu psychologie v oblasti extrémů. Tedy výrazně buď psychicky odolní, nebo naopak psychicky labilní jedinci.

3 NÁVAZNOST VÝZKUMNÝCH OBLASTÍ, JEJICH ŘEŠENÍ

3.1 PSYCHOFYZIOLOGIE

Podle práce [23] mají změny v emočních stavech člověka přímý dopad na významné psychofyziologické parametry: kožní vodivost, kožní (tělesná) teplota, kontrakce svalů v obličeji a v oblasti trapézu, břišní a hrudní dýchání, prokrvení periferních cév, srdeční a mozková činnost. V publikovaném výzkumu [24], byly měřeny na homogenním vzorku respondentů všechny výše uvedené psychofyziologické parametry, vyjma mozkových vln EEG. Předložená práce a zpracovaný výzkum si klade za cíl najít korelační závislosti mezi změnami sluneční aktivity, které vyvolávají změny nízkourovňových magnetických polí v zemském rezonátoru a potvrdit hypotézy, že změny úrovně nízkourovňových magnetických polí ovlivňují chování lidí, jejich emoční změny, a také se projevují změnami psychofyziologických parametrů lidského organismu. Nyní se podrobněji zaměříme na srdeční aktivitu, která je z emocionálního hlediska ovlivňována významněji, než bylo vědci doposud publikováno. Současný výzkum se stále více zaměřuje na měření dynamických charakteristik srdečně-cévní soustavy, protože její funkčnost je rozhodující v etiopatogenezi civilizačních onemocnění. Javorka a kol. [22] na str. 15 shrnuje světový výzkum v této oblasti a uvádí, že variabilita srdeční frekvence (VSF), nejlépe v kombinaci s hodnocením variability i dalších kardiovaskulárních parametrů, patří dnes mezi nejslibnější markery charakterizující regulaci a dysregulaci kardiovaskulárního systému a aktivitu autonomního nervového systému (ANS). Jednoduchost a neinvazivnost vyšetření variability srdeční frekvence vede ke stále častějšímu používání v klinické aplikaci/praxi. Proto se v posledním období vědecká pozornost zaměřuje na autonomní nervový systém, který patří mezi klíčové mechanismy udržování homeostázy organismu, adaptace a flexibility fyziologického systému. Jeho vyšetření bylo v minulosti doménou internistů a kardiologů, ovšem nyní je přístrojové vybavení pro toto vyšetření již dostupné i psychologům a program na jeho měření nabízí několik firem, například www.thoughttechnology.com a další. Postupy měření uváděné v projektu jsou v souladu se světovými trendy výzkumu variability srdeční frekvence a aplikace získaných poznatků týkajících

se dynamické rovnováhy autonomního nervového systému, jak je popsáno v práci Javorka a kol. [22]. Podle autorů práce [25] je k dispozici velké množství důkazů, poukazujících na to, že lidé jsou odolnější, fyzicky i psychicky, když oscilační amplitudy VFS jsou vyšší a komplexnější. Větší komplexnost měřená různými výpočty fraktální entropie, poukazuje na fungování řady regulačních zpětnovazebních smyček. Celková VFS v těchto studiích se obecně měří pomocí standardní odchylky normálních intervalů, úder k úderu, tj. intervalech řízených vstupem centrálního nervového systému k sinoatriálnímu uzlu srdce. Lidé s jednoduššími vzorci VFS se zdají být podobně ohroženi [26], [27]. Z tohoto důvodu často považujeme VFS jako míru fyzické a emocionální odolnosti. Klíčovým mechanismem udržování homeostázy organismu je autonomní nervový systém a jeho schopnost adaptace či flexibility. Autonomní nervový systém se dělí na dvě části, sympatiku a parasympatickou část, které pracují v dynamické rovnováze a narušení této rovnováhy může vést až k patologickým stavům. Předpokládáme, že nejprve dojde k nerovnováze v autonomní nervové soustavě (ANS), která se pak projeví v behaviorálních, kognitivních a emočních charakteristikách, které je možné měřit psychologickými metodami. Tyto projevy jsou zároveň modifikované temperamentálními a osobnostními rysy. Přetrvávající negativní změny pak přispívají k takovému životnímu stylu, který je rizikový z hlediska civilizačních onemocnění jedince [28]. Kardiovaskulární systém je extrémně senzitivní na autonomní regulační vlivy. Zatímco činnost srdce je zejména pod vlivem parasympatiku, činnost cév je regulována sympatickým nervovým systémem. Z tohoto pohledu je důležité sledovat interakci několika fyziologických parametrů, jako je: Variabilita srdeční frekvence, která je dána proměnlivostí, nerovným trváním RR – intervalů (interval RR vzdálenost na elektrokardiogramu, resp. jí odpovídající doba trvání mezi dvěma komorovými komplexy), nebo času mezi dvěma systolami srdce.

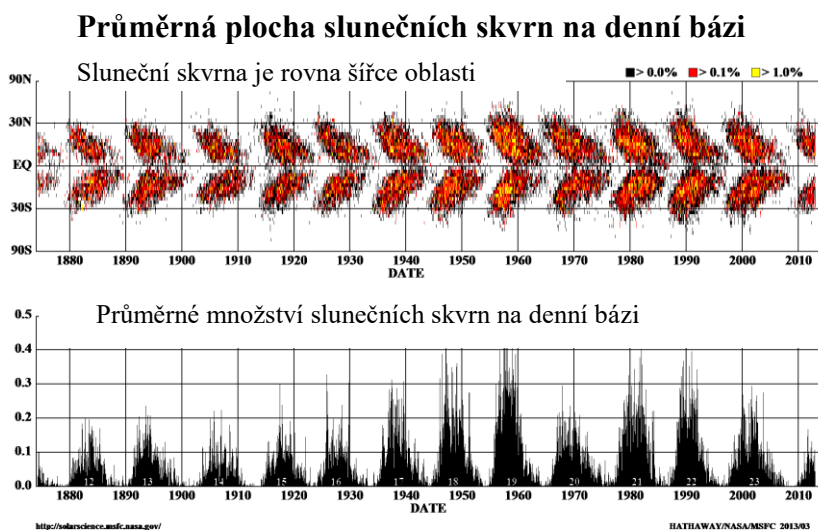
3.2 EKONOMIE A SOCIOLOGIE

Ekonomické chování a rozhodování člověka je velmi složitý mechanismus odvislý od subjektivních a objektivních předpokladů. Na druhou stranu ekonomické chování člověka lze také historicky vyjádřit různými ekonomickými veličinami zaznamenanými v časové ose. Důležitou veličinou, která zachycuje v konkrétním čase ekonomické chování a rozhodování člověka, je veličina vyjadřovaná jako ochota člověka nakupovat či prodávat na kapitálových trzích. Z prvotního/základního hlediska jde o podstupování určité míry rizika a zařazení lidské osobnosti do tří skupin hodnocení lidí podle rizika [29]:

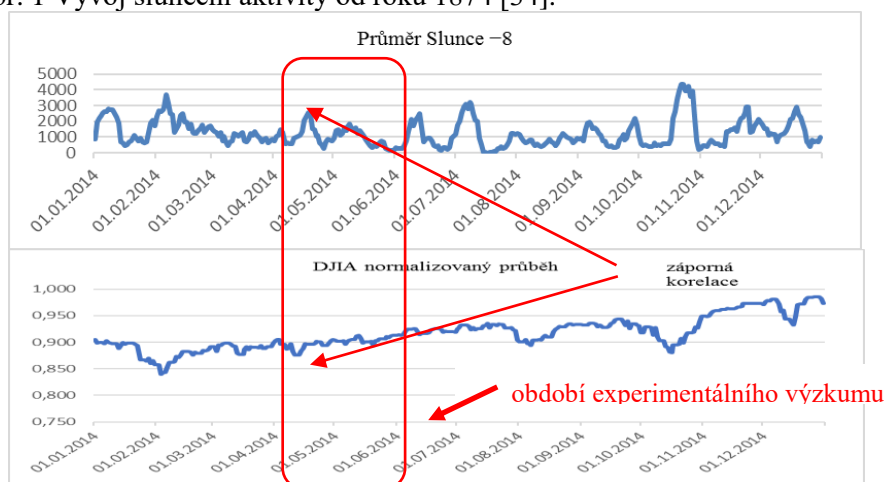
- Lidé s averzí k riziku.
- Lidé s lhostejností k riziku.
- Lidé vyhledávající riziko.

Pokud kapitálové trhy rostou, investoři vyčkávají a v pravou chvíli prodávají svoje cenné papíry za účelem jejich zhodnocení. Pokud kapitálové trhy klesají, investoři cenné papíry nakupují pro maximalizaci zisku v budoucnosti. Na finančních trzích stejně jako na všech ostatních trzích působí na rozhodování subjektů spousta faktorů, a proto jej není jednoduché popsat. Z tohoto důvodu se používá model, který je založen na hypotéze „efektivních trhů“. Tento model uvedené hypotézy vychází z předpokladů, ze kterých je majoritní ten, který tvrdí, že aktivum na efektivních trzích je v každý okamžik správně oceněno a cena nese všechny dostupné informace i informace z minulosti. Podle tohoto modelu se ceny pohybují jen tehdy, pokud se na trh dostanou „nové informace“. Dalším předpokladem je, že investorů je dostatečný počet a zajímají se o danou komoditu, a proto jsou schopni k tomu, aby zajistili, že ceny budou „správné“ za těchto předpokladů a podmínek: **existence dostatečného počtu majoritních racionálních investorů, dostatek validních informací o trzích, existence nízkých transakčních nákladů.** Ve svém jádru hypotéza efektivních trhů říká, že „na trhu je příliš mnoho lidí na to, aby se zmýlili“ [30]. Hypotézu významně zpopularizoval až E. Fama v 60. letech. E. Fama říká, že nikdy není možné

testovat (dostatečným způsobem prokázat či vyvrátit) efektivitu trhu, které jsou poplatné možnostem a technologiím jeho doby [31], [32], [33]. Geofyzikální a magnetické veličiny a také ekonomické veličiny, vyjadřující ekonomické chování člověka, resp. společnosti jako vázaných mnoha lidských jedinců socio-ekonomicky a morálně a lze je takto sledovat, v závislosti na časové ose a v dlouhém časovém období. Vývoj geomagnetických bouří je sledován Royal Observatory, Greenwich, od května 1874 v denních měřeních. Na obr. 1 je vývoj sluneční aktivity od roku 1874 po současnost. Pro sledování vývoje kapitálových trhů se používají indexy, například Dow Jones Industrial Average (DJIA). Obrázek 2 znázorňuje normalizovaný průběh DJIA v ročním období, kdy proběhl experimentální výzkum a je srovnán s průběhem změny sluneční aktivity Slunce –8, (zpoždění osm dnů od erupce).



Obr. 1 Vývoj sluneční aktivity od roku 1874 [34].



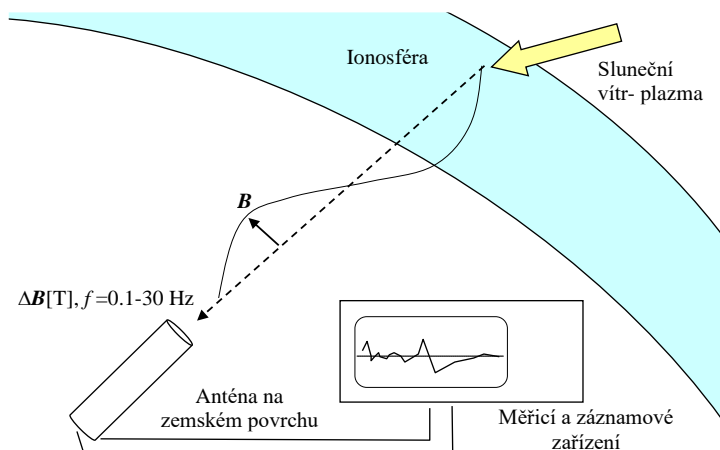
Obr. 2 DJIA normovaný graf – průběh od 1. 1. 2014 do 31. 12. 2014 vůči průběhu Slunce –8. [35].

4 VLIV ZMĚN EXTERNÍHO EMG POLE NA LIDSKÝ ORGANISMUS

4.1 EXPERIMENT – MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ ULF POLE

Fyzikální veličiny pro uvedenou úlohu elektromagnetického pole – EMG vlny (intenzita elektrického E a magnetického pole H) se měří například pulzačními magnetometry (search coil), na saturaci pracujícími flux-gate magnetometry, nejrůznějšími typy elektrických antén nebo pomocí driftu elektronového svazku ($E \times H$ drift). Měření nízkourovňových magnetických a elektromagnetických signálů v pásmech ULF, SLF, ELF je velmi specifickou vědní disciplínou. Vlny ULF, SLF, ELF dosahují vlnové délky λ v tisících kilometrech. Vzhledem k návrhu vhodné

antény za dosažení její přiměřené citlivosti a pracující v požadované frekvenční oblasti v pásmech ULF, SLF, ELF je vhodné použít feromagnetické TM – (feritové) antény. U tohoto typu antén jsou rozměry podstatně menší než vlnová délka dopadající elektromagnetické vlny. U TM antény je fáze φ_E intenzity elektrického pole E v každém bodě antény prakticky shodná, a to i tehdy, není-li dopadající elektromagnetická vlna rovinná. Směrové charakteristiky takovýchto antén je možné měřit v blízkém, Helmholtzově elektromagnetickém poli. Na obr. 3 je naznačen experiment detekce a vyhodnocení změn ionosféry Země pomocí TM antény.



