

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra technologií a měření**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Elektronické systémy v oděvech a jejich použití v prostředí  
s elektrostatickými poli**

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**Fakulta elektrotechnická**  
**Akademický rok: 2014/2015**

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel PLZÁK**  
Osobní číslo: **E13N0152P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**  
Název tématu: **Elektronické systémy v oděvech a jejich použití v prostředí s elektrostatickými poli**  
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**


1. Seznamte se s problematikou elektronických systémů v oděvech s ohledem na jejich použití v záchranných sborech.
2. Popište jednotlivé části těchto systémů, jejich vzájemné propojení a komunikaci.
3. Zhodnoťte funkčnost systému s bezdrátovou komunikací v případě pohybu člověka v tomto oděvu v reálném prostředí.
4. Stanovte základní zásady měření těchto oděvů z hlediska jejich ochrany proti ESD.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:


1. Elektrostatika ČSN EN 61340 - soubor norem.
2. Elektronické informační zdroje - klíčová slova: wearable microsystems, intelligent textile systems, smart sensors in fabric, interactive textile.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Šíma  
Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce: 15. října 2014  
Termín odevzdání diplomové práce: 11. května 2015

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Vlastimil Škořil,  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou/bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce. Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 5.5.2015

Pavel Plzák

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval Ing. Milanovi Šímovi za cenné profesionální rady, připomínky, metodické vedení práce, poskytnuté zdroje a informace. Dále bych chtěl poděkovat dalším pracovníkům ZČU, kteří se spolupodíleli na laboratorních měřeních.

## **Anotace**

Tato diplomová práce je rozdělena do 4 částí. První část této práce pojednává o elektronických systémech a o možnostech jejich využití v oděvech (ať už se jedná o oděvy sportovní, funkční, záchranné, apod.). První část je také zaměřena na možnosti implementace systémů do oděvů. Druhá část této práce pojednává o jednotlivých systémech, které lze na oděv našít, natisknout, vplést, či připevnit, dále o jejich propojení a komunikaci. Jelikož žádná z norem neupravuje požadavky „chytrých“ oděvů, třetí část je zaměřena právě na normy týkající se požadavků na materiál oděvů tak, aby chránila jejich uživatele proti okolním nepříznivým vlivům a zvláště na normy týkající se elektronických systémů, které jsou do oděvu vloženy či připevněny. Poslední část je zaměřena na samotnou praxi a měření v laboratorních podmínkách, kde jsou simulovány elektrostatické výboje.

## **Klíčová slova**

zásahový oděv, nositelné mikrosystémy, inteligentní textilní systémy, senzory v oděvech, interaktivní textilie, ESD, povrchový odpor, akumulace náboje, ČSN, elektronika

## **Annotation**

This thesis is divided into 4 parts. The first part deals with the electronic systems and possibilities for their use in clothes (whether it is a sports clothes, working clothes, saving clothes, etc.). The first part is focused on the implementation of systems into the clothes. The second part of this thesis discusses about the various systems that can be sewn, printed, intertwine, or attach onto clothing, further it discusses about their connection and communication. Because none of the standards does not requirements on "smart" clothing, the third part is focused on standards relating to the materials of clothes to protect them against adverse ambient conditions and particularly standards relating to electronic systems that are embedded or affixed into clothing. The last part focuses on actual practice and measurements in laboratory conditions, where can be simulated electrostatic discharge.

## **Key words**

emergency clothing, wearable microsystems, intelligent textile systems, smart sensors in fabric, interactive textile, ESD, surface resistance, accumulation of charge, ČSN, electronics

## Obsah

<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>9</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>2 ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY A JEJICH UPEVNĚNÍ.....</b>	<b>11</b>
2.1 ODĚVY S ELEKTRONICKÝMI SYSTÉMY .....	11
2.1.1 Moderní oděvy .....	12
2.1.2 Sportovní oděvy.....	12
2.1.3 Funkční oděvy.....	13
2.1.4 Oděvy pro záchranné složky .....	15
<b>3 SYSTÉMY POUŽITÉ V ODĚVECH .....</b>	<b>18</b>
3.1 VYBAVENÍ INTELIGENTNÍCH ODĚVŮ .....	18
3.2 PROBLÉMY A POŽADAVKY ELEKTRONIKY .....	19
3.2.1 Požadavky na implementovanou elektroniku .....	19
3.2.2 Problémy spojené s nositelnou elektronikou.....	21
3.3 KOMUNIKACE A VIZUALIZACE .....	21
3.4 OCHRANA ELEKTRONIKY .....	22
<b>4 ESD A PŘÍSLUŠNÉ NORMY .....</b>	<b>23</b>
4.1 ESD OBECNĚ .....	23
4.2 VZNIK ESD.....	23
4.3 NORMY STANOVENÉ PRO ELEKTRONIKU .....	24
4.3.1 ČSN EN 61340-5-1 - Ochrana před elektrostatickými vlivy .....	24
4.3.2 ČSN EN 61340-4-5 - Standardní zkušební metody pro specifické aplikace.....	26
4.3.3 ČSN EN 61340-2-1 - Měření poklesu náboje.....	27
4.3.4 ČSN EN 1149-1 - Metoda měření povrchového odporu .....	28
4.3.5 ČSN EN 1149-3 - Metoda pro měření snížení elstat. náboje .....	29
4.3.6 ČSN EN 1149-5:2008 - Požadavky na oděv rozptylující náboj .....	30
4.3.7 ČSN EN 61340-3-1 - Metoda simulace elektrostatických jevů .....	30
4.3.8 ČSN EN 61340:2001 - Ochrana elektronických součástí.....	32
<b>5 NORMY VZTAHUJÍCÍ SE NA ODĚV - CELKOVÉ, MATERIÁLOVÉ .....</b>	<b>32</b>
5.1 NORMY POPISUJÍCÍ MATERIÁL ODĚVU.....	32
5.2 NORMY STANOVENÉ PRO ODĚVY JAKO CELEK .....	33
5.2.1 ČSN EN 469:2006 - Technické podmínky ochranného oděvu.....	33
5.2.2 ČSN EN ISO 13688 - Požadavky na provedení oděvu .....	34
5.2.3 ČSN EN 343:2004 - Požadavky proti dešti .....	34
5.2.4 ČSN EN 533 - Omezení šíření plamene .....	34
<b>6 PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE - MĚŘENÍ.....</b>	<b>35</b>
6.1 MĚŘENÍ POVRCHOVÉHO ODPORU .....	35
6.2 MĚŘENÍ ELEKTROSTATICKE OCHRANY MEZI OBUVÍ A PODLAHOU V KOMBINACI S OSOBOU.....	41
6.3 MĚŘENÍ AKUMULACE NÁBOJE DO ODĚVU .....	44
6.4 MĚŘENÍ AKUMULACE NÁBOJE - SIMULACE REÁLNÉHO PROSTŘEDÍ (VYSOKÉ NAPĚTÍ).....	47
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>49</b>
<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>51</b>



## Seznam symbolů a zkratk

°C	Jednotka teploty
ČSN	Česká technická norma
E	Intenzita
EDA	Elektro-dermální aktivita
EKG	Elektrokardiogram
EN	Elektrotechnická norma
ESD	Ochrana proti elektrostatickému výboji
F	Jednotka elektrické kapacity
GPS	Globální polohovací systém
IEC	Mezinárodní technická komise
IP	Stupeň krytí
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
Kg	Kilogram
kn	Naměřený odpor v ohmech
m	Jednotka hmotnosti
m <sup>2</sup>	Jednotka obsahu
MP3	Formát zvukového souboru
PC	Počítač
R	Odpor
Re	Geometrický součinitel elektrody
Resd	Odpor elektrostatického výboje
Rs	Statický odpor
S	Poločas snížení náboje
S	Jednotka času
UUT	Unit under test - zkoušená jednotka
V	Volt
W	Watt
P	Vypočtený měrný odpor
Ω	Jednotka odporu

# 1 Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na elektronické systémy umístěné do oděvů, jejich upevnění, použití, vzájemné propojení, komunikaci a požadavky v prostředí s elektrostatickými poli. Především je v práci rozebrána problematika elektronických systémů v oděvech, které používají záchranné sbory.

Protože jsou stanoveny pouze normy pro materiál oděvů a normy pro elektronické systémy zvlášť, práce se pokouší zhodnotit elektronické systémy v oděvu jako celek. Do oděvu nebo těla se může indukovat elektrostatický náboj a může dojít k elektrostatickému výboji a k následnému poničení elektroniky, proto je v praktické části práce testován zásahový oblek z hlediska ochrany proti ESD.

Měření probíhá v laboratorních podmínkách, ale snaží se simulovat reálné prostředí tak, aby byla ověřena funkčnost elektroniky v případě pohybu osoby v reálném prostředí a v prostředí, kde může dojít k elektrostatickému výboji. Praktická část obsahuje měření povrchového odporu, měření elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahou v kombinaci s osobou a také měření akumulace náboje do oděvu.

## 2 Elektronické systémy a jejich upevnění

Elektronický systém je soubor prvků (elektronických součástek, elektronických obvodů, již hotových elektronických zařízení). Elektronické systémy jsou v posledních letech vyráběny tak, aby dosahovaly co nejmenších rozměrů a vah. Moderní světové trendy směřují k neustálé minimalizaci a tak lze dosáhnout toho, že mohou být tyto malé elektronické systémy a výrobky umístěny do oděvů a textilií. Přesto, že je elektronika minimalizována, je vyráběna s ohledem na životnost a malou hmotnost.

Elektronické systémy a oděvy jsou dvě různá odvětví, která samostatně podléhají určitým normám, které musí splňovat. Tato práce se pokusí představit tyto dvě různá odvětví dohromady. „Nositelná elektronika“ je zatím celkem neprobádaná oblast a tak těžko představitelná, ale postupem času se více a více firem orientuje právě tímto směrem a snaží se tak vyvrátit nereálnost těchto představ.

Je mnoho způsobů, jak elektronický systém umístit do oděvu, nebo přímo na jeho povrch. Jedním z takových způsobů je vsítí či vpletení elektronického systému pod svrchní vrstvu oděvu, kdy je systém zapouzdřený a chráněný uvnitř textilie. Dalším způsobem jak umístit systém do oděvu je natisknutí elektroniky přímo na povrch oděvu. Tato metoda je nejčastěji využívána u moderních oděvů (potisky s LED osvětlením). V neposlední řadě je metoda připevnění elektroniky na oděv pomocí druků (patentů) či připevněním pomocí suchého zipu a jinými možnými způsoby.

### 2.1 Oděvy s elektronickými systémy

Tato kapitola je rozdělena do čtyř částí. První částí jsou oděvy moderní, které podléhají nejnovějším trendům a vynálezům. Druhá část pojednává o oděvech sportovních, které lze použít v jakémkoliv sportovním odvětví, ať už se jedná o použití na souši či ve vodě. Ve třetí části jsou představeny oděvy funkční, které napomáhají sledovat zdraví a životní funkce nositele. Poslední část je zaměřena na ochranné oděvy, které slouží profesionálním jednotkám (záchranářům, hasičům, lékařům, policistům a vojákům).

### 2.1.1 Moderní oděvy

- ***Triko s elektroluminiscenčním ekvalizérem***

Triko s ekvalizérem má místo obyčejného potisku tenký elastický panel s elektroluminiscencí, který je připevněn pomocí suchého zipu. Panel je velmi tenký a svojí tenkostí může připomínat obal od sešitu. Na panelu nejsou žádné LED diody, žárovky ani podobné tradiční zdroje světla, ale ke svícení využívá elektroluminiscenční jev. Speciální směs, která je nanášena na jeho povrch způsobuje intenzivní svícení rovné elektrické energii. [25]

- ***Triko s LED ekvalizérem***

Triko s ekvalizérem vytvořeným pomocí LED diod je napájeno pomocí čtyř baterií typu AAA, z čehož vyplývá jeho nižší životnost oproti elektroluminiscenčnímu jevu. Dále obsahuje ovládání, které je stejně jako panel odnímatelné kvůli pratelnosti oděvu.[26]

### 2.1.2 Sportovní oděvy

- ***Běžecké triko***

Oděv určený pro sportovce obsahuje celou řadu textilních senzorů udávajících zdravotní informace sportovce pro sledování jeho zdravotního stavu.[4]



Obr.1. Běžecké triko od společnosti Textronics (převzato z:[4])

- **Sportovní podprsenka**

Podprsenka určená pro sportovkyně dokáže měřit tepovou frekvenci. Podprsenka obsahuje malý vysílač, který je umístěn a zašit v přední části podprsenky, dále sensorová vlákna, která jsou do materiálu podprsenky vpletena. Tento systém dokáže komunikovat s kompatibilním zařízením, jakým mohou být například hodinky či chytrý telefon.[4]



Obr.2. Sportovní podprsenka (převzato z:[4])

### 2.1.3 Funkční oděvy

- **Inteligentní podprsenka pro běžné nošení**

Podprsenka, která mění své vlastnosti v závislosti na pohybu poprsí. Podprsenka pracuje na principu přitahování pásek podprsenky a změkčování či vyztužování košíčků podprsenky za účelem zabránění bolesti či poklesu poprsí. Na výrobu inteligentních podprsenek se využívá povlaků z vodivých polymerů. Inteligentní podprsenka je schopna se neprodleně měnit vzhledem k situaci.[6]



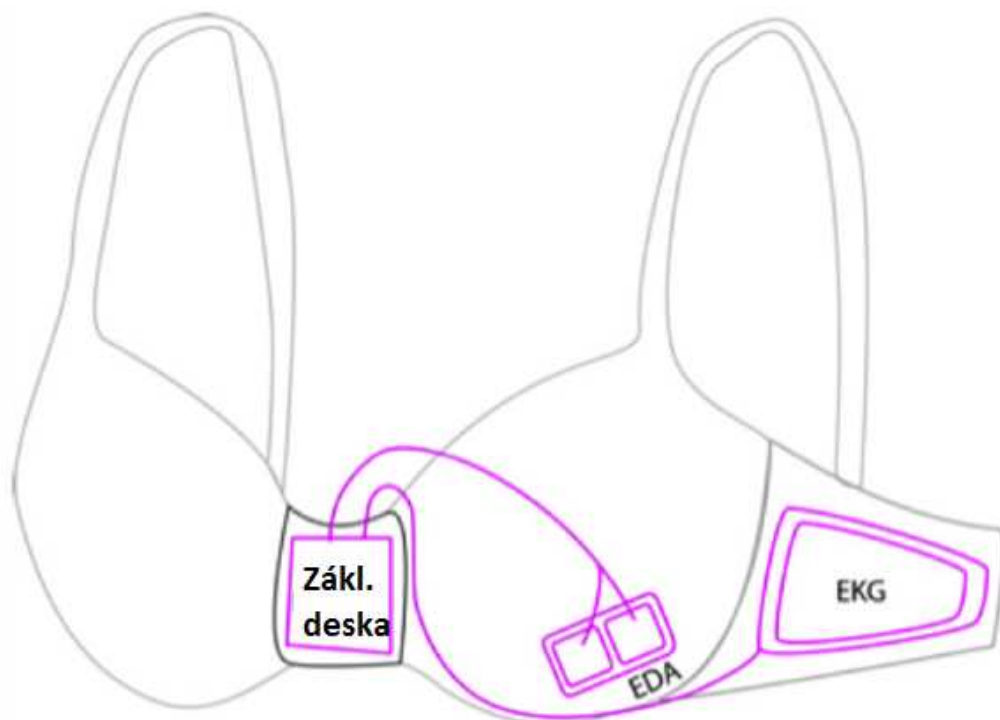
Obr.3. Podprsenka profesora Wallace (převzato z:[6])

- **Zdravotní inteligentní podprsenka**

Profesor Malcolm McCormick z De Monfordské univerzity využil poznatku Hallova jevu a dokázal tak určit rozdíl elektrického odporu tkání u zdravé a nádorové tkáně poprsí díky průchodu elektrického proudu poprsím. Zjistil, že nádorová tkáň má vyšší odpor oproti zdravé tkáni a vyvinul tak podprsenku, která by měla ženy tímto systémem upozornit před hrozícím nebezpečím. [7]

- **Podprsenka měřící EKG**

Podprsenka vyvinutá společností Microsoft Research a výzkumníky z New Yorku a Velké Británie slouží k měření EKG neboli elektrokardiogramu. EKG určuje správný srdeční rytmus a sleduje tak neustále stav svého nositele. Podprsenka je vybavena také senzorem elektro-dermální aktivity (EDA) pro měření elektrického odporu kůže, od kterého se dále odvíjí i emoce. Na následujícím obrázku je zobrazeno rozmístění senzorů EKG a EDA a také základové desky pro vyhodnocování a komunikaci například s mobilním telefonem, pro který jsou jako součást i programy pro správnou funkci tohoto oděvu. [27]



Obr. 4. Podprsenka pro měření EKG a EDA (převzato z:[27])

- **Inteligentní oděvy**

Obleky obsahují elektronické systémy, které umožňují telefonovat, poslouchat hudbu, pracovat s kamerou. Obleky jsou dále vybaveny solárními články, světelnými zdroji, GPS přijímačem. Oděvy mohou být také vybaveny citlivým mikrofonom a klávesnicí v rukávu, topnými systémy, solárními články a senzory reagujícími na venkovní podněty a také kamerou, která dokáže monitorovat prostor, ve kterém se osoba s tímto oblekem nachází.[1]



Obr. 5.: „Inteligentní bunda“ od společnosti Applycon (převzato z:[2])

#### 2.1.4 Oděvy pro záchranné složky

- **Zásahová bunda**

Na základě celosvětové potřeby vyšší ochrany hasičů, byl vypsán tendr, který financuje Evropská unie. Tendr vznikl v Bruselu a nyní je na samotném počátku, kdy se hledá vhodný kandidát na výrobu zásahového oděvu, ve kterém budou zabudovány elektronické systémy. Právě elektronické systémy mají za úkol zvýšit bezpečí záchranářů díky různým sensorům a vyhodnocovacím zařízením, která slouží k ochraně zdraví a předejití rizikových situací, které by mohli hasiče ohrozit. Tendr spočívá v tom, že přihlášené firmy předkládají své prezentace s vizemi, jak by měl tento oděv pracovat a jaká

zařízení by měl obsahovat. Společnost, která tento tendr získá, dostane zakázku na sériovou výrobu obleků, ve kterých budou umístěny informační a komunikační technologie, senzory, přístroje pro přenos dat, lokalizační a vizualizační systémy. Dále by oděvy mohly obsahovat senzory pro měření životních funkcí, lokalizační systém pro určení polohy, senzory pro detekci nebezpečných plynů, online přenos dat do PC, apod. Cílem tohoto projektu je vyvinout funkční a cenově přijatelné vybavení, které je nezbytnou součástí hasičů. [3]

Jelikož je tendr právě ve fázi, kdy firmy předkládají své finální návrhy, pro tuto práci byl jako ukázka vybrán návrh zásahového oděvu firmy TECKNISOLAR & BALSAN, který je velice přehledně zobrazen.

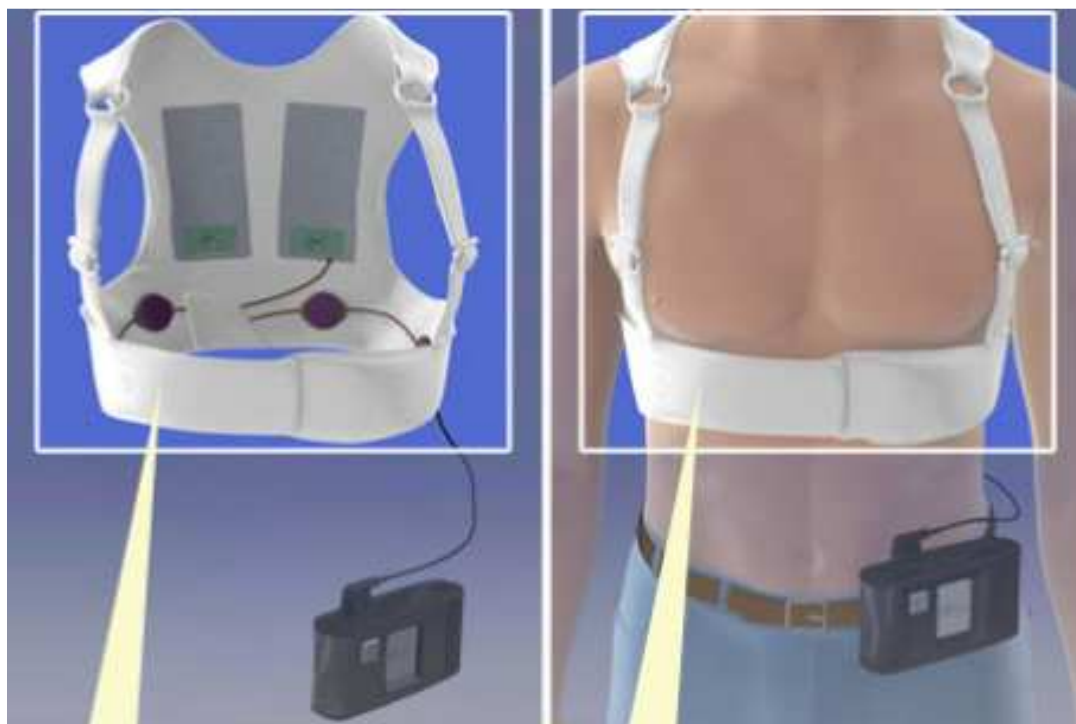


Obr.6.: Elektronicky vybavený oblek (převzato z:[8])



- ***Vesta s vyhodnocováním životních funkcí***

Vesta zajišťující životní funkce je vyrobena společností Zoll®, jejímž posláním je výroba produktů pro ochranu lidského zdraví. Vesta vyhodnocuje riziko náhlé srdeční zástavy a díky trvalému sledování pacienta umožňuje včasný zásah lékaře. Vesta je vybavena defibrilátorem a umožňuje pacientovi návrat do každodenního života, aniž by musel mít jakékoli obavy o své zdraví.[5]



Obr.7. Vesta s defibrilátorem od společnosti Zoll® LifeVest (převzato z:[5])

- ***Inteligentní košile***

Výzkumný ústav Georgia Tech pod vedením profesora Sundaresana Jayaramana v roce 1996 vyvinul inteligentní košili, která je zhotovena a určena pro bojové podmínky. Košile disponuje mnoha čidly monitorujícími zdravotní stav, čidly detekujícími zranění a také lékařskými čidly, které jsou připojeny přímo k tělu a spolu s košilí pak tvoří řídicí desku. Košile byla již v roce 1996 natolik vyvinuta, že ji bylo možné přizpůsobit dle druhu boje (například pro zjišťování kyslíku nebo jiných plynů). [7]

### 3 Systémy použité v oděvech

Elektronické systémy, které jsou do oděvů aplikovány, musí být umístěny a připevněny tak, aby splňovaly veškeré požadavky pro každodenní nošení. Prvním požadavkem na oděvy je flexibilita. Elektronické systémy musí být umístěny do oděvů dle druhu použití. Veškeré součástky musí být v oděvu umístěny tak, aby nedošlo k jejich poničení, rozpojení či nesprávné funkci a hlavně tak, aby nedošlo k ohrožení zdraví jejich uživatele. Při umístění musí být brán zřetel na funkci, kterou musí zařízení splňovat a vyhodnocena rizika, která mohou při úkonu nastat.

#### 3.1 Vybavení inteligentních oděvů

Tato podkapitola se pokouší představit jednotlivá elektronická zařízení, která lze do oděvu implementovat.