Obr. 3 Schematické uspořádání úlohy detekce změn ionosféry Země [24].

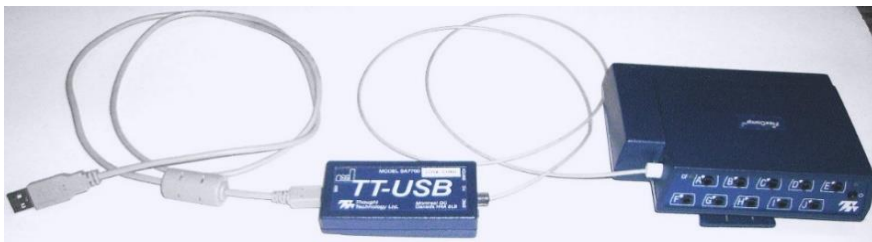
Experimentální výzkum ověření vlivu změn magnetických polí na člověka byl realizován na vzorku účastníků (muži a ženy přibližně stejného věku 19–26 let) a zahrnul neinvazivní fyziologické měření na lidském organismu. Psychofyziologický výzkum se nejčastěji zaměřuje na faktory, které ovlivňují činnost autonomního nervového systému a zahrnují také parametry, jako je například potivost, kožní teplota, změny v tepové frekvenci, změny krevního tlaku, kontrakce zažívacího traktu, včetně orientace na centrální nervový systém [20]. Experiment se zabýval měřením kožní impedance Z , svalové kontrakce, intenzity bráničního a hrudního dýchání, EKG v rozmezí LO, HI a VLF frekvencí, periferní prokrvení cév. Výzkumnou aparaturou bylo zařízení FlexComp Infiniti, jakožto vhodný přístroj pro fyziologické monitorování, bio-feedback a sběr dat.

Stanovení a provedení experimentálního výzkumu

Experimentální výzkum probíhal v období od 22. dubna 2014 do 26. června 2014. V tomto období byla zaznamenána sluneční aktivita a zanesena v grafu 1 a do závislosti s tímto průběhem intenzity slunečního větru a průběhem lunárních cyklů byl dán index DJIA. Byla vytvořena korelační závislost mezi nezávisle proměnnou, kterou je změna intenzity sluneční aktivity, a změnou závislé proměnné vyjádřené indexy akciového trhu DJIA. V primárním výzkumu v rámci experimentálního výzkumu byla vytvořena korelační závislost mezi nezávisle proměnnou, kterou je změna intenzity sluneční aktivity a psychofyziologických parametrů především srdečního spektrálního výkonu, hrudního a břišního dýchání, kožní vodivosti a kontrakcemi obličejového svalstva, případně trapézy.

Sběr psychofyziologických dat

Sběr dat v experimentálním výzkumu byl zabezpečen modulárním systémem INFINITI [36].



Obr. 4 T7500M Procomp Infiniti [36].

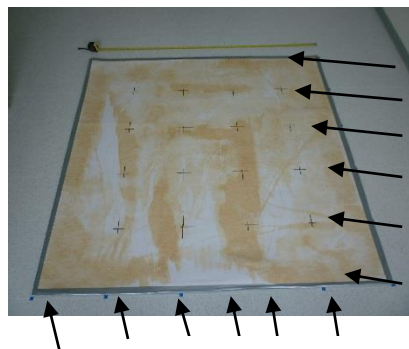
Procomp Infiniti je zobrazen na obr. 4. Jde o 8kanálový, multimodální (kanálový) kodér, který má veškerý výkon a flexibilitu, která je potřebná v reálném čase, počítačový biofeedback a sběr dat v každém klinickém prostředí. První dva sensorové kanály poskytují dokonalou věrnost signálu (vzorkovací frekvence – $f_{d,sam} = 2\,048$ vzorků za sekundu) pro prohlížení BVP, EEG, EMG a EKG signály. Zbývajících šest kanálů má ($f_{d,sam} = 256$ vzorků za sekundu). Pro měření a diagnostiku lze použít libovolnou kombinaci sensorů, včetně BVP, EEG, EKG, EMG a (RMS – Root Mean Square), kožní vodivost, srdeční frekvenci, prokrvení periferních cév, hrudní a břišní dýchání, kontrakce svalů, tělesnou teplotu [36]. Homogenizace laboratorního prostředí byla provedena pomocí nastavení podmínek změřených a dále korigovaných. Magnetické pole a jeho homogenita byla upravena prostřednictvím vícevrstvého feromagnetického „stínícího“ koberce, obr. 5, s následujícími parametry v tab. 1, 2, 3, 4.

Tab. 1 Parametrizace stínícího koberce

Rozměr koberce	1 500 × 1 500	mm
Vzdálenost bodů	0,25	m
Střední gradient modulu magnetické indukce B	2,25	[uT/m]
Střední modul magnetické indukce B	52,9688	[uT]
Z složka magnetické indukce B_z	47,6314	[uT]



a)



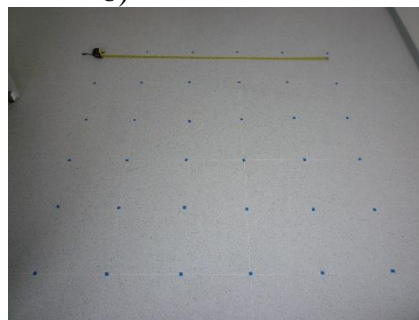
b)

Bod 1 až 6

Řada
Řada
Řada
Řada
Řada
Řada



c)



d)

Obr. 5 Zajištění elektromagnetických podmínek v laboratoři UTEE, a) umístění stínícího koberce, b) označení pozic měřených bodů, c) umístění měřících bodů bez stínícího koberce, d) detail bodů v prostoru měření respondentů před umístěním stínícího koberce.

Tab. 2 Naměřené hodnoty magnetické indukce B_z [μT] před homogenizací měřicího prostoru.

Měřené body, řady	1	2	3	4	5	6
1	57,2	62,7	53,4	52,4	46,9	37
2	50,5	51,8	49,2	48,9	51,9	48,2
3	34,3	41,8	49,2	52,1	55,6	52,87
4	24,6	35,2	47,4	50,7	58,5	56,5
5	25,4	36,9	45,3	51,9	66,8	68,4
6	21,2	21,2	39,5	46,3	66,4	76,9

Tab. 3 Naměřené hodnoty magnetické indukce B_z [μT] po homogenizaci měřicího prostoru.

Měřené body, řady	1	2	3	4	5	6
1	78,8	56,7	51,4	49,9	43,1	35,2
2	64,9	56,4	51,2	51,3	47	39
3	49,2	49,2	54,8	53,5	59	47
4	39,7	41,8	51,8	57,6	58,8	46,3
5	37,7	48,7	54,9	50,9	60,6	54,2
6	28,3	31	44,6	43,9	61,5	61,3

Tab. 4 Hodnoty vypočtených gradientních složek dB_z/dx [$\mu\text{T}/\text{m}$] po homogenizaci.

Měřené body, řady	1	2	3	4	5	6
1	-55,6	-89,6	-22	-0,4	-11,6	-16,4
2	-62,8	-62,8	-6,4	9,2	30,8	0
3	-38	-29,6	10,4	11,2	21,2	-50,8
4	-8	36	52,4	-3,6	12	-18,4
5	-37,6	-26,8	-16, 4	-44	42,4	2,8
6	-113,2	-113,2	-124	-178,4	-175,6	-246

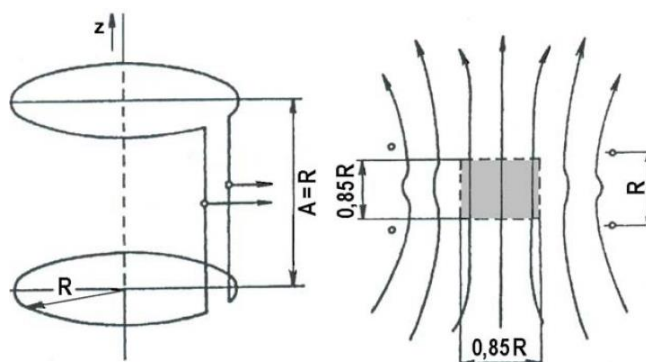
K analýze dat byl použit specializovaný software BioGraph Infinity 6.0 pro technologii T7500M Procomp Infinity.

4.2 ZDROJ, SNÍMÁNÍ EMG POLE ULF, SLF A ELF

Fyzikální veličiny týkající se EMG vln a fyzikální veličiny týkající se energetických částic a způsoby jejich měření byly již výše popsány a dále v [37]. Vlny ULF, SLF, ELF dosahují vlnové délky v tisících kilometrech. Vlnová délka se určí podle výrazu

$$\lambda = \frac{v}{f}, \quad (1)$$

kde v je rychlost šíření EMG vlny v prostředí, λ délka EMG vlny a f frekvence [38]. Pro rychlost EMG vlny v se uvažuje rychlost světla ve vakuu c . Z hlediska minimalizace rozměrů antény pro snímání vln v pásmech ULF, SLF, ELF je vhodné použít feritové nebo feromagnetické antény. Na obr. 6 je znázorněno uspořádání takovýchto cívek a rozložení magnetických siločar v jejich okolí [38], [39].



Obr. 6 Helmholtzovy cívky a magnetické siločáry v jejich okolí [39].

Z Biotova-Savartova zákona je možné ukázat, že modul intenzity magnetického pole v ose jedné cívky je možné vyjádřit jako

$$H = \frac{I R^2}{2(R^2 + Z^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (2)$$

Faradayův indukční zákon [28] uvádí, že indukované napětí $u_i(t)$ v uzavřené smyčce je přímo úměrné časové změně magnetického toku $\Phi(t)$ přes smyčku podle vztahu

$$u_i(t) = -\frac{d\Phi(t)}{dt} \quad (3)$$

Tento vztah je platný pouze pro stacionární a kvazistacionární EMG pole, tedy pro elektricky krátké antény s ohledem ve vztahu k vlnové délce EMG vlny, což v našem případě odpovídá frekvencím v pásmu VLF. Pro magnetickou indukci $B(t)$ platí:

$$\mathbf{B}(t) = B(t) \cdot \mathbf{n}, \quad (4)$$

kde $B(t)$ je vektor magnetické indukce, \mathbf{n} je jednotkový vektor. Potom vektor

$$\mathbf{S} = S \cdot \mathbf{m}, \quad (5)$$

kde \mathbf{S} je normálový vektor k povrchu antény, \mathbf{m} je jednotkový vektor

$$\mathbf{n} \cdot \mathbf{m} = \cos\phi. \quad (6)$$

Ve vztahu ϕ je úhel $\mathbf{n} \cdot \mathbf{m}$ mezi magnetickými siločárkami a povrchem antény. Magnetický tok je měřítkem množství navázání na magnetickou složku EMG pole prostřednictvím antény. Magnetická indukce pak dostává tvar

$$\phi(t) = \mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{S}. \quad (7)$$

Pro harmonický tvar magnetického pole a rovnoměrný povrch s plochou S , bude magnetická indukce $B(t)$ mít tvar

$$\begin{aligned} \mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{m} &= B(t) \cdot \mathbf{n} \cdot \mathbf{m}, \\ \mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{m} &= B_0 \cos(\omega t) \cos\theta, \end{aligned} \quad (8)$$

kde: B_0 je magnetická indukce (T), ω je úhlová frekvence indukce magnetického pole, ($\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$). Rovnice (10) pak přejde na tvar

$$\phi(t) = \mathbf{B}(t) \cdot \mathbf{m} \cdot S, \quad (9)$$

$$\phi(t) = B_0 \cos(\omega t) \cos\theta \cdot S. \quad (10)$$

Pro cívky s N závitů, každý z nich obepíná oblast A (průřez), máme $S = N \cdot A$. Potom magnetický tok je

$$\phi(t) = N A B_0 \cos(\omega t) \cos\theta \quad (11)$$

a z výrazu (5) pak upravíme/aplikujeme vztah (13) a získáme okamžitou hodnotu elektrického napětí

$$u_i(t) = N A B_0 \omega \sin(\omega t) \cos\theta. \quad (12)$$

V relacích (8), (10), (11), (12) se úhlová frekvence uvažuje jako $\omega = 2\pi f$, kde f je frekvence detekovaného signálu anténou. Efektivní hodnotu harmonického napětí na výstupu antény je možné zapsat jako

$$V_{out,rms} = 2\pi\mu_0\mu_r N A f H_{rms} \cos\theta. \quad (13)$$

Účinnost antény je možné vyjádřit pomocí „účinné elektrické délky“, pomocí parametru h_e . Efektivní hodnota elektrického napětí antény V_{rms} je vyjádřeno pomocí elektrické délky h_e a efektivní hodnoty intenzity elektrického pole E_{rms} jako

$$V_{rms} = h_e E_{rms}. \quad (14)$$

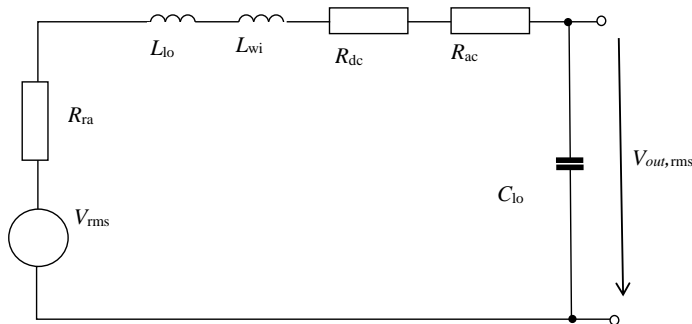
Pro vzduchové cívky je relativní permeabilita $\mu_r = 1$. Pro cívky s feromagnetickým jádrem jsou magnetické složky EMG vlny zesilovány feromagnetickými vlastnostmi jádra, a relativní permeabilita μ_r může dosahovat od několika stovek až po řád 1.000.000. Anténa pak docílí výstupního efektivního napětí V_{rms} podle vztahu (15).

Podívejme se na náhradní elektrické schéma Loop antény na obr. 7. V obrázku jsou R_{ra} rezistence vyzařování – zářivý odpor, L_{lo} indukčnost smyčky, L_{wi} indukčnost vodičů, R_{dc} stejnosměrný odpor vodičů, R_{ac} střídavý odpor vodičů, C_{lo} celková kapacita smyčky. Konstrukce antény se nejčastěji používá v SID solárních systémech. Pro zářivý odpor platí vztah

$$R_{ra} = Z_0 \frac{2}{\lambda} \pi \cdot \left(\frac{h_e}{\lambda}\right)^2, \\ R_{ra} = Z_0 \frac{8}{3} \pi^3 \cdot \left(\frac{N\mu_0\mu_r A}{\lambda^2}\right)^2, \quad (15)$$

kde Z_0 je impedance volného prostoru (přibližně 377 Ω), μ_r je relativní permeabilita jádra antény, N je počet závitů antény, A je plocha vinutí, λ je vlnová délka dopadající EMG vlny. Pro impedanci volného prostoru uvažujeme

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}, \\ Z_0 = \mu_0 c. \quad (16)$$



Obr. 7 Náhradní schéma Loop antény [33].

Pro vyjádření zářivého odporu potom vztah (17) přejde na tvar

$$R_{ra} = \frac{32\pi^4 10^{-7}}{3c^3} (N\mu_0\mu_r A)^2 f^4, \\ R_{ra} = \frac{2 \cdot 10^{-7}}{3c^3} (N\mu_0\mu_r A)^2 \omega^4. \quad (17)$$

Hodnota indukčnosti smyčky je vyjádřena vztahem

$$L_{lo} \approx \frac{(\mu_0\mu_r N^2 A)^{1/2}}{l}, \quad (18)$$

kde N je počet závitů antény, A je plocha každé smyčky vinutí antény, l je celková délka vinutí antény. Pro indukčnost vinutí platí

$$L_{wire} \approx \frac{\mu_0 \cdot (4Nw)}{2\pi} \cdot \left(\left(2,303 \cdot \log\left(\frac{4(4Nw)}{d}\right) - 1 + \frac{\mu_r}{4} + \left(\frac{d}{2 \cdot (4Nw)}\right) \right) \right),$$

$$L_{wire} \approx 2 \cdot 10^{-7} \cdot (4Nw) \cdot \left(2,303 \cdot \log\left(\frac{16Nw}{d}\right) - 0,75 + \left(\frac{d}{8 \cdot Nw}\right) \right), \quad (19)$$

kde w je délka strany rámu, celková délka vodiče je $4 Nw$, d je průměr drátu (m). Pro stejnosměrný elektrický odpor platí vztah

$$R_{de} = \frac{(4Nw) \cdot \rho}{\pi d^2}, \quad (20)$$

Kde ρ je měrná vodivost. Stejnosměrný elektrický odpor je zdrojem tepelného (bílého) šumu. Lze jej pro zjednodušenou oblast nezávislých proměnných aproximovat pomocí Johnson-Nyquistova vztahu, který vyjadřuje spektrální hustotu elektrického napětí produkovaného vlivem tepelného šumu

$$u_{noise} = \sqrt{4kT}, \quad (21)$$

kde k je Boltzmannova konstanta, T je absolutní teplota v kelvinech. Pro střídavý odpor jako důsledek skin efektu lze zapsat ve tvaru

$$R_{ac} = \frac{4Nw}{\pi d} \sqrt{\pi \mu_0 f \rho}. \quad (22)$$

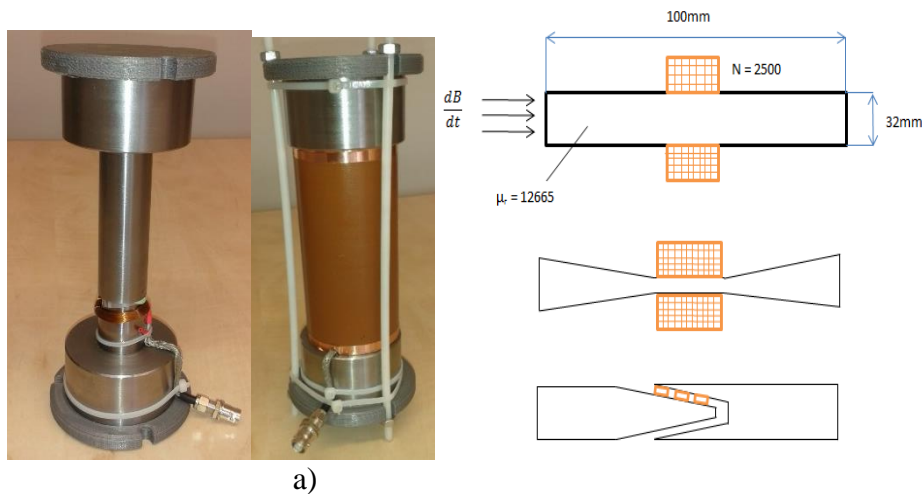
Pro kapacitu závitů platí přibližný vztah

$$C_{lo} \approx 3,9658 \cdot 10^{-13} \left(\frac{\left(\frac{400w}{\pi}\right)^4}{100l} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (23)$$

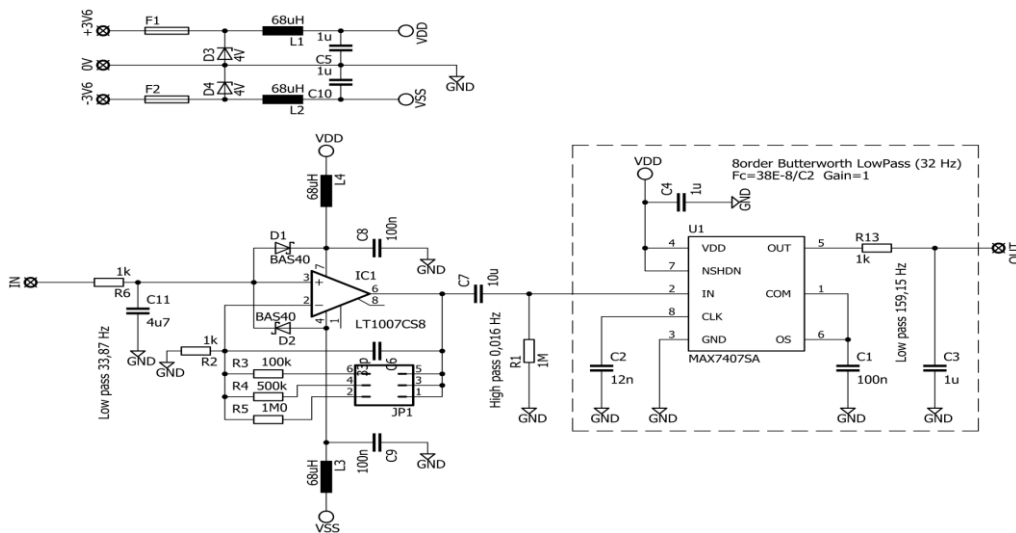
Výše popsané výrazy pro model se soustředěnými parametry z obr. 7 odpovídají návrhu smyčkové antény pro pásmo VLF.

4.3 POUŽITÉ METODY DETEKCE PORUCH IONOSFÉRY

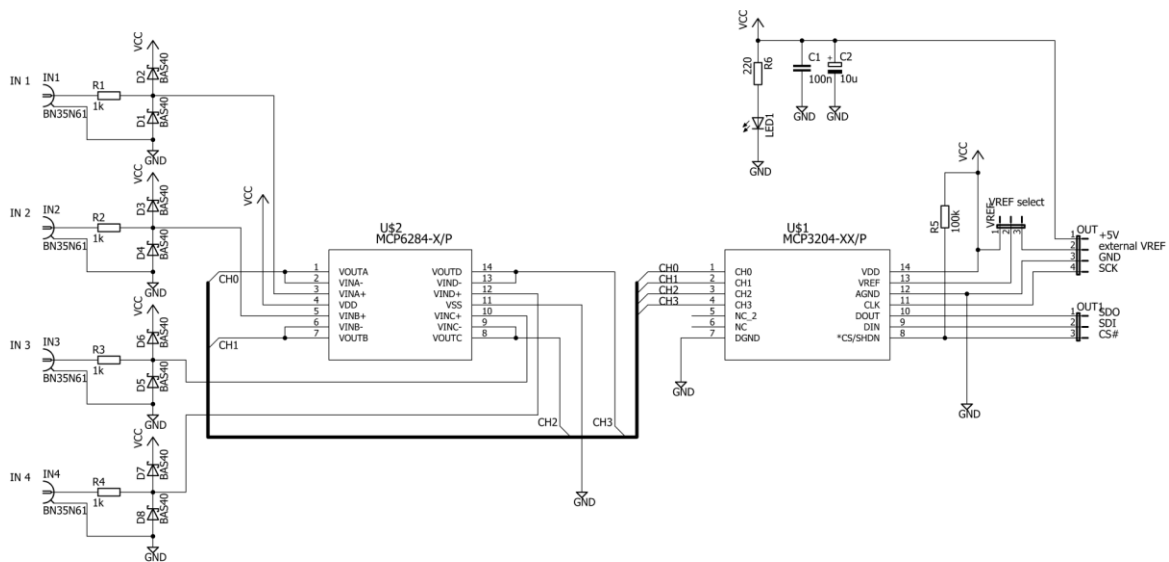
Práce se v oblasti výzkumu zaměřuje na návrh, realizaci a využití pracoviště s detekcí a vyhodnocením ELF magnetického pole ve frekvenčním pásmu $f = 0,1-30$ Hz. V rámci diplomového a bakalářského projektu bylo toto pracoviště realizováno [40], [44], dále také obr. 8 a), b), c), d).



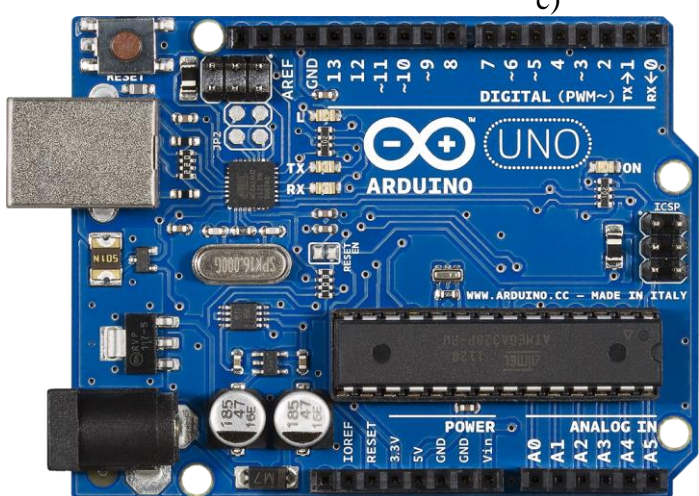
a)



b)



c)



d)

Obr. 8 Pracoviště pro měření a vyhodnocení ELF magnetických polí UTEE FEKT VUT v Brně, a) navržené a testované TM antény, b) elektronický zesilovač, c) 4 kanálový převodník, d) vyhodnocovací jednotka ARDUINO.