- *Světelný senzor* - umožňuje zviditelnění osob či záchranářů v úplné tmě, jako je například kouř, stísněné prostory atd.
- *Alarm* - zvukem signalizuje místo, kde se osoba nachází i v případě, že dojde k jejímu zranění
- *Zvukový snímač a kamera* - slouží k videozáznamu z jakýchkoli činností, nebo při zásahu pro případ zjištění nenadálých okolností a k objasnění vzniklých skutečností
- *Teplotní senzor* - tato čidla umožňují snímat teplotu vně oděvu i na jeho povrchu
- *Komunikační zařízení* - slouží pro komunikaci s okolím (vysílačka, mobilní telefon)
- *LED pásy* - slouží k zviditelnění osoby v místě potřeby (tma, kouř, mlha)
- *Komunikační moduly* - zajišťují propojení mezi oděvem a počítačem (popřípadě s centrálním střediskem)
- *Akumulátor* - zajišťuje funkčnost elektronických systémů v oděvu po určitou dobu. Baterie musí splňovat vysoké nároky na kvalitu a výdrž. Baterie musí být umístěna vně oděvu a zapouzdřena tak, aby nemohlo dojít ke zkratu baterie a následnému zranění například při silném dešti a jiných okolnostech zvyšujících vlhkost vně oděvu
- *Plynová čidla* - čidla snímající výši zamoření prostoru nebezpečnými plyny a chemikáliemi

- *MP3 přehrávač* - poskytuje dotykové ovládání na povrchu textilie s připojením na sluchátka vně oděvu
- *Vlhkostní čidla* - pro zjišťování vlhkosti okolí
- *Tepové snímače* - umožňují snímat tep osob při velmi vypjatých a náročných situacích
- *Snímače sledující životní funkce* - umožňují měřit tep i tlak například záchranářů či vojáků
- *Propojovací struktury* - každý oděv musí být vybaven takovou propojovací strukturou, která nebude ohrožovat život uživatele, a která bude v oděvu upevněna tak, že nedojde vlivem užívání k jejímu zničení
- *Ovládací prvky (klávesnice, dotykový panel, tlačítka)*
- *Vizualizační prvky (displej, LED zobrazení)*
- *Audio prvky* (sluchátka, reproduktory, radio, a další)
- *Reproduktory* - umožňují poslech hudby během jakékoli činnosti (od sportu až po práci)
- *Lokalizační systémy pro zjištění polohy*
- *Vyhodnocovací a komunikační systémy k rychlému a přesnému posouzení situace a další*

## 3.2 Problémy a požadavky elektroniky

Tato kapitola je zaměřena na požadavky, které musí, nebo by měla splňovat nositelná technika. Také se zaměřuje na nevýhody a problémy, které s sebou implementovaná elektronika nese.

### 3.2.1 Požadavky na implementovanou elektroniku

*Pratelnost oděvu* - veškerá elektronika by měla být do oděvu situována tak, aby mohlo dojít k jejímu snadnému a šetrnému vyjmutí vzhledem k potřebě čištění oděvu. Elektronika by v oděvu neměla být připevněna fixně, pakliže to není nutné, pouze v případě, že je i elektronika vyrobena tak, že může být prána s oděvem (natisknutí elektroniky).

*Malá váha a malá spotřeba energie* - celková hmotnost musí být volena tak, aby neobtěžovala svého nositele (hmotnost by měla být v řádech gramů), a spotřeba jednotlivých systémů musí být co nejmenší, aby oděv splňoval svůj účel nejen na krátký časový interval.

*Krytá elektronika* - elektronika splňuje normu IP67, z čehož vyplývá, že jsou oděvy chráněny proti vniknutí prachu a odolné vůči vodě při ponoření do jednoho metru hloubky maximálně po dobu třiceti minut.

*Vodotěsnost a nárazuvzdornost* - oděvy splňují, jak již bylo zmíněno, krytí IP67 a tudíž jsou vodotěsné do jednoho metru hloubky. Zabudované elektronické systémy jsou v oděvu nainstalovány tak, aby nemohlo dojít k poškození i při větším náporu nebo nárazu.

*Omyvatelná textilie* - oděvy podléhají normě EN 20811, která zaručuje odolnost proti vodě i při vyšší tlaku.

*Výkonná baterie* - baterie by měla být umístěna do obleku tak, aby nemohlo dojít ke zkratu či výboji při větší vlhkosti. Dále je dbáno na to, aby byla baterie vhodným způsobem zapouzdražena, měla malou hmotnost, velkou výdrž a životnost.

*Tepelní odolnost* - oděvy by měly být na povrchu odolné po krátkou až 250°C, odolné vůči chemikáliím, tepelnému záření, kouři a plynům. U zásahových obleků se také dodává celo-obličejový respirátor, který je upevněn na ochrannou přilbu, a video brýlemi, které umožňují vidět i v naprosté tmě. [8]

*Odolnost vůči elektrostatickým výbojům* - materiály, ze kterých jsou „chytré“ oděvy vyrobeny nesmí akumulovat elektrostatický náboj (norma ČSN EN 1149-1). Náboj musí být odváděn a snižován tak, aby nedošlo k poničení elektroniky (ČSN EN 1149-3).

*Další výhodou* je funkce hands-free pro usnadnění práce při volnočasové aktivitě nebo pro záchranáře při náhlém vyprošťování. Dosah elektronických systémů se liší vzhledem k překážkám, kterými musí signál projít. Uvnitř budovy mohou systémy dosahovat vzdálenosti 250 m, ale v otevřeném prostoru až vzdálenosti 500 m.[8]

### 3.2.2 Problémy spojené s nositelnou elektronikou

*Rušení* - mezi nevýhody oděvů by mohly patřit například rušivé vlivy uvnitř budov, či v oblastech, které jsou rušeny jinými signály a není tak možné komunikace mezi oblekem a přijímačem.

*Nadměrné teplotní zatížení* - vysoká teplota může nepříznivě působit na některé části oděvu a na elektroniku v něm implementovanou. Oděv sice vydrží kolem 250 °C, ale nemusí to být zcela pravidlem, vždy závisí také na okolnostech. Při natržení materiálu oděvu či jeho porušení může být elektronika vystavena vyšším teplotám či krátkodobě přímému ohni, vodě a sněhu, a tak může nastat kolize. I baterie a veškerá elektronika bude při její funkčnosti vyzařovat teplo a tak teplota okolí může způsobit deformaci či vyhoření těchto drobných implementovaných systémů.

*Upevnění elektroniky* - pro připevnění některých elektronických systémů mohou být použity tzv. druky, které také slouží jako vodivý propojovací modul. Druky jsou umístěny vně textilu a nemělo by tak dojít k rozžhavení, přenosu vysoké teploty, ale i tak k tomuto dojít může. Jako vhodnější řešení připevnění elektroniky je našití daného elementu přímo na textili.

*Údržba* - nevýhodou je praní oděvu a jeho údržba, před kterým musí být veškerá elektronika vyjmuta, nebo brán ohled na možnost poničení systémů. Na implementovanou elektroniku lze snadno zapomenout a může dojít ke zkratu nebo zničení elektroniky, ale i celého oděvu. K porušení některých částí může dojít také neopatrnou manipulací při odepínání z oděvu či nevhodným zacházením s oděvem.

### 3.3 Komunikace a vizualizace

V následujícím bloku je uveden příklad, jak může pracovat oděv, který má za úkol vyhodnocovat určitou situaci, prostředí, nebo funkci.



Obr. 8. Komunikace zásahového obleku (převzatá část z: [39],[40])

Elektronika implementovaná do oděvu je napájena baterií (BCU jednotkou), která napájí čidla a anténu, a je umístěna uvnitř v obleku. Celý systém pracuje tak, že vznikne-li nějaké riziko, sepne se některé z čidel nebo senzorů, které jsou k tomu určené, a které jsou na obleku umístěné. Čidla a senzory předávají informaci přes anténu a bezdrátovou komunikaci až k přijímači, který je spárován s oblekem (například přes bluetooth, v síť 868 MHz). Přijímačem může být CPU jednotka, která dokáže informace zobrazit. Informace nemusí být předána jen CPU jednotce, ale také počítači, nebo je údaj poslán operačnímu středisku, lékaři, veliteli zásahu a podobně.

### 3.4 Ochrana elektroniky

Je samozřejmé, že pakliže má být oděv a elektronický systém dokonale chráněn, musí být hodnoty izolačních odporů maximálně velké. Tyto hodnoty se ale mohou lišit v závislosti na okolí a vlivech, které na oděv působí.

Mezi nepříznivé vlivy může patřit například teplota a vlhkost. Hodnoty izolačních odporů se mění i po vyprání materiálu, kde působí nepříznivě nejen aktuální vlhkost materiálu, ale také na postupné opotřebení.

Jelikož se jedná o elektroniku, která je umístěna do oděvu a na tělo, dalším a velmi důležitým vlivem, který by mohl nepříznivě působit na elektronické zařízení je elektrostatický výboj. Další část práce je z tohoto důvodu zaměřena na ESD a normy, které se ochranou před ESD zabývají.

Vzhledem k tomu, že elektrostatický výboj může vznikat při chůzi, praktická část je zaměřena na akumulaci náboje do těla právě při chůzi, ale také na akumulaci náboje do oděvu při simulovaných výbojích přímo do jeho částí. V neposlední řadě je v praktické části měřen povrchový odpor, z důvodu, že je potřeba, aby byl materiál antistatický a bylo zabráněno vzniku zmiňovaného ESD.

## **4 ESD a příslušné normy**

Následující kapitola popisuje elektrostatický náboj a způsoby jeho vzniku. Dále popisuje normy, které se zabývají ochranou proti elektrostatickému výboji, jeho snížení, a metodami sloužícími k ověření odolnosti proti ESD.

### **4.1 ESD obecně**

Elektrostatický náboj vzniká při tření dvou izolačních ploch o sebe, přičemž dochází ke hromadění elektronů na jedné ploše a na druhé se uvolňují (plochy mají různý potenciál) a při jejich přiblížení k sobě dojde při určité vzdálenosti ke vzniku elektrostatického výboje. Elektrostatický výboj lze chápat jako záblesk elektrostatického náboje, který přechází z jedné plochy na druhou. [28]

### **4.2 Vznik ESD**

ESD vzniká za předpokladu, je-li elektrostatické napětí dostatečně velké, aby byla překonána dielektrická pevnost materiálu, který odděluje jednotlivé plochy od sebe. Právě když dochází k přechodu elektrostatického náboje z jedné plochy na druhou, vzniká

elektrický proud, který může poškodit a zničit polovodičový obvod, nebo celé použité zařízení.[28]

### Čtyři způsoby vzniku ESD

- dotknutím se polovodičového obvodu, je-li zařízení či osoba elektrostaticky nabitá
- dotknutím se nabitého polovodičového obvodu uzemněné plochy
- dotknutím se nabitého nářadí polovodičového obvodu
- ocitne-li se obvod v elektrostatickém poli[28]

Právě na ochranu proti ESD v prostředí, kde se může vyskytovat elektrostatické pole, je zaměřena praktická část této diplomové práce.

## 4.3 Normy stanovené pro elektroniku

Bohužel zatím neexistují normy, které by přesně definovaly, co musí oděv s integrovanou elektronikou splňovat. Jelikož je tohle prozatím nepříliš probádaná oblast, známe normy pouze pro samotný oděv a normy pro elektronické systémy. Do těchto norem jsou zapojeny i normy vyjadřující ochranu proti elektrostatickému výboji a podobně. Nelze jednoznačně a snáze definovat normy pro tuto elektroniku, protože zatím jsou samotné minimalizované prvky ve fázi vývoje a tak se spousty laboratoří snaží vyrobit vlastní elektronický systém a poté ho do oblečení integrovat. Následující část je tedy zaměřena pouze na to, co by měly elektronické systémy splňovat, přičemž norma nehledí na to, že jsou tyto elementy používány v agresivním a hořlavém prostředí. Normy zahrnující hořlavé, výbušné, ale i mokré prostředí by zahrnovaly jistě mnohem větší nároky a opatření.