5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI VÝZKUMU

5.1 PROVEDENÍ VÝZKUMU, REALIZACE METOD

Nízkoúrovňová magnetická pole vyzařovaná jak člověkem, tak geomagnetickým systémem Země jsou ve vzájemné interakci. Na vědecké bázi se však zatím tato interakce nepodařila jednoduchým způsobem potvrdit [45]. Jedním z důvodů může být nedostatečná provázanost rozsáhlého mezioborového vědeckého poznání, absence dedukce v provázanosti tohoto poznání a také nedostupnost vědeckých přístrojů pro měření nízkoúrovňových ULF, SLF, ELF magnetických a elektromagnetických polí [46]. Cílem této části výzkumu je prokázat, že změny geomagnetického systému Země v závislosti na sluneční aktivitě, resp. v důsledku geomagnetických bouří, podstatně ovlivňují nízkoúrovňová magnetická pole působící na lidský organismus a způsobují jeho změnu chování a rozhodování. Dále je také požadavek prokázat to, že vzájemná interakce nízkoúrovňových magnetických a elektromagnetických polí člověka s nízkoúrovňovými EMG poli vyvolanými geomagnetickými změnami není zanedbatelná, tedy z hlediska metody opodstatněná.

5.2 NÁVRH A ŘEŠENÍ METODICKÝCH POSTUPŮ

Strategie, postupy ve výzkumu

Výzkum je rozdělen do dvou částí. Pro potvrzení stanovených hypotéz **H0** a **H1** byl proveden základní výzkum spočívající v nepřímém měření nízkoúrovňových magnetických polí v pásmech SLF (Super Low Frequency Band: $f = 30 \text{ Hz} - 300 \text{ Hz}$) a ELF (Extreme Low Frequency Band: $f = 0,1 \text{ Hz} - 30 \text{ Hz}$) a prokázání změn jejich intenzit v důsledku geomagnetických bouří. Pro potvrzení hypotézy **H2** bylo provedeno srovnání historických měření intenzit magnetických bouří v důsledku zvýšené aktivity Slunce se změnou ekonomického chování a rozhodování člověka. Jako korelační citlivostní parametr byl zvolen index (DJIA). Základní výzkum na vstupu vychází z validních měření nízkoúrovňových magnetických polí v pásmu SLF, ELF a následném vyhodnocení jejich vlivu na lidský organismus. Jako metoda tohoto výzkumu – vyhodnocení vlivu je použito psychofyziologické měření lidského organismu a jsou hledány korelační závislosti mezi změnami psychofyziologických parametrů lidského organismu a změnami nízkoúrovňových magnetických polí v zemském rezonátoru v důsledku změn sluneční aktivity. Měření magnetických polí v oblasti zemského povrchu byly kontrolovány náhodným měřením anténou a navrženým měřicím pracovištěm, popsáném výše a zobrazeném na obr. 8 a), b), c), d). Jako aplikovaný (sekundární) výzkum se považuje část práce, z dosavadních publikovaných výzkumů a záznamů geomagnetických bouří na Zemi v důsledku zvýšené sluneční aktivity a je k dispozici přístupné velké množství naměřených veličin v časové ose. Zdrojem těchto historických měření je NASA [23]. Zdrojem historického vývoje indexů kapitálových trhů je Economic Research [47].

Technický popis použité metody psychofyziologického měření

V následujícím textu jsou popisovány metody s využitím zdroje Javorka a kol. [22].

Elektromyografie (EMG) je vyšetřovací metoda sloužící k diagnostice nervosvalového aparátu. Napomáhá určit funkce svalů, popř. přítomnost poškození svalové tkáně nebo nervu. Podstatou metody je měření elektrických potenciálů vznikajících v důsledku kosterní svaloviny. Při využití konduktivní techniky je stimulační elektroda připojena ke zdroji elektrických pulzů a snímací elektroda na záznamové a zobrazovací zařízení. Jedna ze dvou elektrod stimuluje příslušný nerv velmi malým elektrickým impulzem. Povrchová snímací elektroda je obvykle připevněna na kůži a zaznamenává změny elektrického potenciálu ve svalu v μV .

Respirace (dýchání, ventilace) je proces výměny plynů mezi organismem a prostředím. Navenek se tento proces projevuje jako dech. Tento pojem představuje i sled chemických reakcí v buňkách, označovaný jako buněčné dýchání. K vlastní výměně plynů dochází v plicních sklípcích (alveolech) spojených s hustou sítí vlásečnic. Během dýchání je vzduch nasáván díky tlakovému spádu do plic, který je vytvořen činností inspiračních svalů. Pokles bránice při nádechu

činí asi 1 cm a žebra se zvedají za pomoci vnějších mezižebních svalů. Výdech je pasivní děj, při němž dochází ke koncentraci alveolů. Měření probíhá pomocí pružného pásu zaznamenávajícího změnu obvodu hrudníku a břicha. Měří se amplituda brániční (Thor) a hrudní (Abd) ventilace.

Elektrodermální aktivita neboli kožně galvanická reakce (Skins) je psychofyziologický jev založený na změnách elektrické vodivosti (odporu) kůže, vyvolaných vnějšími i vnitřními podněty působícími na organismus. Elektrický odpor kůže mezi měřicími elektrodami je závislý na funkci potních žláz, jejichž činnost je regulována sympatickým systémem. K měření se využívá slabý stejnosměrný proud a registrace příslušné úrovně kožní vodivosti je v μS . Elektrodermální aktivita se využívá jako indikátor psychické zátěže.

Tělesná teplota je typická pro fungování každého organismu a je závislá na tělesné stavbě, metabolismu, životním prostředí a dalších faktorech. Na její změny mají vliv faktory, jako je bazální metabolismus, zvýšená svalová aktivita, zvýšená teplota tělových buněk, hormony štítné žlázy, nadledvinek psychické procesy, věk, denní doba, tělesná aktivita. Regulaci zajišťují senzory na povrchu i uvnitř těla a také hypotalamus.

Srdeční pulz je tlaková vlna, vyvolaná vypuzením krve z levé srdeční komory do aorty. Odtud se dále šíří tepnami do celého těla. Lze ho nahmatat na větších tepnách blízko povrchu těla, nejčastěji tepnou pro měření pulzu je krkavice, vřetenní tepna nebo zápěstní tepna. Nejčastěji hodnocenými parametry jsou frekvence, plnost a pravidelnost. BVP – Blood Volume Puls pro Heart Rate Variability (HRV) je způsob snímání tepové frekvence pro studie metod variability srdeční frekvence (VSF), respirační sinusové arytmie (RSA) a kardiopulsačních synchronií (CRS).

Metodologické parametry

Experimentální výzkum byl zahájen v laboratoři ÚTEE, FEKT, VUT Brno 22. dubna 2014 a trval do 26. června 2014, na homogenním vzorku 49 respondentů mužů a žen ve věku 19 až 26 let. Celková doba měření psychofyziologických parametrů jednoho respondenta na zařízení BioGraph Infinity [49] (Thought Technology Ltd.) byla 19 minut ve čtyřech fázích:

- uvolnění (relaxace),
- čtení barev (zátěž – stres),
- uvolnění,
- matematický test (zátěž – stres),
- uvolnění.

Ve fázi čtení barev docházelo k psychickému zatížení respondentů a organismu pomocí Stroopova barevného testu [48]. Ve fázi matematický test (Math) respondent v duchu odčítal číslo 7 od čísla 1081, což mu způsobovalo značnou psychofyziologickou zátěž (stres). Celkový počet měření byl 210, s průměrem 4,29 měření na jednoho respondenta. Závislost mezi počtem měření a počtem respondentů, kteří dokončili testy, je uvedena v tabulce č. 5.

Tab. 5 Závislost počtu dokončených měření na počtu respondentů

Počet respondentů	Počet měření
4	1
1	2
4	3
12	4
24	5
4	6
49	SUMA

Před zahájením experimentálního výzkumu v laboratorních podmínkách byl proveden hromadný sběr psychologických dat od všech účastníků výzkumu (respondentů) pomocí několika psychologických testů. Jedním z nich byl test ASS-SYM [49a]. Tento test měří citlivost

respondenta na změny v přechodu ze zatížení do odpočinku. Všechny výsledky psychologických testů jsou v korelaci s psychofyziologickým měřením.

Průběh testu

Po příchodu respondenta do laboratoře (s upravenými parametry – minimalizován vliv výkyvů teplot, osvětlení, hluku, změn obsluhy, vlivu alkoholu, vlivu drog, v homogenizovaném magnetickém poli s opakovatelnými vlastnostmi atd.) byly odborně vyškolenou obsluhou laboratoře zjištěny vstupní proměnné podle tab. 6. Doba zápisu byla zprůměrována na sedm minut.

Tab. 6 Počáteční měření vstupních proměnných u každého respondenta

Vstupní proměnné	Jednotka	Počet měření
Měření tělesné teploty	°C	210 (420)
Měření krevního tlaku	mmHg	210 (420)
Zdravotní stav	Popis aktuálního zdravotního stavu – anamnéza	210
Počet pozitivních měření na alkohol	‰	1
Počet měření pomocí „Luscher psychological test colors“	Index	210

Tab. 7 Přehled závisle proměnných

Závisle proměnné – psychofyziologická měření	Jednotka	Počet měření
Kožní odpor	μS	210
Kožní teplota	°C	210
Průtok periferní krve BVP	%	210
Srdeční pulz BVP	puls/min	210
Hrudní dýchání	f/min	210
Břišní dýchání	f/min	210
Kontrakce trapézového svalstva EMG	μV	210
Kontrakce obličejového svalstva EMG	μV	210

Tab. 8 Výstupní proměnné před opuštěním laboratoře

Výstupní proměnné	Jednotka	Počet měření
Zrcadlový Drawing Test – měření výkonu	S	210
Test zvládnání rizika	index	210
Měření tělesné teploty	°C	210 (420)
Měření krevního tlaku	mmHg	210 (420)

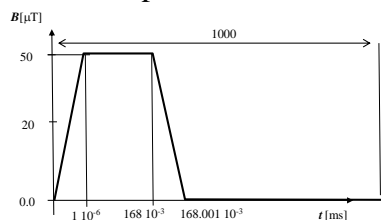
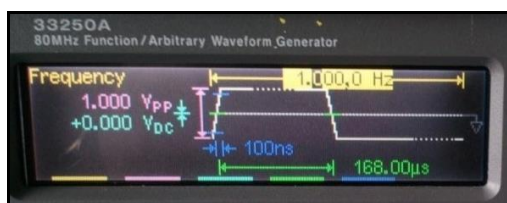
Následně byly u každého respondenta měřeny psychofyziologické parametry (závisle proměnné) dle tab. 7. Závěrečná měření výstupních proměnných před opuštěním respondenta laboratoře jsou součástí tab. 8. Proces vlastního měření na zařízení BioGraph Infinity je popsán v tab. 9. Celková doba měření psychofyziologických parametrů na respondenta byla 19 minut. Celková doba měření včetně měření vstupních a výstupních proměnných na respondenta byla 33 až 35 minut.

Tab. 9 Přehled jednotlivých fází měření a rozvrh stimulační EMG

Měřicí proces	Jednotka	Počet	Stimulace – EMG
Základní fáze	min.	5	x
Zátěž – Stroopův test barev	min.	2	impuls $f = 1$ kHz, start = 100 ns, $\lambda / 2 = 168 \mu\text{s}$
Relaxační fáze	min.	5	x
Zátěž – Odečítání 1081 – 7	min.	2	impuls $f = 1$ kHz, start = 100 ns, $\lambda / 2 = 168 \mu\text{s}$
Relaxační fáze	min.	5	impuls $f = 1$ kHz, start = 100 ns, $\lambda / 2 = 168 \mu\text{s}$

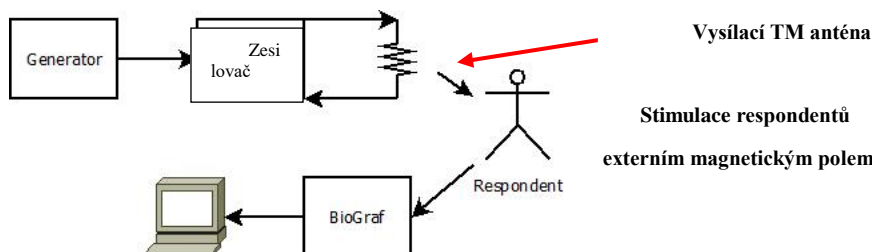
Vlastní měření respondentů

Měření bylo provedeno ve třech fázích uvolnění (relaxačních) a ve dvou fázích zátěžových (stresových), s důrazem na zvýšení psychologické zátěže (stresu) respondenta dle tab. 9. Pro nastavení minima zátěže a eliminace vlivu rozdílných magnetických polí z předchozího úseku několika hodin (nastavení minimálního Off-setu změn magnetického pole) byly fáze stresu podpořeny zvýšeným nízkofrekvenčním elektromagnetickým polem pomocí generátoru, zesilovače a Helmholtzovy cívky – EMG vysílací antény s cílem působit na EEG mozkové vlny respondenta. Vygenerované nízkofrekvenční pole představovalo simulaci vlivu změn sluneční aktivity jako přídavné EMG pole ke skutečné intenzitě sluneční aktivity zjištěné pro každý den z NASA. Parametry EMG pole v oblasti vysílací antény – Helmholtzovy cívky byly stanoveny na úrovni zemského magnetismu $B_{\text{max}} = 50 \mu\text{T}$, impuls měl frekvenci $f = 1$ kHz, start = 100 ns, $\lambda / 2 = 168 \mu\text{s}$, jeho tvar je zobrazen na obr. 9 a) a b). Následující obr. 10 představuje schematické zapojení použitého měřicího přístroje pro vysílání OFF-setu EMG pole.



a) b)

Obr. 9 Průměr stimulačního impulsu, a) nastavení funkčního generátoru, b) průběh budicího signálu TM vysílací antény.