### 4.3.1 ČSN EN 61340-5-1 - Ochrana před elektrostatickými vlivy

Tato norma vyjadřuje všeobecné požadavky na ochranu elektronických součástek před elektrostatickými vlivy, neboli ochranu před ESD. ČSN EN 61340-5-1 se zabývá požadavky pro navržení, sestavení, zavedení a udržování programu pro potlačování ESD. Udává požadavky na výrobu, zpracování, instalování, balení, provádění servisu, zkoušení a kontrolování elektronických systémů, sestav a přístrojů citlivých na poškození elektrostatickým výbojem větším než je 100V. [18]



- Musí zabránit výboji z libovolného nabitého vodivého objektu připojením k zemi.
- Musí zabránit výboji z libovolné nabitě součástky citlivé na ESD například při přímém kontaktu.
- Je vyžadován obal chránící citlivé předměty proti ESD mimo prostor vyhrazený ochranou proti elektrostatickému výboji.[18]

Mezi požadavky na potlačování ESD jsou například uzemnění pomocí ochranné země, uzemnění pomocí funkční země a ekvipotenciální propojení.[18] Tato norma je velice důležitá z hlediska umístování elektronických součástek a systémů do oděvů.

Jelikož dochází ke vzniku elektrostatického pole i při chůzi, měla by být obuv i oděv volen tak, aby docházelo k co nejmenšímu vzniku ESD a jeho akumulace do bot, těla a oděvu. Oděv je navržen tak, aby byl sám o sobě chráněn proti tomuto nežádoucímu vlivu, ale vhodnou volbou obuvi by měl být tento prvek ještě více eliminován. Následující tabulka popisuje hodnoty odporu, které by měla obuv splňovat.

Tab.1. Požadavky na uzemnění personálu [18]

Technický požadavek	Předměty pro potlačování ESD	Kvalifikace výrobku	Meze	Ověření shody	Meze
		Zkušební metoda		Zkušební metoda	
Uzemnění personálu	Obuv	IEC 61340-4-3	Vodivá: $<1 \times 10^5 \Omega$ Disipativní: $1 \times 10^5 \leq R \leq 1 \times 10^8 \Omega$	Viz. systém osoba-obuv	
	System osoba-obuv-podlaha	IEC 61340-4-5	$R < 3,5 \times 10^7 \Omega$ $R < 1 \times 10^9 \Omega$ a napětí těla $< 100 \text{ V}$		
	System osoba-obuv	Neprovádí se		IEC 61340-5-1	$R < 3,5 \times 10^7 \Omega$

Jelikož musí být implementované součástky dokonale chráněny před ESD a okolím, které by mohlo elektrostatický výboj vyvolat, musí být vhodně zapouzdřeny do pouzder a obalů, které musí splňovat následující podmínky.

Tab.2. Požadavky na obal [18]

Požadavky na obal	Předměty pro potlačování ESD	Kvalifikace výrobku	Meze
		Zkušební metoda	
	Statically disipativní	IEC 61340-2-3	$1 \times 10^5 \leq R_s < 1 \times 10^{11} \Omega$
	Vodivé	IEC 61340-2-3	$1 \times 10^2 \leq R_s < 1 \times 10^5 \Omega$
	Ionizující	IEC 61340-2-3	$R_s \geq 1 \times 10^{11} \Omega$
	Stínící před výbojem	ANSI/ESD STM11.31	< 50 nJ

#### 4.3.2 ČSN EN 61340-4-5 - Standardní zkušební metody pro specifické aplikace

Jedná se o evropskou normu udávající metody pro charakterizování elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahou v kombinaci s osobou. K účelům této práce bude sloužit systém pro měření napětí těla.[30]

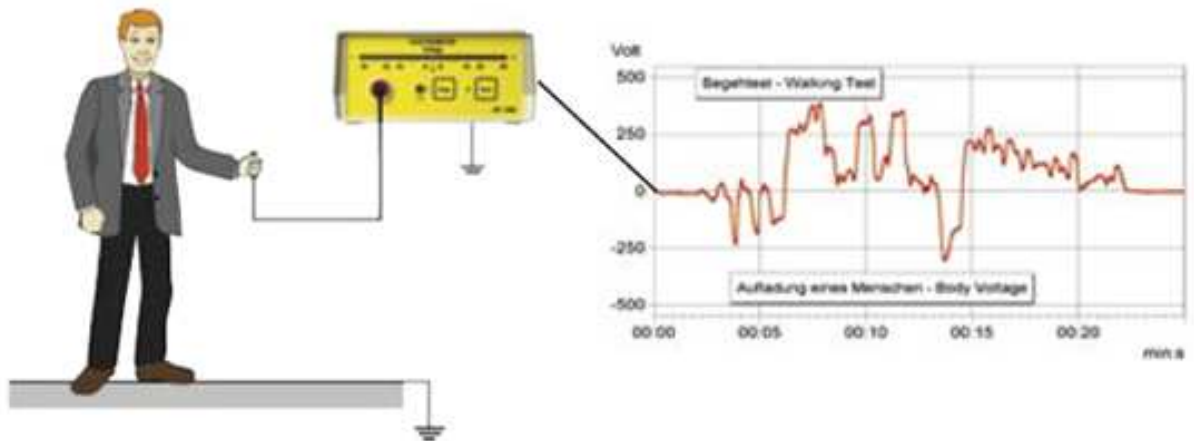
K tomuto měření je potřeba elektrostatického voltmetru, elektrody pro držení v ruce a zapisovač, který bude splňovat následující určité podmínky. Hlavními podmínkami jsou vstupní rezistence elektrostatického voltmetru vyšší nebo rovna hodnotě  $10^{14} \Omega$  a vstupní kapacita elektrostatického voltmetru, elektrody držené v ruce a přívodu menší nebo rovna hodnotě 30 pF.[30]

Zkouška probíhá v laboratorních podmínkách, kde je zaručeno vhodné uzemnění a také je provedeno vybití zkoušených předmětů před samotným měřením. Při měření je pracovník obut do určité obuvi a bez jakéhokoli klouzání se postaví určitým směrem na podlahu. Elektrodu, která je připojena k systému měření napětí těla, drží pracovník v ruce. [30]

Chůze probíhá tak, že pracovník chodí po podlahové krytině rychlostí dva kroky za sekundu určitým směrem bez vychýlení se do stran. Podrážka by měla být při chůzi ve výšce 50 až 80mm nad zemí a chůzí by měla být pokryta co největší zkoušená plocha.

Při měření by nemělo dojít ke klouzání obuvi po podlaze a celé měření by se mělo provádět, dokud nebude stoupat napětí či po dobu 60 sekund. [30]

Z výsledného grafu, který je měřením získán, je vybráno pět nejhlubších údolí a pět nejvyšších vrcholů, přičemž z údolí i vrcholů zvláště je spočítán aritmetický průměr. [30]



Obr. 9. Měření napětí na těle člověka (převzato z:[31])

#### 4.3.3 ČSN EN 61340-2-1 - Měření poklesu náboje

Tato evropská norma udává schopnost materiálů a výrobků odvádět elektrostatický náboj metodou měření poklesu náboje.[19] Jelikož chceme dosáhnout toho, aby oděv do sebe neakumuloval žádný nebezpečný elektrostatický výboj, musí tedy oděv náboj ze sebe odvádět a to tím, že je vhodně zvolen jeho materiál.

Jako metoda měření náboje pro textilní materiály slouží metoda pro měření poklesu náboje naneseného na povrch materiálu koronovým výbojem. Pokles náboje na povrchu materiálu je zaznamenáván měřicím přístrojem nebo jiným ekvivalentním přístrojem. [19]

Zkušební vzorek musí být dostatečně velký, aby pokrýval zkušební přípravek. Vzorek musí být dále řádně očištěn. Zkušební otvor je umístěn na zkoušený povrch, jsou nastaveny příslušné podmínky a proveden požadovaný počet měření poklesu náboje. Každý vzorek musí být proměřen alespoň 3x a doba mezi měřeními musí být taková, aby napětí povrchu pokleslo pod 5 % počátečního napětí. Nanášení náboje korunou je dosaženo pomocí jistého počtu vybíjecích hrotů na kružnici o průměru 1 cm umístěných 1 cm nad středem zkoušené

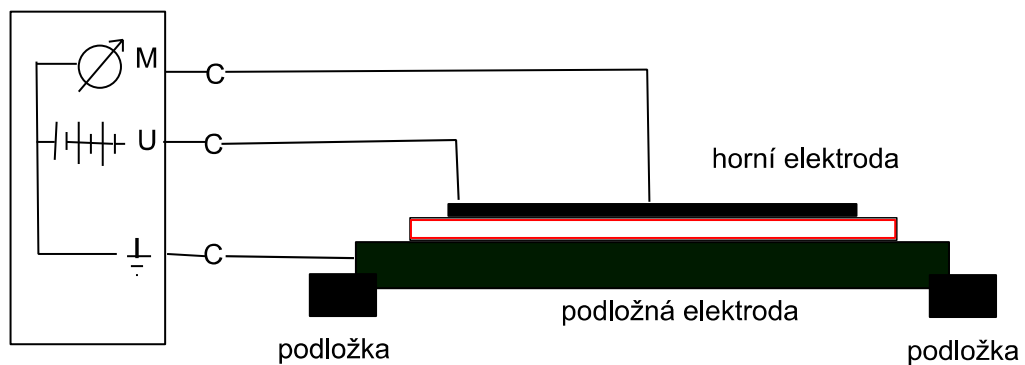
oblasti. Napětí přístroje pro toto měření je mezi 5 až 10 kV. Doba nanášení koronou musí být alespoň 20 ms. Pro měření pole je použit měřič napětí povrchu s přesností  $\pm 5$  V až pod 40 V s dobou odezvy pod 10 ms. V době nanášení náboje musí být snímací otvor snímače pole odstíněn od veškerého vysokého napětí pro napájení korony. [19] Tato metoda bude ověřena v praktické části této práce tak, že budou simulovány elektrostatické výboje do ochranného zásahového oděvu a bude se zkoumat pokles vzniklého náboje a jeho vliv na elektronické systémy.

#### 4.3.4 ČSN EN 1149-1 - Metoda měření povrchového odporu

Česká technická norma vyjadřuje elektrostatické vlastnosti ochranných oděvů, zaměřuje se na zkušební metodu pro měření povrchového měrného odporu materiálů, ze kterého je oděv vyroben a má tak zabránit zápalným výbojům. Principem této metody je umístění vzorků na izolační podložku, ke kterým je připojena soustava elektrod. K elektrodám je připojen zdroj stejnosměrného proudu, a poté měřen odpor materiálu. Naměřený odpor musí být nejméně  $10^5 \Omega$  a nejvíce  $10^{11} \Omega$ , vzhledem k tomu, že se jedná o disipativní materiály. [20]

Při tomto měření je ověřován vzorek materiálu, který by měl být napnut pod měřicí elektrodou tak, aby nedocházelo ke zkreslení naměřených hodnot. Jako vzorek pro měření slouží pět kusů oděvu, které se pohybují mezi celkovými rozměry elektrod, a před měřením by se měly podrobit pěti cyklům čištění dle normy EN 340:2003. Vzorky nesmí obsahovat švy, je třeba se jich dotýkat pouze na okrajích a měření se provádí na pěti místech každého vzorku. Před samotným měřením musí být očištěny a osušeny elektrody, provedena zkouška izolačních vlastností podložky. [20]

Samotné měření je provedeno tak, že je vzorek umístěn na podložku tak, že zkoušený povrch je obrácen nahoru a soustava elektrod je umístěna na horní povrch zkoušeného materiálu. Poté je připojeno napětí 100 V a po uplynutí 15 sekund se pomocí ohmmetru změří odpor. Pokud je odpor menší než  $10^5 \Omega$ , provede se měření proudu vhodným ampérmetrem, nebo se použije vhodně nižší napětí a provede se zápis o zkoušce. [20]



Obr.10. Zařízení pro měření povrchového odporu [20]

Horní elektroda je složena z vnitřní kruhové elektrody a vnější prstencové elektrody.