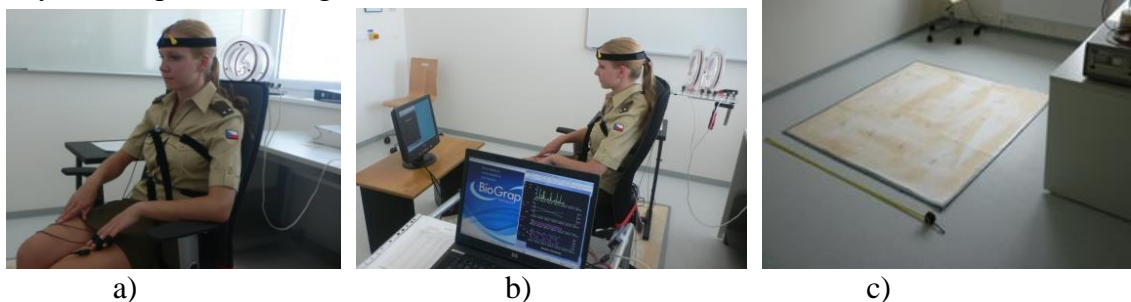
Obr. 10 Schéma měřicí a simulační aparatury.

Na obr. 11 a), b), c) jsou příklady umístění a snímání parametrů respondenta v upravené laboratoři. V podobě dokumentární fotografie z uskutečněného výzkumu.

5.3 HLAVNÍ ČÁSTI ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ EXPERIMENTU

Zpracování dat bylo rozděleno do tří oddělených částí:

- a) Vyhodnocení kvalitativních údajů z psychologického vyšetření.
- b) Vyhodnocení kvantitativních dat z psychofyziologických měření na přístroji BioGraph Infinity [49].
- c) Stanovení rozsahu hodnot pro sledované typy parametrů (parametry z tzv. psychofyziologických norem), pro analýzu rozsahu hodnot parametrů psychofyziologického výzkumu byl použit speeder diagram, stanoven benchmark jako standardní sada parametrů různých respondentů, kteří dosáhli nejlepších výsledků.
- d) Stanovení zahrnutých proměnných parametrů a veličin vstupujících do měřicího procesu:
 - Laboratorní prostředí (teplota, atmosférický tlak a vlhkost, intenzita osvětlení, koncentrace vzdušných iontů).
 - Intenzita sluneční aktivity [50].
 - Měsíční fáze [51].
 - Rozvoj ekonomického prostředí indikovaného vývojem DJIA [51a].
 - Individuální stav respondenta v době měření, vyloučení psychických problémů, nežádoucích fyziologických stavů a snížení vlivu rozdílné expozice změnami magnetického pole v předchozích několika hodinách.
 - Tělesná teplota a tlak respondenta před a po psychofyziologickém měření, informace o aktuálním zdravotním stavu respondenta – anamnéza.
 - Vyloučení požívání drog – test na alkohol.

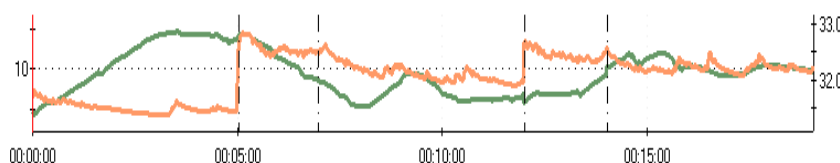


Obr. 11 Měření respondenta v laboratoři UTEE FEKT VUT v Brně a) umístění senzorů na těle a vysílací antény Off-set magnetického pole, b) umístění měřicího pracoviště INFINITY, čtecího zařízení – monitoru respondenta, c) homogenizovaný měřicí prostor v laboratoři.

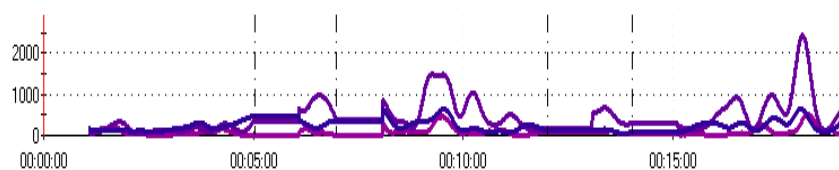
Fyziologický profil respondentů

Fyziologický profil respondenta je zachycen prostřednictvím měření jeho psychofyziologických parametrů a je uveden na následujícím obr. 12. Byly měřeny tyto psychofyziologické parametry: „EMG“ trapéz a čelo, kožní vodivost kůže „Skin Cond“, tělesná teplota „Temp“ a tepová frekvence srdce „BVP“ na prstech levé ruky a břišní a hrudní dýchání „Resp rate“. „BVP“ jako celkový spektrální výkon srdce je určen z frekvenčních parametrů „VLF, LF, HF“.

E: Skin Cond, F: Temp



B: BVP VLF Total power, B: BVP LF Total power, B: BVP HF Total power



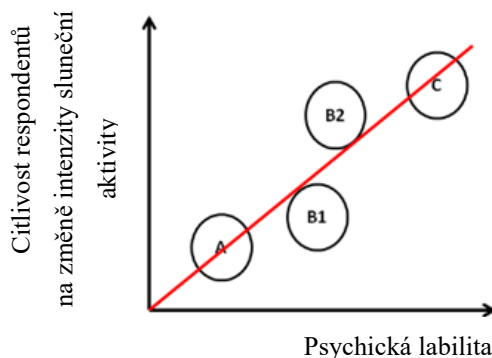
Obr. 12 Fyziologický profil respondenta [36] BioGraph Infinity.

Korelační systém měřených dat

- a) Po zpracování naměřených dat pomocí statistických metod byly hledány korelace mezi závisle a nezávisle proměnnými:
 - Vztah mezi kvalitativními psychologickými hodnoceními respondentů s jejich naměřenými psychofyziologickými parametry.
 - Vliv nízkourovňových magnetických polí, generovaný v laboratorních podmínkách především ve dvou zátěžových fázích psychofyziologických měření na změny psychofyziologických parametrů respondentů.
- b) Výsledky dle výše uvedených bodů, byly dány do korelace se:
 - Sluneční aktivitou.
 - Fázemi měsíce.
 - Vývojem DJIA (v normalizovaném tvaru).
 - Prostředím v laboratoři definovaném výše.
- c) Pro eliminaci vnějších vlivů na výsledcích měření byly provedeny:
 - Četnost opakovaných měření, průměr na respondenta čtyři měření.
 - Homogenizace nízkourovňového magnetického pole v centru měření.
 - Měření krevního tlaku a teploty a testu na alkohol před každým měřením.
 - Zjišťování individuální psychické a zdravotní anamnézy respondentů před měřením.

5.4 DOPADY NA SOCIO-EKONOMICKÉ LIDSKÉ VZTAHY

Interakce magnetických nízkourovňových polí vyvolaných změnami v intenzitě sluneční aktivity s EEG vlnami mozku se s vysokou pravděpodobností odrazí do socio-ekonomického chování lidí, jak je například uvedeno v práci [52]. Jedná se o kolísání výkonového spektra EEG, a tudíž variability vyjádřených jako fMTI (Functional Magnetic Resonance Imaging). Podle obr. 13 lze předpokládat, že vznikne skupina respondentů, kteří jsou **lhostejní ke změnám slunečního větru** a významem budou psychicky stabilní (A). Dále lze očekávat, že bude skupina respondentů, kteří jsou **vysoce citliví na tyto změny**, pokud jde o jejich duševní stabilitu a významem **budou psychicky labilní** (C). B1 je skupina respondentů, kteří budou spíše indiferentní. B2 je skupina respondentů, kteří jsou více **citliví na změny slunečního větru**. **Tuto skupinu jsme označili jako emočně labilní EL a v další části se na ni v této práci zaměříme, a to z pohledu vlivu nízkourovňových polí na tuto skupinu.**

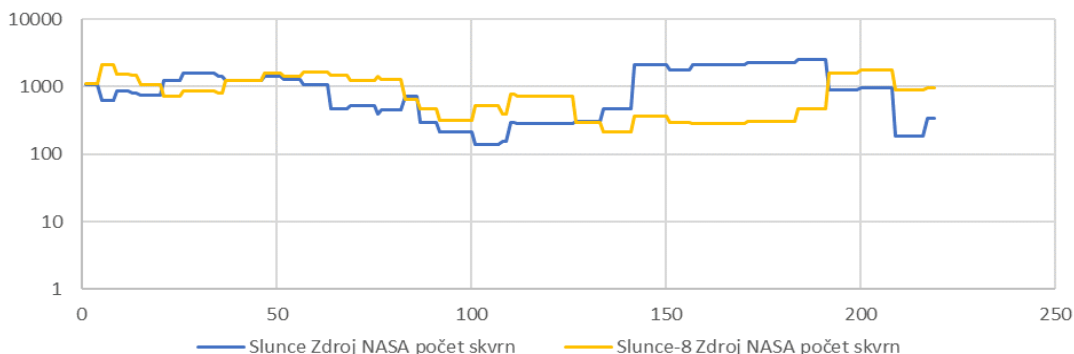


Obr. 13 Závislost významnosti psychické citlivosti respondentů na intenzitě sluneční aktivity [34].

Popis výzkumu

Vyhodnocení výzkumu a ověření hypotéz, H0–H2

V průběhu popisovaného výzkumu – realizovaného experimentu – byla sluneční aktivita indikována z agentury NASA, která pro vědecké účely shromažďuje hodnoty denních měření sluneční aktivity. Na následujícím grafu č. 1 je záznam sluneční aktivity ve sledovaném období, ve kterém laboratoř UTEE FEKT v Brně prováděla experimentální výzkum.



Graf 1 Vývoj sluneční aktivity po dobu realizace experimentálního výzkumu dle kapitoly 3 [35].

V grafu 1 parametr „Slunce – 8 dnů“ reflektuje faktický vliv částic slunečního větru, které podle jeho rychlosti dopadají do oblasti magnetosféry Země se zpožděním od 2 do 8 dnů. Při korelaci psychofyziologických parametrů lidského organismu se změnou sluneční aktivity je nutné k okamžité rychlosti dopadající části slunečního větru přihlížet a s tím spojeným zpožděním dopadu na Zemi, a tedy k následným efektům. Při průměrné vzdálenosti Země od Slunce (149 600 000 km) dopadne část plazmy vyvržené erupcí na Slunci (protony), tzv. pomalý sluneční vítr, na zemskou magnetosféru za 5,77 dne, tzn. za 138 hodin, a druhá část plazmy (jádra helia), tzv. rychlý sluneční vítr, za 2,16 dne, tzn. za 54 hodin, fotony dorazí rychlostí světla c za 8,31 min.

Podle vztahů je čas průletu:

$$t_{\min} = \frac{l_s}{v_{\min}}, \quad (24)$$

$$t_{\max} = \frac{l_s}{v_{\max}}. \quad (25)$$

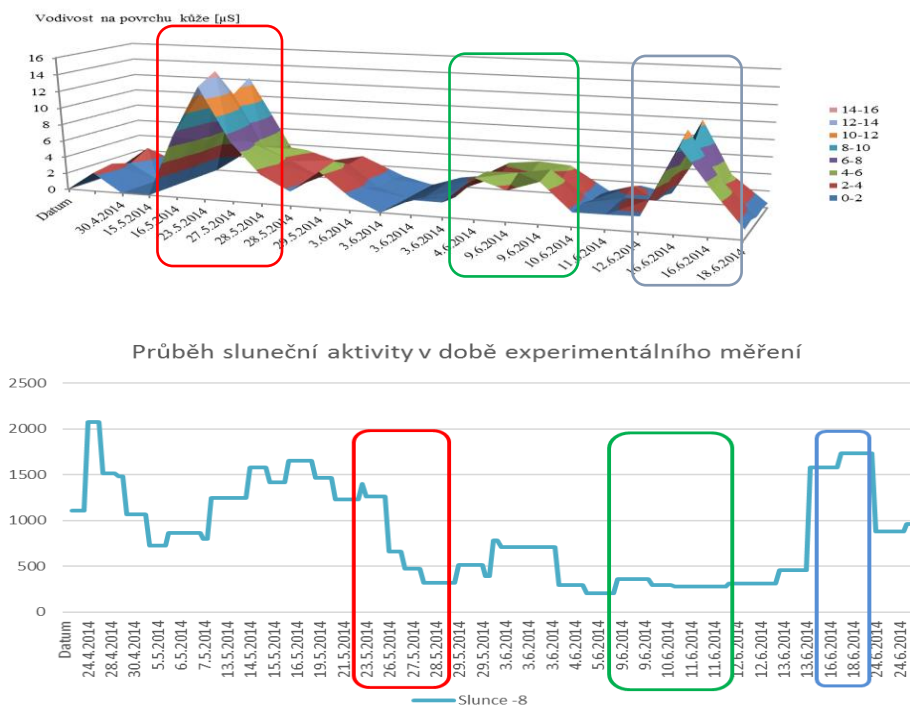
Podle výrazů (24) a (25) získáme časový interval mezi vznikem plazmatu a jejím dopadem rychlé a pomalé složky na zemskou magnetosféru, tab. 10. Z těchto jednoduchých úvah vyplývají očekávané změny magnetosféry a jejich působení na lidský organismus. Pokud observatoř vizuálně zaznamená vznik nové masivní erupce na Slunci (se zpožděním 8,5 min.), pak začátek (složení hmotnostního spektra plazmy) změn zemské magnetosféry lze očekávat za 2,16 dne a masivní změnu EMG polí v prostoru povrchu Země do 5,77 dne od dne vzniku erupce.