Vyjádření výsledků pro povrchový měrný odpor  $\rho$  se pro každou z pěti hodnot odporu vypočítá z rovnice:

$$\rho = kn * Re \quad (1)$$

$\rho$  - vypočtený měrný odpor

$k$  - naměřený odpor v ohmech

$Re$  - geometrický součinitel elektrody, který je roven hodnotě 19,8 [20]

Výsledek této metody se určí z velikosti naměřených hodnot. Pakliže měření probíhá správně, naměřené hodnoty se pohybují od  $10^{14} \Omega$  až téměř do nekonečně velkých hodnot, které vykazují, že je materiál oděvu dokonale antistatický.

#### 4.3.5 ČSN EN 1149-3 - Metoda pro měření snížení elstat. náboje

Slouží pro zpřesnění měření rychlosti snížení elektrostatického náboje materiálu pro výrobu oděvů. Tato norma obsahuje dvě metody zkoušení, ale s ohledem na praktickou část této práce je dostačující metoda indukčního nabíjení. [22]

Metoda indukčního nabíjení, u kterého je přímo pod měřeným vzorkem umístěna elektroda, která není v kontaktu se vzorkem. Na elektrodu je připojeno vysoké napětí. Při zvyšování množství indukovaného náboje na vzorku, skutečné pole se snižuje. Velikostí tohoto snížení se stanovuje poločas snížení náboje a ochranného faktoru. Jako elektroda pro vytváření elektrostatického pole je použit leštěný kotouč z oceli o průměru 7 cm. Prvním

krokem této metody je stanovení počátečné maximální intenzity pole bez vzorku, poté je provedeno měření se vzorkem a v poslední řadě jsou vypočteny výsledky. Pomocí vzorce: [22]

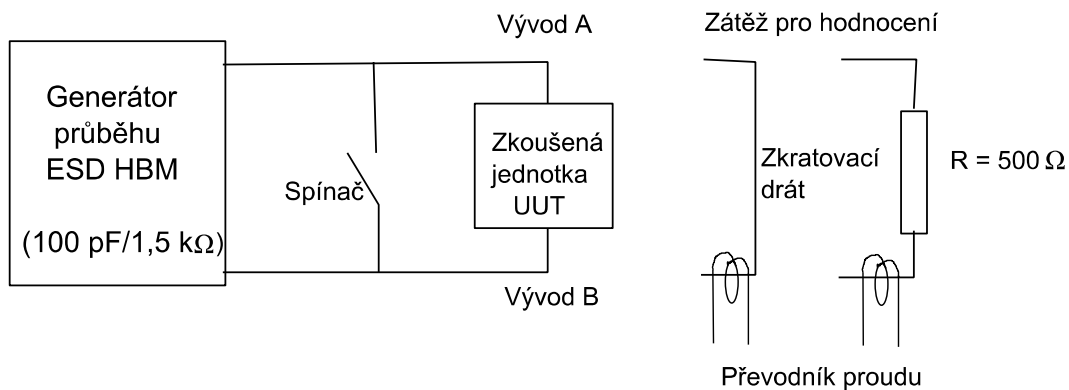
$$S = 1 - \frac{E_R}{E_{max}} \quad (2)$$

#### 4.3.6 ČSN EN 1149-5:2008 - Požadavky na oděv rozptylující náboj

Norma specifikuje materiálové a konstrukční požadavky pro oděv, který rozptyluje elektrostatický náboj používaný jako součást celkového uzemněného systému. Požadavky jsou stanoveny tak, aby nedocházelo k zápalným výbojům, ale nemusí být dostačující v hořlavém ovzduší obohaceném kyslíkem.[13] Ochranný oděv, který rozptyluje elektrostatický náboj, musí vyhovovat normě EN 340 a také požadavku  $t_{50} < 4$  s nebo  $S > 0,2$  dle zkušební metody 2 normy EN 1149-3 z roku 2004. Dalším požadavkem na materiál je hodnota povrchového odporu, která musí být menší nebo rovna hodnotě  $2,5 \times 10^9 \Omega$ . Oděv takto rozptylující elektrostatický náboj musí zajišťovat trvalé zakrytí ostatních materiálů, které tyto vlastnosti nemají, při běžném používání. Oděvy podléhající této normě mohou obsahovat vodivé části (knoflík, patent), ale jen v případě, že jsou tyto části zakryty nejsvrchnější vrstvou. Norma také upravuje požadavky na uživatele oděvu, který musí být řádně uzemněn, oděv nesmí být nošen rozepnutý, nesmí být skladován v blízkosti hořlavého prostředí, oděv nesmí být opotřeben a poničen, jinak není splněna podmínka pro platnost elektrostatické rozptylující funkce. Požadavky na vhodnou bezpečnostní obuv jsou specifikovány v normě EN ISO 20345:2004. [23]

#### 4.3.7 ČSN EN 61340-3-1 - Metoda simulace elektrostatických jevů

Norma vedená pod tímto označením se zabývá metodami simulace elektrostatických jevů, přesněji časovými průběhy elektrostatického výboje pro model lidského těla (HBM - human body model). Popisuje časové průběhy HBM ESD pro použití v obecných zkušebních metodách při zkoušení materiálů a elektronických součástek na odolnost proti ESD. Norma udává požadavky na generátor průběhu ESD HBM, který vytváří proudový impuls elektrostatického výboje a simulující HBM ESD výboj, který prochází zkoušeným materiálem. Tento generátor musí simulovat dokonalý průběh proudu výboje přes zkratovací drát i přes rezistivní zátěž. [24]



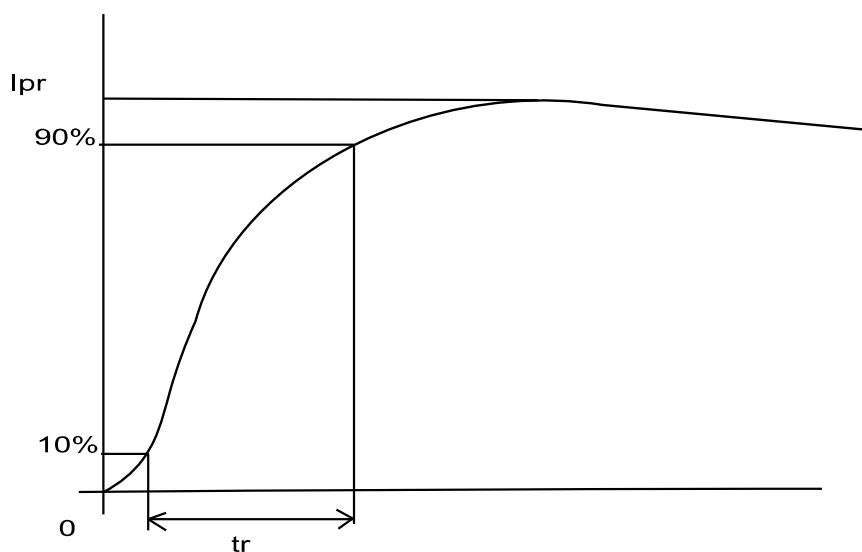
Obr.11. Zařízení pro simulování elstat. jevů [24]

Požadavky na průběh rezistivních zátěží pro  $\pm 1000$  V jsou uvedeny v následující tabulce.

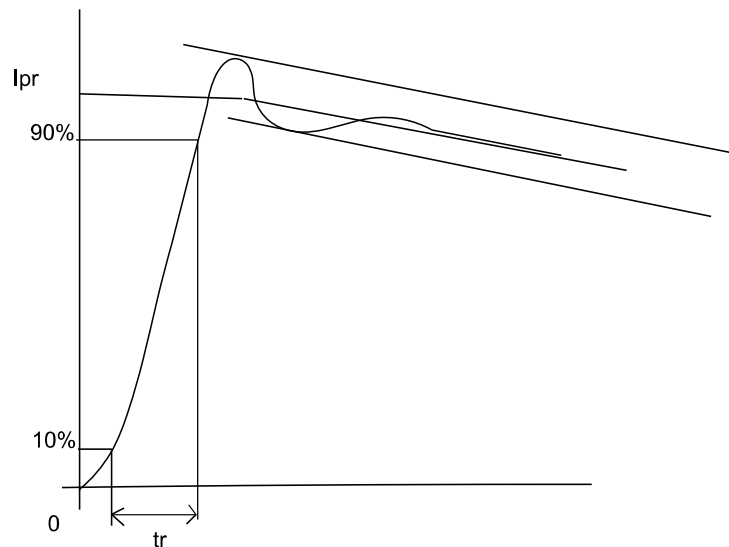
Tab. 3. Požadavky na průběh rezistivní zátěží [24]

Úroveň	Ips vrcholová hodnota proudu zkratovacím drátem [A ( $\pm 10$ %)]	Ipr vrcholová hodnota proudu rezistorem $500 \Omega$ [A]	Ekvivalentní napětí [V]
1	0,17	-	250
2	0,33	-	500
3	0,67	0,375 až 0,550	1000
4	1,33	-	2000
5	2,67	-	4000
6	5,33	-	8000

Průběhy proudu zkratovacím drátem a průběhy proudu rezistorem jsou zobrazeny v následujících grafech. [24]



Obr. 12. Průběh proudu rezistorem[24]



Obr. 13. Průběh proudu zkratovacím drátem[24]

Pro aplikaci zkoušené jednotky musí být stanoven rozsah výběru, počet impulzů, interval mezi impulzy, úroveň namáhání napětím, zkušební teplota a vlhkost a meze specifikovaného parametru. U hodnocení jednotek z hlediska ESD, které mají elektrické vývody, se musí zkoušet každý vývod zvlášť a zjišťuje se tak nejslabší kombinace pinů a práh selhání pro HBM. Měly by se vyzkoušet všechny kombinace vývodů. [24]

#### 4.3.8 ČSN EN 61340:2001 - Ochrana elektronických součástek

Norma z roku 2001 vyjadřuje všeobecné požadavky na ochranu elektronických součástek před elektrostatickými jevy. Praktická část práce je zaměřena z velké části právě na tuto metodu, kdy jsou zkoumány škodlivé účinky elektrostatických jevů na citlivé elektronické systémy integrované do obleku. [17]

## 5 Normy vztahující se na oděv - celkové, materiálové

V následujícím textu jsou přiblíženy normy, podle kterých jsou oděvy vyráběny tak, aby byly splněny veškeré nároky na ochranu lidského zdraví. Text je zaměřen na normy z hlediska požadavků na materiál.

### 5.1 Normy popisující materiál oděvu

Následující tabulka udává normy, které musí splňovat materiál oděvu (zejména tedy zásahový oděv).



Tab. 4. Důležité vlastnosti materiálů použitých na výrobu obleků [14]

Požadované hlavní vlastnosti materiálů	Zkušební metoda
Omezené šíření plamene	ČSN EN ISO 15025, metoda: A, B
Odolnost proti teplu	ISO 17493, 180°C po dobu 5 min
Prostup tepla plamenem	ČSN EN 367
Prostup tepla sáláním	ČSN EN ISO 6942, ČSN EN 366, metoda B, 20 kW/m <sup>2</sup>
Tepelná odolnost šicí nitě	ČSN EN ISO 3146
Pevnost v tahu	ČSN EN ISO 13934-1
Pevnost švů	ČSN EN ISO 13935-2
Pevnost v trhu	ČSN EN ISO 13937-2
Tepelná odolnost, odolnost proti průniku vodních par	ČSN EN 31092
Poločas rozpadu náboje t50, faktor stínění S	ČSN EN 1149-3, metoda 2
Viditelnost – retroreflexní a/nebo fluorescenční materiály	ČSN EN 471
Odolnost proti povrchovému smáčení základního materiálu	ČSN EN 24920 (min. úroveň 4, po 20 cyklech praní a sušení)
Odolnost proti průniku kapalných chemikálií základního materiálu	ČSN EN ISO 6530
Oleofobnost základního materiálu	ČSN EN ISO 14419
Tepelná odolnost základního materiálu	ISO 17493, 260 °C po dobu 5 min.
Tepelná odolnost reflexního materiálu	ISO 17493, 260 °C po dobu 5 min.

## 5.2 Normy stanovené pro oděvy jako celek

Další blok je věnován normám, které jsou uvedeny jako záruka kvality u každého ochranného oděvu.

### 5.2.1 ČSN EN 469:2006 - Technické podmínky ochranného oděvu

Norma specifikuje ochranné oděvy pro hasiče. Požadavky a zkušební metody pro ochranné oděvy hasičů. [9]

Tato norma poskytuje informace o minimálních požadavcích potřebných k technickému provedení ochranných oděvů pro hasiče při likvidaci mimořádných událostí a živelných pohrom.[10] Tato norma myslí i na nenadálé situace, při kterých může být

oblek postříkán kyselinou či hořlavou látkou, avšak tato norma se nezabývá přímo předpisy pro zásahový oblek určený ke styku s chemikáliemi či toxickými a těkavými látkami. [11]

Technické podmínky ochranného oděvu jsou splněny tehdy, když:

- Ochranný oděv musí splňovat veškeré požadavky týkající se ČSN EN 469 a ČSN EN 1149-1.
- Použitelnost ochranného oděvu musí být podmíněna zajištěním příslušného stupně ochrany hasiče před účinky tepla, plamene, mechanických rizik a pronikání vody při zásahu.
- Materiál vrchní vnější oděvní součásti je trvale antistatický.
- Po odborných opravách ochranného oděvu se vlastnosti obleku nemění.
- Ochranný oblek lze prát ve vodě 60 °C teplé při dodržení požadavků ČSN EN 469.[11]

### 5.2.2 ČSN EN ISO 13688 - Požadavky na provedení oděvu

Jedná se o mezinárodní normu, která je normou obecnou. Nahradila stávající normu ČSN EN 340:2004, která již od 1. 2. 2014 není platná. Tato norma udává požadavky na provedení ochranných oděvů z hlediska ergonomie, nezávadnosti, označení velikostí, stárnutí, kompatibility a značení ochranných oděvů.

Zmiňovaná norma nemůže být používána samostatně, ale pouze v kombinaci s normou obsahující konkrétní požadavky na provedení výrobku poskytujícího ochranu, jako je například norma z roku 2006 s označením ČSN EN 469. [13]

### 5.2.3 ČSN EN 343:2004 - Požadavky proti dešti

Tato norma upravuje volbu použitého materiálu tak, aby byl odolný proti dešti. Oděv nesmí pohlcovat dešť, ale naopak musí docházet k jeho odpuzování a odvodu z obleku.

### 5.2.4 ČSN EN 533 - Omezení šíření plamene

Norma je odvozena od evropské normy EN 533:1997, která má status české technické normy. Stanovuje technické požadavky na vlastnosti materiálů a sestav materiálů s omezeným šířením plamene používaných pro ochranné oděvy. Norma se dále zabývá ochranou používaných materiálů proti teple. ČSN EN 533 byla vydána v červnu 1998.[15]

## 6 Praktická část práce - měření

Pro praktickou část měření bylo vybráno ověření norem a metod na zásahovém oděvu, který je vyvíjen v rámci evropského projektu několika organizacemi, z nichž hlavní je Západočeská univerzita a má v sobě implementovány elektronické systémy. Praktická část se zaměřuje na ověření funkčnosti elektronických systémů v zásahovém obleku v laboratorních podmínkách. Především jsou testovány vlivy elektrostatických jevů a výbojů na zásahový oblek a na zařízení, která mohou být vlivem elektrostatického výboje poškozena. Praktická část také ověřuje, zda při narušení některé z elektroniky, nemůže dojít k ohrožení života záchranáře, který se v reálném prostředí bude pohybovat.

Měřením bylo zjištěno, zda je vlivem elektrostatického výboje narušena funkčnost součástky, nebo její trvalé zničení, či zda je oblek dostatečně chráněn a k žádné újmě na obleku nedojde.

### 6.1 Měření povrchového odporu

Měření bylo provedeno na základě normy ČSN EN 1149-1 - Metoda měření povrchového odporu a probíhalo v laboratorních podmínkách při teplotě 22,9°C a vlhkosti 29%. Při měření povrchového odporu bylo ověřeno celkem deset částí obleku, které by měly být odolné vůči ESD.

#### *Použité měřicí přístroje:*

- Měřicí přístroj METRISO 2000
- Měřicí elektroda a izolační destička

#### *Měřené části oděvu:*

- Svrchní část -záda, rukáv
- Gumová ochrana na ramenou
- Reflexní pásy
- Vnitřní část - podšívka
- Gumový vnitřní lem
- BCU jednotka - baterie

- CPU\_3 - komunikační systém (displej)
- Upevnění systémů - pouzdro
- Vnitřní část pouzdra
- Elektronické součástky



*Obr. 14. Svrchní část*



*Obr. 15. Gumová ochrana na ramenu*



*Obr. 16. Reflexní pásky*



*Obr. 17. Vnitřní část - podšívka*



*Obr. 18. Vnitřní gumová část*



*Obr. 19. CPU jednotka*





Obr. 20. Zapouzdření čidla teploty (starší upevnění)



Obr.21. Vnitřní část pouzdra a pouzdro (nové upevnění)

Veškeré zásahové oděvy dle výrobce splňují pouze normy ČSN EN 469:2006+změna A1, ČSN EN 343+A1:2008, ČSN EN 1149-5:2008 a ČSN EN 340:2004. Úkolem této zkoušky bylo ověřit, zda hodnoty odporů budou odpovídat i normě ČSN EN 1149-1 a nemůže tak dojít k zápalným výbojům na povrchu oděvu a zničení elektronických zařízení.

**Postup:** Pro měření bylo vybráno deset částí zásahového oděvu, přičemž každá část je změřena na pěti různých místech.



Obr.22. Izolační podložka, měřící elektroda a zátěž

Každá část oděvu byla vložena mezi izolační podložku a měřící elektrodu, přičemž měřený povrch byl umístěn na stranu elektrody. K elektrodě bylo připojeno 100 V, měřený vzorek byl pevně rozprostřen tak, aby nedošlo k jeho nerovnostem a následnému zkreslení výsledných naměřených hodnot. Měřící elektroda byla zatížena závažím pro větší přilnavost elektrody k izolační podložce. Poté byl měřen povrchový odpor každé zvolené části oděvu na pěti různých místech.

#### Naměřené hodnoty v $\Omega$ :

Tab. 5. Měření povrchové rezistivity

Povrch	Resd1 [ $\Omega$ ]	Resd2 [ $\Omega$ ]	Resd3 [ $\Omega$ ]	Resd4 [ $\Omega$ ]	Resd5 [ $\Omega$ ]
Svrchní část	$14,1 \cdot 10^6$	$14,8 \cdot 10^6$	$18,5 \cdot 10^6$	$14,4 \cdot 10^6$	$20,4 \cdot 10^6$
Gumová ochrana	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$
Reflexní pásy	$976 \cdot 10^6$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$972 \cdot 10^6$	$986 \cdot 10^6$
Podšívka	$54,2 \cdot 10^6$	$51,2 \cdot 10^6$	$38,7 \cdot 10^6$	$40,7 \cdot 10^6$	$46 \cdot 10^6$
Gumový vnitřní lem	$978 \cdot 10^6$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$
BCU jednotka	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$
CPU3	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$
Pouzdro	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$	$>1 \cdot 10^9$
Vnitřní část pouzdra	$637 \cdot 10^6$	$582 \cdot 10^6$	$12,7 \cdot 10^6$	$11,9 \cdot 10^6$	$7,6 \cdot 10^6$



Jelikož se jedná o materiály, které jsou antistaticky upravené, a nemělo by u nich dojít k zápalným výbojům, měla být naměřená hodnota odporu menší než  $10^{11} \Omega$ , ale zároveň nesměla být hodnoty menší než  $10^5 \Omega$ . Tyto hodnoty jsou dány normou ČSN EN 61340-5-3. Je-li naměřená hodnota v daném rozsahu, nedojde na povrchu materiálu k zápalným výbojům.[32]

Z výsledných naměřených hodnot je patrné, že k zápalným výbojům na povrchu oděvu nemůže dojít, vzhledem k tomu, že se hodnoty pohybují v rozmezí od  $7,6 \cdot 10^6 \Omega$  až do hodnot vyšších než  $1 \cdot 10^9 \Omega$ . Výsledné hodnoty nevykazují nebezpečí vzniku výboje a následné poničení implementovaných elektronických systémů umístěných na povrch oděvu.

## 6.2 Měření elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahou v kombinaci s osobou

Měření bylo provedeno na základě normy ČSN EN 61340-4-5 Standardní zkušební metody pro specifické aplikace - Metody charakterizování elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahou v kombinaci s osobou, přičemž byla měřena schopnost akumulace náboje (nabíjení těla). Při měření byl použit i antistatický a ESD zemnicí náramek na ruku, který zaručuje uzemnění jeho nositele při manipulaci s citlivými součástkami.

### *Použité měřicí přístroje:*

- Elektrostatický voltmetr
- Elektroda pro držení v ruce
- Počítač
- Antistatický a uzemňovací náramek

### *Měřené kombinace:*

- Obuv i oděv pro každodenní nošení
- Obuv i oděv pro každodenní nošení, náramek
- Zásahová obuv, oděv pro každodenní nošení
- Zásahová obuv, oděv pro každodenní nošení, náramek
- Obuv pro každodenní nošení, zásahový oděv
- Obuv pro každodenní nošení, zásahový oděv, náramek
- Zásahová obuv, zásahový oděv
- Zásahový obuv, zásahový oděv, náramek

**Postup:**

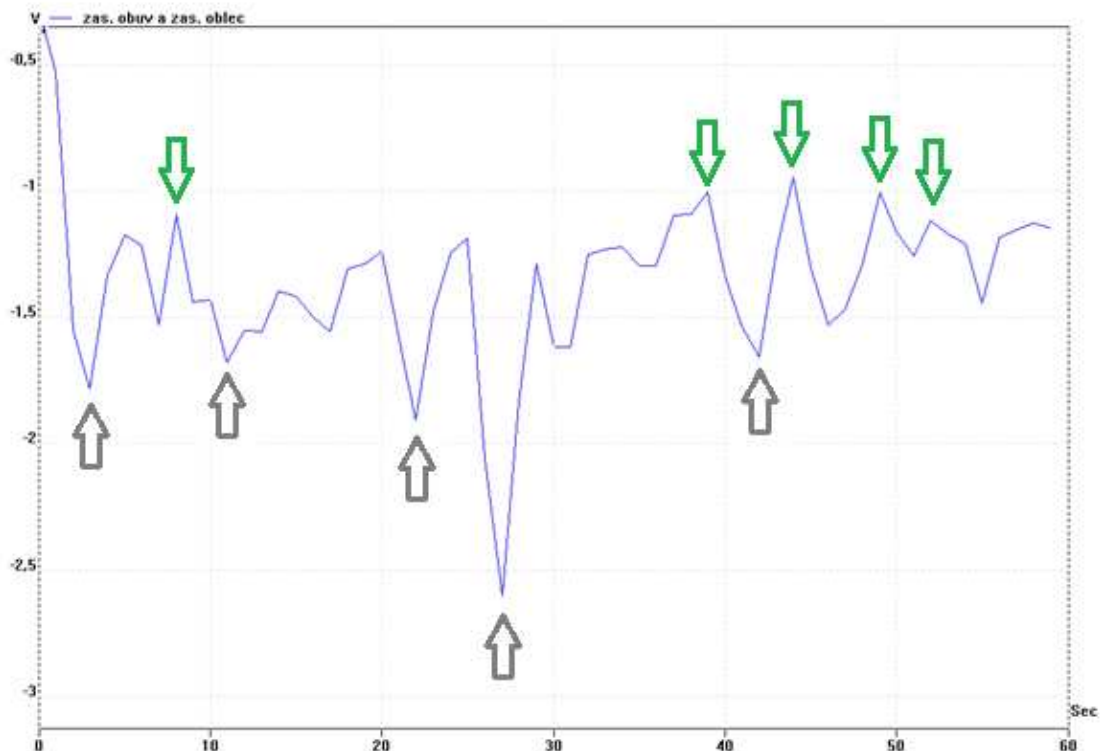
Měření probíhalo tak, že člověk, který měření prováděl, držel v ruce elektrodu a v určité kombinaci obuvi, oblečení a s uzemňovacím náramkem nebo bez něho se pohyboval rychlostí 2 kroky za sekundu v přímém směru tam a zpět po dobu 60 sekund, aniž by došel k překážce, která by mohla měření zkreslit.