Tab. 10 Vyhodnocení doby uplynuté od vzniku a dopadu slunečního větru do magnetosféry Země

Veličina	Hodnota
Průměrná vzdálenost Země od Slunce v (km)	149 600 000
Min. rychlost slunečního větru v (km/s)	300
Max. rychlost slunečního větru v (km/s)	800
$t_{\min}=l_s/v_{\min}$	5,77 dne
$t_{\max}=l_s/v_{\max}$	2,16 dne
$t_t=l_s/c$	8,31 min.

Celá část této studie vychází z předpokladu, že u jedinců, kteří jsou více náchylní na emoční

vzruchy, bude emoční labilita podporovaná změnami **sluneční aktivity**. V následujícím grafu č. 2 je vyjádřeno kontinuální měření kožní vodivosti u respondentů, kteří vykazovali z dynamických i statických psychologických testů značnou korelační závislost na změnách sluneční aktivity.



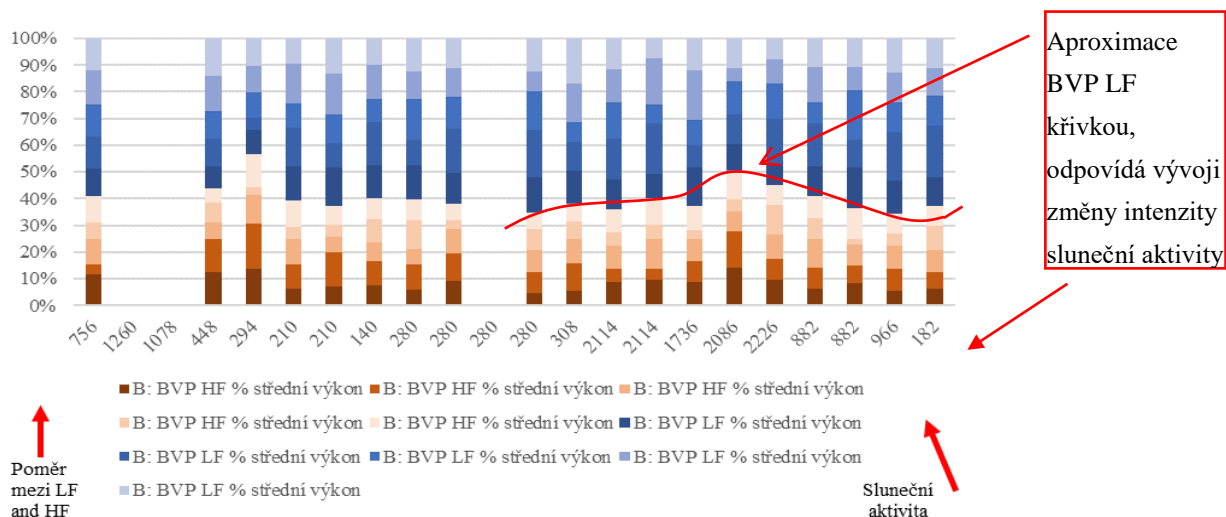
Graf 2 Závislost kožního odporu na změnách sluneční aktivity u emočně labilních jedinců [35].

Z provedeného měření a jeho vyhodnocení, uvedeného v grafu č. 2, je patrné, že kožní vodivost u emočně citlivých jedinců je spíše závislá na změnách intenzity sluneční aktivity, tzn. úbytku a přírůstku této intenzity než na její amplitudě. Z grafu č. 2 je zřejmé, že změna sluneční intenzity podporuje emoční labilitu a zátěž lidského organismu a tím kožní vodivost roste.

Vliv změn intenzity sluneční aktivity na srdeční variabilitu vzorku respondentů

Teoretická východiska pro oblast srdeční variability (HRV – Heart Rate Variability) vycházejí z frekvenční analýzy podle [22]. Všechny HRV parametry jsou odvozeny z hodnocení přirozeně se vyskytujících změn v srdečním tepu. Údaj HRV je mnohem více než jen posouzení srdeční frekvence, neboť odráží složité interakce srdce s vyšším počtem tělesných systémů, jak je uvedeno v práci [53]. Optimální úroveň variability v klíčových regulačních systémech organismu má zásadní význam pro vnitřní flexibilitu a adaptabilitu nebo odolnost, která ztělesňuje zdravou koherentní funkci a celkovou pohodu. Variabilitu srdečního rytmu lze tedy definovat jako relativně harmonické (sine-wave-like) signály s velmi úzkou (výškou) amplitudou píku v oblasti LF HRV výkonového spektra bez hlavních špiček/píků v oblasti VLF nebo HF. Toto platí pouze při dýchání v oblasti šesti dechů za minutu, při kterém nastává zvýšená zátěž pro organismus. Variabilita HRV je přibližný poměr $LF/(VLF+HF)$. Přesněji řečeno, variabilita HRV je vyhodnocení maximálního vrcholu v rozmezí frekvence $f = 0,04 - 0,26$ Hz z rozsahu celkového výkonového spektra. Frekvenční rozsah pásma LF vln je od $f_{lo} = 0,04$ a $f_{hi} = 0,15$ Hz. Poměr variability je formulován jako: $k_{var} = ((\text{Výkon špičky}/(\text{Celkový výkon} - \text{Výkon špičky}))$ (26)

Variabilita srdce HRV je vysoce efektivní funkční režim. Z grafu č. 3 je zřejmé, že při **vyšší emocionální zátěži docházelo** k převaze BVP LF. Není však zcela zřejmé, zda vyšší BVP LF bylo zapříčiněno změnou intenzity sluneční aktivity nebo samotnou emoční podstatou každého z respondentů zařazených do skupiny EL.



Graf 3 Závislost BVP HF a BVP LF na sluneční aktivitě u emočně labilních jedinců [35].

6 METODIKA VYHODNOCENÍ PARAMETRŮ ZMĚN ČÁSTÍ A CELKU LIDSKÉHO ORGANISMU

Korelační závislosti

V případě, že náhodné veličiny X a Y jsou kvantitativní náhodné veličiny, se společným dvourozměrným normálním rozdělením, je pro konkrétní hodnoty $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots (x_n, y_n)$ výběrový korelační koeficient dán vztahem (Pearsonův korelační koeficient):

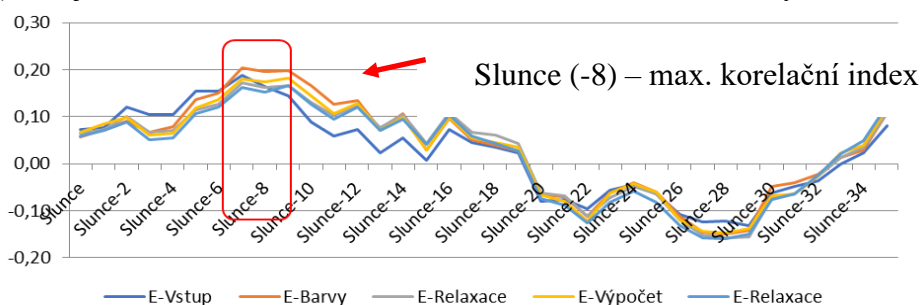
$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (27)$$

Tab. 11 Tabulka kvantifikace korelačních indexů dle Pearsona zdroj: xls

Kvantifikační tabulka	
r	závislost
0	neexistuje
(0;0,3>	slabá
(0,3;0,5>	střední
(0,5;0,7>	vysoká
(0,7;1)	velmi vysoká
1	funkční

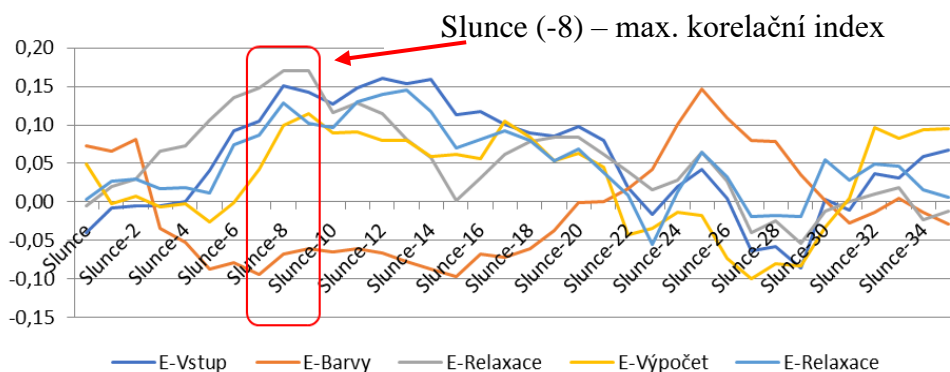
Pro stanovení závislosti korelačních indexů mezi jednotlivými naměřenými psychofyziologickými veličinami jako závisle proměnnými na nezávisle proměnné sluneční aktivitě a její změny byla použita korelační metoda i za situace, že korelační indexy vyšly, z hlediska rozměrového efektu, jako „malý/slábý účinek/vliv“, tab. 11. Tuto skutečnost je však třeba vnímat v celém kontextu níže provedené korelační analýzy. V následujících grafech je vyjádřena závislost korelačních indexů psychofyziologických parametrů jako závisle proměnných na změně intenzity sluneční aktivity. **Tyto korelační závislosti také potvrzují výše definované hypotézy H0 a H1.** Tedy v grafu č.4 jsou zachyceny korelační závislosti nejcitlivější psychofyziologické veličiny „E: Skin conductance mean (uS) vlastní kožní vodivost“, kterou je

vyhodnocení kožní vodivosti. Korelační graf potvrzuje hypotézu, že magnetická složka – dopadu plazmatu do magnetosféry Země, a reakce na ni, je průměrně se zpožděním 8 dnů. Právě v bodě (-8) dnů je korelace kožní vodivosti na intenzitě sluneční aktivity maximální.

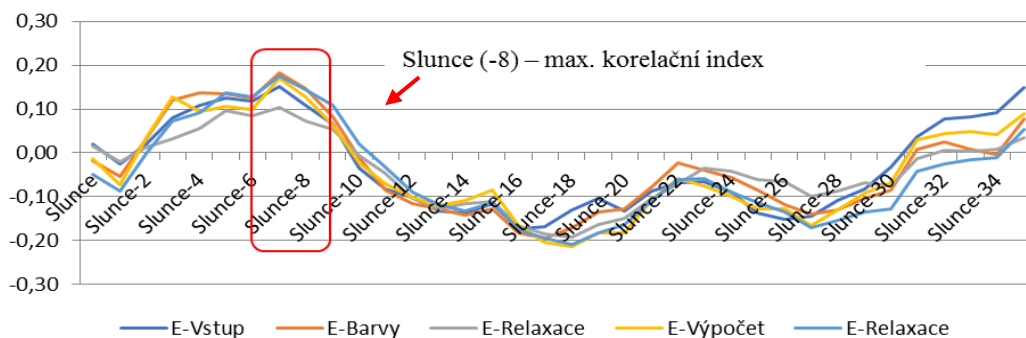


Graf 4 Korelační závislost psychofyziologické veličiny E: Skin conductance mean (uS) (kožní vodivost) na intenzitě sluneční aktivity. Zdroj: [35].