Při tomto měření byla každá kombinace odměřena třikrát a z výsledných grafů byl z každé kombinace vybrán jeden graf, u kterého byl proveden průměr z naměřených hodnot maxima a minima vynásobený stem.

U každého grafu bylo poté vybráno pět nejvyšších (P1-P5) a pět nejnižších hodnot (T1-T5), ze kterých byl vypočítán aritmetický průměr. Výslednou hodnotou byla zjištěna velikost akumulace náboje do těla s ohledem na použitý oděv a obuv. Měřením byla zjišťována hodnota záporné polarita těla.

**Graf:**

- Měření se zásahovou obuví a zásahovým oděvem



Obr.23. Měření - kombinace 7

**Pět nejvyšších vrcholů:**

P1= -175 V

P2= -170 V

P3= -180 V

P4= -260 V

P5= -165 V

Aritmetický průměr: Pc= -190 V

**Pět nejnižších vrcholů:**

T1= -115 V

T2= -125 V

T3= -100 V

T4= -90 V

T5= -100 V

Arit. průměr: Tc= -106 V

Další naměřené grafy různých kombinací jsou v přílohách této práce. Vypočítané hodnoty těchto dalších kombinací, jsou znázorněny v následující tabulce.

Tab.6. Průměrné hodnoty jednotlivých kombinací

Měřené kombinace	Akumulovaná hodnota	
	Nejvyšší	Nejnižší
	Pc [V]	Tc [V]
Obuv i oděv pro běžné nošení	<b>-104,4</b>	-58,7
Obuv i oděv pro běžné nošení a náramek	-86,2	-48,7
Zásahová obuv, oděv pro běžné nošení	<b>-174</b>	-97,4
Zásahová obuv, oděv pro běžné nošení a náramek	<b>-180,6</b>	-76
Obuv pro běžné nošení, zásahový oděv	<b>-120,6</b>	-72,6
Obuv pro běžné nošení, zásahový oděv a náramek	-28,6	-9,92
Zásahová obuv i oděv	<b>-190</b>	<b>-106</b>
Zásahová obuv i oděv a náramek	-66,2	-20,2

Z výsledné tabulky je patrné, že největší hodnoty akumulace náboje jsou u zásahové obuvi i oděvu. Jedním z důvodů, proč jsou nejvyšší hodnoty právě u této kombinace, jsou způsobeny tím, že podšívka zásahového kabátu není z antistatického materiálu a dochází tak k velikému množství akumulace do oděvu a těla.

Jelikož při měření pracujeme s velmi citlivými elektronickými systémy umístěnými v oděvu, měli by se naměřené hodnoty akumulovaného napětí do těla pohybovat do 100 V. V tabulce jsou zvýrazněny hodnoty, které toto kritérium nesplňují a tak nesplňují danou normu a aby nedošlo k porušení a zničení implementované elektroniky, musí být elektronika dále chráněna a zapouzdra.

### 6.3 Měření akumulace náboje do oděvu

Měření bylo provedeno na základě normy ČSN EN 61340-3-1:2006 - Metody simulace elektrostatických jevů - časové průběhy elektrostatického výboje pro model lidského těla (HBM). Při měření byly vytvářeny proudové impulzy elektrostatického výboje do různých částí oděvu a měřena jejich akumulace.

#### *Použité přístroje:*

- Generátor průběhu EM TEST ESD 30
- Hlavice 150 pF - půlkulaté jiskříště
- Měřič elektrostatického pole pro měření elektrostatického napětí



Obr. 24. Generátor průběhu



Obr. 25. Hlavice s půlkulatým jiskřištěm



Obr.26. Měřicí přístroj pro měření indukovaného napětí

### **Postup:**

Měření probíhalo tak, že v první řadě byla zjištěna hodnota napětí na různých místech oděvu bez jakéhokoli předchozího výboje pomocí měřicího přístroje pro měření elektrostatického napětí. Pro správné měření musel být oděv uzemněn přes odpor o velikosti 1 M $\Omega$ . Další fáze měření bylo pomocí generátoru průběhů a hlavice. Pomocí těchto přístrojů byly vytvářeny výboje do různých částí oděvu a poté měřena indukce napětí na části, kde došlo k výboji, nebo i na části, kam se výboj mohl přenést.

Tab.8. Výboje do částí oděvu a následná akumulace

Místo výboje	Hodnota výboje	Hodnota akumulace	Místo akumulace
Svrchní část	300 V	100 V	Svrchní část
	600 V	300 V	Svrchní část
	1 kV	795 V	Svrchní část
	1,3 kV	104 V	Svrchní část
	1,7 kV	1,3 kV	Svrchní část
	2 kV	1,46 kV	Svrchní část
	300 V	40 V	Podšívka
	600 V	185 V	Podšívka
	1 kV	345 V	Podšívka
	1,3 kV	546 V	Podšívka
	1,7 kV	905 V	Podšívka
	2 kV	1,06 kV	Podšívka
Podšívka	2kV	412 V	Svrchní část
Guma, reflexní pás	2kV	30 V	Svrchní část
Senzor	2kV	60 V	Svrchní část

Z této tabulky je patrné, že pakliže byl výboj vytvářen do gumové části či reflexního pásu, nedochází k téměř žádné akumulaci do materiálu. Je-li výboj přiveden do senzoru, dochází také k malé indukci do oděvu. Textilní část do sebe ale indukuje nejvyšší hodnotu napětí, proto byl při měření brán největší zřetel. Hodnoty akumulace náboje ze svrchní části oděvu do podšívky jsou velmi vysoké.

Následující tabulka zobrazuje, zda může dojít při velkém výboji nejen k ohrožení zdraví, ale také k poruše elektronického zařízení.

Tab.9. Funkce čidla a BCU jednotky při výbojích

Povrch	Funkčnost	
	Čidlo	BCU jednotka
1kV	Neměnná	Neměnná
2kV	Neměnná	1x výpadek (10 min)
3kV	Neměnná	Neměnná
4kV	Neměnná	Neměnná
5kV	Neměnná	Neměnná
6kV	Neměnná	Neměnná
7kV	1x výpadek na několik s	Neměnná
8kV	Neměnná	Neměnná

Při měření byly vytvářeny výboje od 1 kV do 8 kV do čidla a BCU jednotky tak, jak udává příslušná norma. Pro každou nastavenou hodnotu byl proveden výboj do čidla i BCU jednotky desetkrát. Z naměřené tabulky je patrné, že při dvou případech z celkových 160 došlo k výpadku zařízení vlivem výboje, tudíž lze tento jev považovat za náhodný nikoli pravidelný.

Při výboji 2 kV do BCU jednotky došlo k jejímu vypnutí, a při opětovném zapnutí nešlo deset minut navodit komunikaci mezi BCU jednotkou a oblekem. Tato hodnota byla pro ověření vyzkoušena v cca padesáti výbojích. Při žádném z dalších výbojů k žádnému nežádoucímu přerušení komunikace nedošlo.

#### **6.4 Měření akumulace náboje - simulace reálného prostředí (vysoké napětí)**

V tomto měření bylo simulováno reálné prostředí, kde může dojít k velmi vysokému napětí. Celé měření bylo provedeno v laboratoři vysokého napětí na Západočeské univerzitě v Plzni.

##### ***Postup:***

Akumulace náboje do oděvu byla měřena tak, že oděv byl umístěn do prostoru, kde postupně docházelo k výbojům o velmi vysoké hodnotě napětí. Při měření se neměnila vzdálenost oděvu od kulových jiskřišť, kde docházelo k výbojům, ale měnila se pouze vzdálenost mezi kulovými jiskřišti. Postupně byla proměřena vzdálenost kulových jiskřišť od jednoho centimetru do tří centimetrů s rozpětím půl centimetru.

CPU jednotka i měřicí přístroj pro měření hodnoty elektrického pole byly umístěny také do prostoru vysokého napětí. Měření bylo rozděleno na dvě části. V první části měření byla měřena hodnota elektrického pole bez uzemnění oděvu přes odpor. V druhé části byl oděv měřen při uzemnění přes odpor o hodnotě 1 M $\Omega$ .

Následující tabulky zobrazují naměřené hodnoty při určitých podmínkách.

Tab.10. Měření el. pole při vysokém napětí bez uzemnění

Vzdálenost elektrod	Naměřené elektrické pole		Stav
	Průrazné napětí [kV/m]	Bez uzemnění oděvu [kV/m]	
1 cm	21	10	Nefunkční
1,5 cm	30	10,5	Funkční
2 cm	38,8	11,2	Funkční
2,5 cm	48,1	11	Nefunkční
3 cm	Neměřeno	Neměřeno	Neměřeno

Tab.11. Měření el. pole při vysokém napětí s uzemněním

Vzdálenost elektrod	Naměřené elektrické pole		Stav
	Průrazné napětí [kV/m]	Bez uzemnění oděvu [kV/m]	
1 cm	21,15	10,1	Nefunkční
1,5 cm	30,5	10,8	Nefunkční
2 cm	39	10,7	Funkční
2,5 cm	47,5	10,8	Nefunkční
3 cm	57	10,8	Nefunkční

Následující tabulky udávají nestabilitu zařízení v prostředí, kde může dojít k výboji o velmi vysoké hodnotě napětí. Jelikož došlo k výpadku v 6 případech z devíti měřených, je patrné, že se nejedná o náhodný jev, ale o pravidelnou nestabilitu při vysokých hodnotách.

#### **Výsledek měření:**

Při měření bylo sledováno, že dochází k častým výpadkům měřicího přístroje elektrického pole, ale také k výpadkům komunikace mezi CPU jednotkou a oblekem. Pro obnovení činnosti muselo dojít k restartu celé komunikační procesorové jednotky. Po restartu v několika vteřinách došlo k obnovení činnosti.



## Závěr

V této práci byly popsány elektronické systémy implementované do oděvů. Byly popsány jednotlivé možné systémy, které se dají do oděvů umístit. Práce také obsahuje jednotlivé normy, kterým elektronické systémy podléhají a zároveň normy, kterým podléhají samotné oděvy.

V praktické části byla ověřena funkčnost systémů v elektrostatickém prostředí a také vhodnost umístění systémů do oděvu. Měřením povrchového odporu bylo zjištěno, že všechny části oděvu jsou chráněny proti vzniku výboje na jeho povrchu (všechny naměřené hodnoty se pohybují v rozmezí mezi  $10^5 \Omega$  a  $10^{11} \Omega$ ).

Při měření elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahou v kombinaci s osobou bylo proměřeno několik variant obuvi a oblečení (celkem 8). Jelikož jsou do oděvu implementovány velmi citlivé elektronické systémy, naměřené hodnoty akumulovaného napětí do těla by se měly pohybovat do 100 V. Měřením bylo zjištěno, že u pěti z osmi kombinací je hodnota napětí větší, a tak musí být elektronika v oděvu zapouzďena, aby nedošlo k jejímu poničení.

Při měření akumulace náboje do oděvu bylo zjištěno, že gumové a reflexní části oděvu mají nejmenší schopnost akumulace náboje (z vývoje 2 kV akumulace pouhých 30V). Další velmi odolnou částí je samotná elektronika. Opakem je svrchní část oděvu, která do sebe akumuluje přibližně třetinovou hodnotu a přibližně poloviční hodnotu přenese do podšívky (ze 2 kV do svrchní části akumulace necelých 1,5 kV do svrchní části a více než 1 kV do podšívky). Následkem toho mohou být menší výpadky elektronických systémů nebo jejich vzájemné komunikace.