Graf č. 5 znázorňuje korelační závislost psychofyziologické veličiny „B: BVP peak freq. mean (Hz)“, kterou je srdeční variabilita. Variabilita frekvence srdce dosahuje rozsahu ($f_v = 0,04$ Hz – 0,15 Hz), nad $f_v = 0,15$ Hz dominuje stav charakteristický pro parasympatikus. I v tomto případě dochází k maximální korelaci v bodě pro 8 dnů zpoždění od vzniku plazmatu na Slunci, a tehdy se projevuje větší vliv parasympatiku na srdeční akci. Čím je tato závislost zajímavá, je záporná korelace červené křivky, která vyjadřuje průběh fyzické a psychické zátěže, které byl respondent vystaven po dobu „Color testu“ – testu barev, spočívajícího ve čtení barev. Tato zátěž způsobila zvýšení srdeční akce na základě potlačení vlivu parasympatiku. **Z hlediska psychofyziologického zkoumání, došlo při čtení barev k přechodu stavu organismu do určitého výjimečného či mezního stavu, projevujícího se změnami v oblasti srdeční koherence.** Za zmínku ještě stojí průběh fialové křivky, graf č. 6, který vyjadřuje malý vliv parasympatiku při druhém zátěžovém testu „Math“ – odpočítávání od 1 071 hodnoty sedm. Při „Color testu“ respondent zapínal více smyslů a funkcí, zrak, řeč a mozkové funkce. Naopak při zátěžovém testu „Math“ respondent počítal tzv. v duchu a zapojoval pouze kognitivní mozkové funkce. Tím nedocházelo ke zvýšení srdeční aktivity v důsledku většího vlivu parasympatiku, při nižší především fyzické zátěži. Graf č. 6 znázorňuje korelační závislost psychofyziologické veličiny „D: EMG mean (μ V)“, kterou jsou kontrakce obličejového svalstva. V klidu je hodnota kontrakcí obličejového svalstva hodnocena elektrickým napětím $u_k = 0,0$ do 5,0 μ V. Tato psychofyziologická veličina vyjadřuje úroveň celkového svalového napětí organismu. I v tomto případě v bodě (-8) až (-7) dnů je korelace svalového napětí na intenzitě sluneční aktivity maximální.

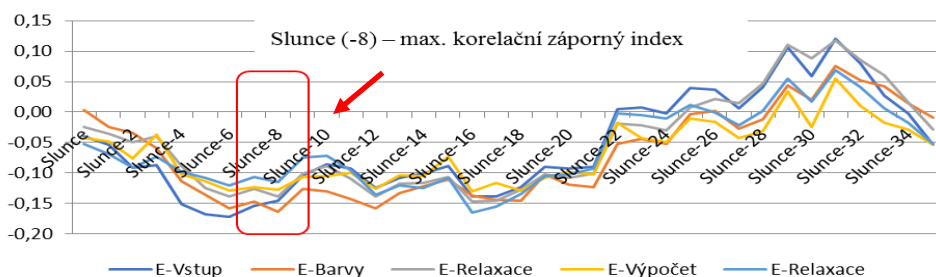


Graf 5 Korelační závislost psychofyziologické veličiny B: BVP peak freq. mean (Hz) (variabilita srdce) na intenzitě sluneční aktivity. Zdroj: [35].



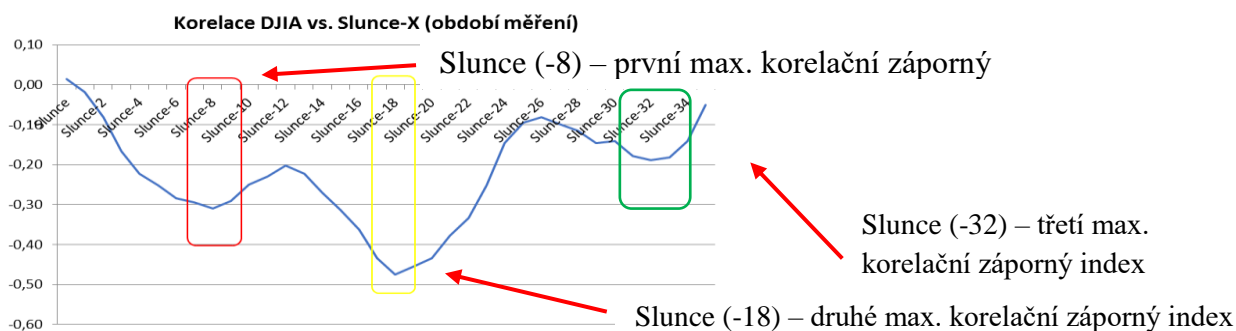
Graf 6 Korelační závislost psychofyziologické veličiny „D: EMG mean (uV)“ (kontrakce obličejového svalstva) na intenzitě sluneční aktivity. Zdroj: [35].

Graf č. 7 znázorňuje korelační závislost psychofyziologické veličiny G: Abd amplitude mean, kterou je podíl břišního dýchání na celkové plicní ventilaci a na intenzitě sluneční aktivity. V oblasti plicní ventilace se za fyziologický považuje stav, ve kterém má na celkové plicní ventilaci větší podíl břišní dýchání. Graf č. 7 vyjadřuje, že v bodě (-8) dnů dochází ke snížení podílu břišního dýchání na celkové plicní ventilaci v důsledku změny sluneční aktivity. Graf č. 8 znázorňuje korelační závislost DJIA, kterou je index kolísání akciových trhů na intenzitě sluneční aktivity. Graf č. 8 ukazuje, že korelační závislost je významná. Budeme-li změnu intenzity sluneční aktivity považovat za příčinu, pak růst a pokles akciových trhů je její následek. Mezi příčinou a následkem jsou změny psychofyziologických parametrů lidského organismu, které se promítnou v konkrétních změnách lidského chování, a to zejména v **oblasti rizikového rozhodování**.



Graf 7 Korelační závislost psychofyziologické veličiny G: Abd amplitude mean (rel) (intenzita břišního dýchání) na intenzitě sluneční aktivity. Zdroj: [35].

Pro krátké období, viz graf č. 8 byl vybrán časový interval, v němž probíhal samotný experimentální výzkum (od 24. 4. 2014 do 26. 6. 2014). V bodě (-8) dnů je první negativní korelační maximum, které vyjadřuje, že docházelo k poklesu DJIA právě v době (v důsledku) růstu sluneční aktivity. Druhé korelační maximum v bodě (-18) dnů a třetí korelační maximum v bodě (-32) dnů znázorňuje celkový dopad změny intenzity sluneční aktivity (příčiny) na DJIA jako následek v systému mezilidských vazeb.



Graf 8 Korelační závislost indexu akciových trhů DJIA na intenzitě sluneční aktivity v dlouhém období. Zdroj: [35].

6.1 VĚDECKÝ PŘÍNOS VÝZKUMU

Vědecký přínos této části práce spočívá ve vytvoření metody a metodologie měření nízkourovňových magnetických polí iniciovaných změnou geomagnetického pole (průletem nabitých částic atmosférou) např. v důsledku zvýšené aktivity slunečního záření. Toho lze s výhodou využít pro dlouhodobý korelační monitoring této lidské aktivity a jejího dopadu na lidský organismus se zaměřením na jeho chování a rozhodování. Dále přináší efektivně sestavenou měřicí soustavu pro měření nízkourovňových magnetických polí. Dosavadní měřicí metody monitorující průnik elektricky nabitých částic plazmatu – slunečního větru ať přímé (oběžná dráha Země), nebo nepřímé (realizované na povrchu Země pomocí soustavy velkoplošných antén) nelze použít v laboratorním a experimentálním prostředí pro účely sledované výzkumnými cíli předložené práce. Dlouhodobý monitoring elektromagnetické aktivity v zemském prostoru v důsledku slunečních erupcí, může potvrdit nebo vyloučit závažnost těchto nízkourovňových magnetických změn a následných vlivů na lidský organismus. **To by mělo být motivací států a vlád ke změně příslušných hygienických norem v oblasti nízkourovňových magnetických a elektromagnetických polí.**

7 ZHODNOCENÍ A PŘÍNOS DISERTAČNÍ PRÁCE

Předložená práce:

- Prokázala primárním výzkumem souvislost mezi změnami externího EMG (magnetického nízkofrekvenčního) pole na lidský organismus.
- Prokázala výzkumem souvislost mezi změnami sociálního chování jednotlivce a skupiny obyvatel, počtem, intenzitou změn externího EMG pole, magnetické složky v oblasti frekvenčního spektra $f = 0,1-30$ Hz.
- Sestavila a popsala metodiku vyhodnocení parametrů změn částí a celku lidského organismu v návaznosti na nízkourovňové změny vnějšího magnetického pole se zaměřením na zdroj – geomagnetického pole v interakci se sluneční aktivitou. Byla zde popsána metoda snímání, měření a vyhodnocení psychických a biologických funkcí, změn při expozici organismu vyvolaných změnami geomagnetického pole. Byl vyhodnocen sekundární vliv změněných vlastností organismu a mentální dispozice v sociální oblasti společnosti, byly ukázány změny na rozhodovacím procesu jedince.

Práce přináší nové rysy v oblasti:

- Uceleného přístupu (metodiky) k vyhodnocení vlivu změn externího magnetického pole na lidský organismus a jeho kontext na vztahy v těsných sociálních vazbách, a tedy ve společenském efektu a kontextu.
- Popis a experiment vyhodnocení vlivu změn externího magnetického pole na lidský organismus.
- Metodu vyhodnocení vlivu změn externího magnetického pole na lidský organismus.
- Měřicí metody pro zachycení změn externího magnetického pole na lidský organismus, které v tomto rozsahu a celku nebyly dosud publikovány. Zásadní části výzkumu byly publikovány v renomovaných médiích (MEASUREMENT SCIENCE REVIEW, SCOPUS, WEB OF SCIENCE, PIERS, IBIMA).
- Přínosem práce je experimentální výzkum v oblasti měřicí techniky, senzorů a zařízení pro snímání, zaznamenávání a vyhodnocování okamžitých hodnot magnetických nízkých hodnot pro frekvenční rozsah $f = 0,1-30$ Hz.

8 ZÁVĚR

Výsledky výzkumu jsou v souladu s teoreticky známými úlohami založenými na změnách v úrovních magnetických polí vyvolaných vlivem pomalu se měnících elektrických proudů. V souladu jsou také zkoumané oblasti a jejich potenciální dopad změn nízkourovňových magnetických polí na neustálý pohyb populace v daném prostředí. Tyto vztahy jsou již matematicky a graficky popsány ve vědeckých člancích [55], [59], [57] a také v socioekonomické literatuře [58], [59], [60]. Výsledky provedeného a předloženého výzkumu byly zpracovány v souvislosti s psychologickými testy, které měří vedlejší účinky životního prostředí, které ovlivňují lidské psychofyziologické proměnné.

Hypotéza H0. „Nízkourovňová magnetická pole generovaná sluneční aktivitou negativně působí na lidský organismus a ovlivňují jeho chování a rozhodování“ – byla výzkumem potvrzena.

Hypotéza H1. „Vzájemná interakce nízkourovňových magnetických a elektromagnetických polí člověka s nízkourovňovými magnetickými poli vyvolanými geomagnetickými změnami je významná“ – byla výzkumem prokázána.

Hypotéza H2. „Mezi sluneční aktivitou, následným projevem geomagnetických bouří a jejich vlivem na lidský organismus v oblasti ekonomického chování a rozhodování existuje přímá souvislost“ – bude třeba doplnit dalším zpracováním a vyhodnocením dat z výzkumu a korelací těchto dat s indikátory kapitálových trhů, jako je Dow Jones Industrial Average (DJIA) podle grafu 8, (<https://research.stlouisfed.org/fred2/series/DJIA/downloaddata>).

Předložená práce popisuje dílčí závěry experimentálního mezioborového výzkumu, v oblasti psychofyziologických měření (BVP – *Blood Volume Pulse* pro *Heart Rate Variability (HRV)*, EMG – *Electromyography*, Skins a Abd a Thor amplitudou – *Pneumotrace Respiration*) a jejich závislosti na změnách nízkourovňových magnetických polí (EMG), vyvolaných změnou intenzity slunečního větru a realizovaného na homogenním vzorku 49 respondentů.

LITERATURA

- [1] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). ISBN 978-92-79-30134-6.
- [2] Electromagnetic fields (EMF) <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/index3.html>.
- [3] HERNANDEZ, L. M., DAN G. International commission. Genes, behavior, and the social environment: moving beyond the nature/nurture debate. Washington, DC: National Academies Press, 2006.
- [4] Do Electric or Magnetic Fields Cause Adverse Health Effects? HEI's Hesearch plan to Narrow the Uncertainties Copyright 1993 by Health Effects Institute.
- [5] DAVIDOVITS, P. Physics in biology and medicine. 3rd ed. Boston: Elsevier/Academic Press, 2008. Complementary science series.
- [6] HAVAS, M. Biological Effects of Low Frequency Electromagnetic Fields. In: D. Clements-Croome (Ed.). 2004. Electromagnetic Environments and Health in Buildings. Spon Press, London, 535 pp.
- [7] MORGAN, D. A handbook for EMC testing and measurement. London, United Kingdom: The Institution of Engineering and Technology, 1994. ISBN 0863417566.
- [8] PASLEY, B., STEPHEN V., MESGARANI, N., FLINKER, A., SHAMMA, A., CRONE, E., KNIGHT, T., CHANG, F. Reconstructing Speech from Human Auditory Cortex. PLOS BIOLOGY, Volume: 10, Issue: Article Number: e1001251 DOI: 10.1371/journal.pbio.1001251. Published: JAN 2012.
- [9] POPP, F. A., KÖNIG, W. U. 1.H. Electromagnetic Bio-Information. Urban & Schwarzenberg. Wien.
- [10] SCHMIDT, L. A., SEGALOWITZ, S. J. Developmental psychophysiology: theory, systems, and methods. New York: Cambridge University Press, 2008. ISBN 0521821061.
- [11] BUZSÁKI, G. Rhythms of the brain. New York: Oxford University Press, 2006. ISBN 9780199828234.
- [12] TADEUSZ, M. Human factors of a global society: a system of systems perspective. 2014. ISBN 9781466572874.
- [12a] McCRATY, R. Science of the Heart, Volume 2 Exploring the Role of the Heart in Human Performance An Overview of Research Conducted by the HeartMath Institute. Technical Report February 2016. DOI: 10.13140/RG.2.1.3873.5128.
- [13] KUNEŠ, J., VAVROUCH, O., FRANTA, V. Základy modelování. SNTL, Praha 1989.
- [14] EBÁK, P. Statistické myšlení a nástroje analýzy dat. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2013. ISBN 978-80-7333-105-4.
- [15] PRECHTER, R. R. Socionomics: the science of history and social prediction. Gainesville: New classics library, c1999. ISBN 978-0-932750-54-9.
- [16] SCHUMANN, W. O. On the free oscillations of a conducting sphere which is surrounded by an air layer and an ionosphere shell (in German), Z. Naturforsch. 7A, 149–154, 1952.
- [17] Dow Jones Industrial Average (DJIA) <https://research.stlouisfed.org/fred2/series/DJIA/downloaddata>, <http://time-price-research-astrofin.blogspot.cz/2012/03/djia-vs-sunspots.html> <http://www.socionomics.net/2011/09/article-the-sunspot-cycle-and-stocks/>, http://www.marketoracle.co.uk/UserInfo-John_Hampson.html.
- [18] SOJKA, Z., DOSTÁL, P. Elliottovy vlny. V Tribunu EU vyd. 1. Brno: Tribun EU, 2008. Knihovnicka.cz. ISBN 978-80-7399-630-7.
- [19] <https://research.stlouisfed.org>.
- [20] UHERÍK, A. Psychofyziologické vlastnosti člověka. 1. vyd. Bratislava: Psychodiagnostické a didaktické testy, 1978.

- [21] WOODWORTH, R. S., SCHLOSBERG, H. (1959), Experimentálna psychológia [Experimental Psychology]. S. 149–176. Vydavateľstvo Slovenské akadémie vied.
- [22] JAVORKA, K. Variabilita frekvencie srdca. Mechanizmy, hodnotenie, klinické využitie. [Cardiac Frequency Variability: Mechanisms, Assessment, and Clinical Use]. Martin, Slovakia: Osveta 2008 Bratislava, 1959.
- [23] <http://solarscience.msfc.nasa.gov/SolarWind.shtml>.
- [24] HANZELKA, M., FIALA, P., FRIEDL, M., DAN, J. Methods for Sensing Ionosphere Changes. The 34th PIERS in Stockholm, SWEDEN 12–15 August, 2013.
- [25] GEVIRTZ, R. (2013). The promise of heart rate variability biofeedback: evidence-based
- [26] OTSUKA, K., CORNELISSEN, G., HALBERG, F. (1997). Circadian rhythmic fractal scaling of heart rate variability in health and coronary artery disease. *Clin. Cardiol.* 20 631–638 10.1002/clc.4960200710.
- [27] SKINNER, J. E., ANCHIN, J. M., WEISS, D. N. (2008a). Nonlinear analysis of the heartbeats in public patient ECGs using an automated PD2i algorithm for risk stratification of arrhythmic death. *Ther. Clin. Risk Manag.* 4549–557. Skinner J. E., Meyer M., Dalsey W. C., Nester B. A., Ramalanjaona G, O’Neil B. J., et al. (2008b). Risk stratification for arrhythmic death in an emergency department cohort: a new method of nonlinear PD2i analysis of the ECG. *Ther. Clin. Risk Manag.* 4 689–697.
- [28] SILBERNAGL, S., DESPOPOULOS, A. Atlas fyziologie člověka. Goerg Thime Verlag, Herdweg 63, 7000 Stuttgart.
- [29] KRAFT, J., BEDNÁŘOVÁ, P., KOCOUREK, A. Mikroekonomie II. 2011, Vyd. 1, česky, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 195 stran, ISBN: 9788073727703.
- [30] JÍLEK, J. Finanční trhy a investování. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 648 s. Finanční trhy a instituce. ISBN 978-80-247-1653-4.
- [31] FAMA, E. (1970). „Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work“. *Journal of Finance.* 25 (2): 383–417. doi:10.2307/2325486.
- [32] THALER, R., MISBEHAVING, H. The making of behavioral economics. First edition. New York: W.W. Norton & Company, 2015, xvi, 415 pages. ISBN 9780393080940.
- [33] SAMUELSON, P., NORDHAUS, A. W. D. 2007. *Ekonomie*: 18. vydání. Praha: NS Svoboda. ISBN 9788020505903.
- [34] <https://solarscience.msfc.nasa.gov/>
- [35] ŠŤASTNÝ, P. Software xls Slunce. 2015.
- [36] BioGraph Infiniti 6 Feature Set.
- [37] LEHRER, P. M., VASCHILLO, E., VASCHILLO, B., LU, S. E., ECKBERG, D. L., EDELBERG, R., SHIH, W. J., LIN, Y., KUUSELA, T. A., TAHVANAINEN, K. U. O., HAMER, R. M. (2003), Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow. *Psychosomatic Medicine* 65: 796–805, 2003.
- [38] SURKOV, V., HAYAKAWA, M. Ultra and extremely low frequency electromagnetic fields. Springer geophysics. ISBN 443154366X.
applications. *Biofeedback* 41 110–120 10.5298/1081-5937-41.3.01.
- [39] HOLTET, J. A. ELF-VLF radio wave propagation: proceedings of the NATO Advanced Study Institute held at Spåtind, Norway, April 17–27, 1974. Boston: D. Reidel Pub. Co. ISBN.
- [40] ČERNOHORSKÝ, D., NOVÁČEK, Z. Antény a šíření elektromagnetických vln. ES VUT Brno 1992 (skriptum).
- [41] <http://sidstation.loudet.org/antenna-theory-en.xhtml> Spice model.
- [42] http://www.thelivingmoon.com/45jack_files/03files/Cutler_Naval_Radio_Station_Cutler,_Maine.html
- [43] https://en.wikipedia.org/wiki/Schumann_resonances.
- [44] ŠTEFÁNEK, M. (2016) Nízkoúrovňová magnetická měření ulf frekvence 0–30 Hz. Diplomová práce. ÚTEE. FEKT. VUT Brno. 2016.

- [45] CARRUBBA, S., MARINO, A. A. The effects of low-frequency environmental-strength electromagnetic fields on brain electrical activity: a critical review of the literature. *Electromagnetic biology and medical*, 27 (2), pp. 83–101. Department of Orthopaedic Surgery, LSU Health Sciences Center, P. O. Box 33932, Shreveport, LA 71130-3932, United States, 2008.
- [46] ROSE, L. 2008. Review and assessment of select us space security technology proposals. Department of materials engineering, university of British Columbia, 309-6350 Stores road, Vancouver, British Columbia, Canada v6t 1z4. 0265-9646/\$ - see front matter © 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved. Available from: doi:10.1016/j.spacepol.2008.09.007.
- [47] <http://research.stlouisfed.org/fred2/release?rid=197&soid=11>.
- [48] STROOP, J. R. (1938). Factors affecting speed in serial verbal reactions. *Psychological Monographs*, 50, 38–48.
- [49] <http://thoughttechnology.com/pdf/manuals/SA7913%20V6.0%20BioGraph%20Infiniti%20Getting%20Started.pdf>.
- [49a] KRAMPEN, G. (2006). Änderungssensitive Symptomliste zu Entspannungserleben, Wohlbefinden, Beschwerden-und Problembelastungen (ASS-SYM). Göttingen: Hogrefe.
- [50] <http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch.shtml>.
- [51] <http://aa.usno.navy.mil/data/docs/MoonPhase.php>.
- [51a] <http://research.stlouisfed.org>.
- [52] LABOUNEK, R., LAMOŠ, M., MAREČEK, R., BRÁZDIL, M., JAN, J. Exploring task-related variability in fMRI data using fluctuations in power spectrum of simultaneously acquired EEG. *Journal of Neuroscience Methods*, 2015, roč. 245, č. 1, s. 125–136. ISSN: 0165-0270.
- [53] McCRATY, R., ATKINSON, M., TOMASINO, D., BRADLEY, R. T. (2009), The coherent heart: Heart-brain interactions, psychophysiological coherence, and the emergence of system-wide order. *Integral Review* 5: 10–115, 2009.
- [54] CHERRY, N. Cell phone radiation poses a serious biological and health risk. 2001, Lincoln University Canterbury, New Zealand.
- [55] FERRIS, J. (2010), The brain generates an electric field that influences its own activity *Scientific American Mind* 21, 10 Published online: 28 October 2010 doi:10.1038/scientificamericanmind1110-10a. 2010.
- [56] McCRATY, R. (2010), Coherence: bridging personal, social and global health. Institute of HeartMath, 14700 West Park Ave., Boulder Creek. CA, 95006, USA. *Alternative Therapies*, jul/, VOL. 16, NO. 4, aug 2010.
- [57] PERSINGER, M. A. (1987). Geopsychology and geopsychopathology: Mental processes and disorders associated with geochemical and geophysical factors. *Experient* 43(1), 92–104.
- [58] HANZELKA, M., FIALA, P. Measurement and Evaluation of the Effects of Low-Level Magnetic Fields on the Socio-Economic Behavior of the Humans. The 25th International Business Information Management Association Conference, p. 1666-1680, Amsterdam, Netherlands, 2015.
- [59] LOEWENSTEIN, G. F. (2000). Emotions in economic theory and economic behavior. *American Economic Review* 90, 426–432.
- [60] BRYAN, J. W. Economic Cycles and Changes in the Earth's Geomagnetic Field. *CYCLES* 1993.

ŽIVOTOPIS

Jméno a příjmení: Ing. Michael Hanzelka, MBA

Datum narození: 6. 4. 1961 v Brně

Vzdělání:

2014 – Doplnující pedagogické studium pro zaměstnance VUT

2011 – Přiját na doktorandské studium na VUT Brno,

2007 – 2010

Nottingham Trent University, VUT Brno, Podnikatelská fakulta

Dosažený titul: MBA

1982 – 1987

VUT Brno, Elektrotechnická fakulta, studijní obor: Telekomunikace

Dosažený titul: Dipl. Ing.

1979 – 1982

Střední průmyslová škola elektrotechnická v Brně, studijní obor: Telekomunikace

1976 – 1979

Střední odborné učiliště spojů v Brně, studijní obor: Spojový mechanik.

Pracovní zkušenosti:

12/2013 – dosud

COO - Freedom Financial Services, s.r.o.

Makléřská společnost, odpovědnost za Back Office společnosti.

2005 – 11/2013

CEO - DAC CEE a.s.

Mezinárodní makléřská společnost navázána na nadnárodní holding AIG. Odpovědnost za strategie společnosti.

1999 – 2005

CEO - AWD Česká republika, s.r.o. a AWD Slovenská republika, s.r.o. member of AWD DE, odpovědnost za Backoffice společnosti.

1999

Nationale Nederlanden, Pojišťovací poradce

1993 – 1999

CBO - UNICA s.r.o. Nestátní zdravotnické zařízení v Brně, odpovědnost za obchodní aktivity Společnosti.

1991 – 1993

Odborný asistent VUT v Brně Katedra teoretické a experimentální elektrotechniky.

1987 – 1990

Výzkumný ústav pro valivá ložiska v Brně

Výzkumný a vývojový pracovník v oboru měřicí techniky se specializací na měření nízkofrekvenčních magnetických polí.

ABSTRACT

Presents results of research in the field of low-level electromagnetic fields interacting with the higher organisms, in the frequency band from 0,01 to 30 Hz effect on the individual or social group. Provides a description of the methodology of measuring and evaluating the impact of workplace assembled measuring low-level electromagnetic fields, extremely low frequency (ELF) on a sample of respondents. It was proposed measuring device for monitoring and evaluating how respondents' reactions to changes in the geomagnetic or external - external magnetic/electromagnetic field and to work for the measurement and evaluation of changes in external magnetic fields very low levels (ELF). This work is designed to process and evaluate implemented within experimental research into the influence of low-level magnetic fields in the Earth's resonator psychophysiological parameters of human organism and its behavior and decision-making. The work confirmed the influence of low-level magnetic fields on the psychophysiological parameters of the organism to be simultaneously confirmed the hypothesis established in accordance with the objectives of work.