Další možné výpadky zařízení byly ověřeny v prostoru s vysokým napětím, které mělo simulovat reálné prostředí. V tomto prostředí bylo do oděvu akumulováno cca 10 kV a docházelo v mnoha případech k přerušení komunikace mezi oděvem a CPU jednotkou. Při jednotlivých kolizích bylo zaznamenáno, že k obnově došlo v některých případech samo, v jiných muselo dojít k obnovení komunikace pomocí restartu.

Z měření je patrné, že byly splněny body zadání práce, a že vytvořený systém (oděv s implementovanou elektronikou) je stabilní pouze do určité hodnoty napětí. Při vysokých hodnotách napětí je systém nestabilní a dochází k jeho výpadkům. Tento jev by mohl být velice nežádoucí při pohybu v reálném prostředí, kdy by mohlo dojít k ohrožení života zasahujícího hasiče.

Výslednými použitými metodami byl zhodnocen oděv s implementovanou elektronikou jako celek. Výsledné použité metody jsou ke zhodnocení dostačující. Z měření a naměřených výsledků je patrné, že použité metody lze implementovat i pro zhodnocení jiných elektronických systémů v oděvech z hlediska ochrany proti ESD při jejich dalším ochranném zapouzdření.

## Seznam literatury

- [1] APPLYCON. [online]. 2006. vyd. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.applycon.cz/>
- [2] Technická univerzita v Liberci: Fakulta textilní. *Applycon s.r.o.* [online]. 2006. vyd. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/projekty/KITTOP/download/firmy/applycon.pdf>
- [3] Smart At Fire. *Smart@Fire* [online]. 10.10.2013 [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.smartatfire.eu/>
- [4] Textronics: Energy-activated Fabrics. [online]. 2014 [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.textronicsinc.com/>
- [5] ZOLL Medial Corporation: Life Vest. [online]. 2014 [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://lifevest.zoll.com/>
- [6] ABC: News in science. [online]. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.abc.net.au/>
- [7] MATEO: TeTRIInno SMARTEX. [online]. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: [www.mateo.ntc.zcu.cz/doc/Stav.doc](http://www.mateo.ntc.zcu.cz/doc/Stav.doc)
- [8] Smart At Fire. *Company presentation* [online]. Brusel 10.10.2013 [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.smartatfire.eu/media/32061/Final-event-Company-presentations.pdf>
- [9] Hasičský záchranný sbor České Republiky: Normy pro ochranné oděvy. [online]. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: [www.hzscr.cz/soubor/normy-ochranne-odevy-xls.aspx](http://www.hzscr.cz/soubor/normy-ochranne-odevy-xls.aspx)
- [10] Technická univerzita Ostrava: Fakulta bezpečnostního inženýrství. STANĚK, David. *Hodnocení komfortu ochranných oděvů příslušníků jednotek PO za standardních a extrémních podmínek při zásahu* [online]. 30.4.2008. [cit. 2014-12-15].
- [11] Technické normy: Zákony, vyhlášky a technické normy. [online]. 1.5.2006. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.technickenormy.cz/csn-en-469-ochranne-odevy-pro-hasice-technicke-pozadavky-na-ochranne-odevy-pro-hasice/>
- [12] Hasiči Kežlice: Správné ustrojení hasiče pro zásah. [online]. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.hasicikezlice.cz/>
- [13] ŘEZNÍČEK, Ing. Jiří. TECHNOR: Bezpečnostní tabulky a normy ČSN. [online]. 02/2014 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: [http://www.technicke-normy-csn.cz/832701-csn-en-iso-13688\\_4\\_94488.html](http://www.technicke-normy-csn.cz/832701-csn-en-iso-13688_4_94488.html)

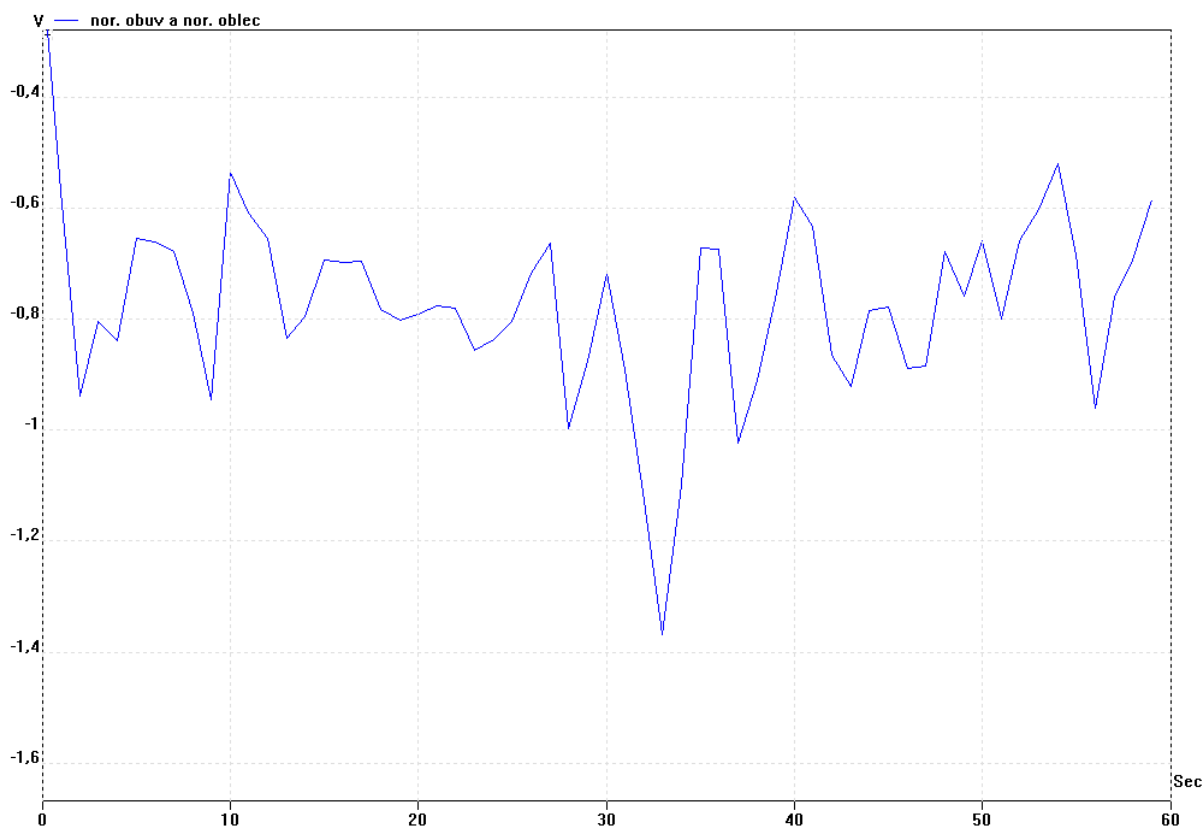
- [14] HOSPODÁŘSKÁ KOMORA ČESKÉ REPUBLIKY: TECHNICKÉ PODMÍNKY JEDNOVRSTVÉHO OCHRANNÉHO ODĚVU PRO LIKVIDACI POŽÁRŮ VE VENKOVNÍM PROSTŘEDÍ. [online]. 1999 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: [www.komora.cz/Files/PripominkovaniZakonu/Materialy/207\\_material.doc](http://www.komora.cz/Files/PripominkovaniZakonu/Materialy/207_material.doc)
- [15] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: ČSN online. [online]. 1.6.1998 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://csnonline.unmz.cz/Detailnormy.aspx?k=51822>
- [16] ETSI: World Class Standarts. [online]. 12/2009 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/300200\\_300299/30022002/02.03.01\\_30/en\\_30022002v020301v.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300200_300299/30022002/02.03.01_30/en_30022002v020301v.pdf)
- [17] KÜNZEL, Karel. Ochrana citlivých součástek a zařízení před škodlivými účinky elektrostatických jevů: ČVUT V PRAZE, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektrotechnologie. [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: [http://martin.feld.cvut.cz/~kuenzel/13TAK/13TAK\\_ESD.pdf](http://martin.feld.cvut.cz/~kuenzel/13TAK/13TAK_ESD.pdf)
- [18] IEC 61340-5-1. *Ochrana elektronických součástek před elektrostatickými jevy: Všeobecné požadavky*. Český normalizační institut, 1998
- [19] ČSN EN 61340-2-1. *Metody měření: Schopnost materiálů a výrobků odvádět elektrostatický náboj*. Český normalizační institut, 05/2003.
- [20] ČSN EN 1149-1. *Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti: Část 1: Zkušební metoda pro měření povrchového měrného odporu*. Český normalizační institut, 1997.
- [21] ČSN EN 1149-2. *Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti: Část 2: Zkušební metoda pro měření vnitřního odporu*. Český normalizační institut, 1998.
- [22] ČSN EN 1149-3. *Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti: Část 3: Metody zkoušení pro měření snížení náboje*. Český normalizační institut, 2004.
- [23] ČSN EN 1149-5. *Ochranné oděvy - Elektrostatické vlastnosti: Část 5: Materiálové a konstrukční požadavky*. Český normalizační institut, 2008.
- [24] ČSN EN 61340-3-1. *Elektrostatika - Část 3-1: Metody simulace elektrostatických jevů: Časové průběhy elektrostatického výboje pro model lidského těla (HBM)*. Český normalizační institut, 2008.
- [25] BEST dárky. [online]. 2011. vyd. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.bestdanky.cz/tricko-s-ekvalizerem-model-c-velikost-xl-p-2237.html>
- [26] Cool Mania. [online]. 2015. vyd. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.coolmania.cz/party/led-tricka/svitici-tricko-s-ekvalizerem>

- [27] Objevit.cz. KRČMÁŘ, Michal. *IT magazín, zprávy a novinky ze světa IT* [online]. 2015. vyd. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://objevit.cz/inteligentni-podprsenka-t44281>
- [28] HW server s.r.o.: hw.cz. [online]. 2014. vyd. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/esd-electrostatic-discharge.html>
- [29] POŽÁRNÍ BEZPEČNOST: hasičská a záchranářská technika, výzbroj a výstroj. [online]. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.vyzbrojna.cz/cz/1003/2385/patriot-zasahovy-komplet-s-napisem-hasici.html>
- [30] ČSN EN 61340-4-5. *Standardní zkušební metody pro specifické aplikace: Metody charakterizování elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahou v kombinaci s osobou*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [31] SMtronic: Zařízení a materiály pro elektrotechniku. *SMtronic s.r.o.* [online]. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.smtronic.cz/produkty/antistatika/pristroje/meridla.htm>
- [38] ČSN EN 61340-5-3. *Elektrostatika - Část 5-3: Ochrana elektronických součástí před elektrostatickými jevy: Klasifikace vlastností a požadavky na obaly určené pro součástky citlivé na elektrostatické výboje*. 2010. vyd. Český normalizační institut.
- [39] Západočeská univerzita v Plzni: Cena za nejkreativnější počín ZČU. [online]. 2014 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <https://www.zcu.cz/media/zebrik-2013/>
- [40] NĚMCOVÁ, Barbora. Vědci vyvinuli oblek pro hasiče, dokáže sledovat životní funkce i žár. [online]. [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: [http://plzen.idnes.cz/vedci-chytry-zasahovy-oblek-hasici-dud-/plzen-zpravy.aspx?c=A140304\\_145440\\_plzen-zpravy\\_pp](http://plzen.idnes.cz/vedci-chytry-zasahovy-oblek-hasici-dud-/plzen-zpravy.aspx?c=A140304_145440_plzen-zpravy_pp)

## Příloha 1

## Měření elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahy v kombinaci s osobou

- Měření obuvi i oděvu pro každodenní nošení



Obr.27. Měření-kombinace 1

**Pět nejvyšších vrcholů:**

P1= -87 V

P2= -100 V

P3= -110 V

P4= -137,5 V

P5= -87,5 V

Aritmetický průměr: Pc= -104,4 V

**Pět nejnižších vrcholů:**

T1= -52 V

T2= -63 V

T3= -63,5 V

T4= -59 V

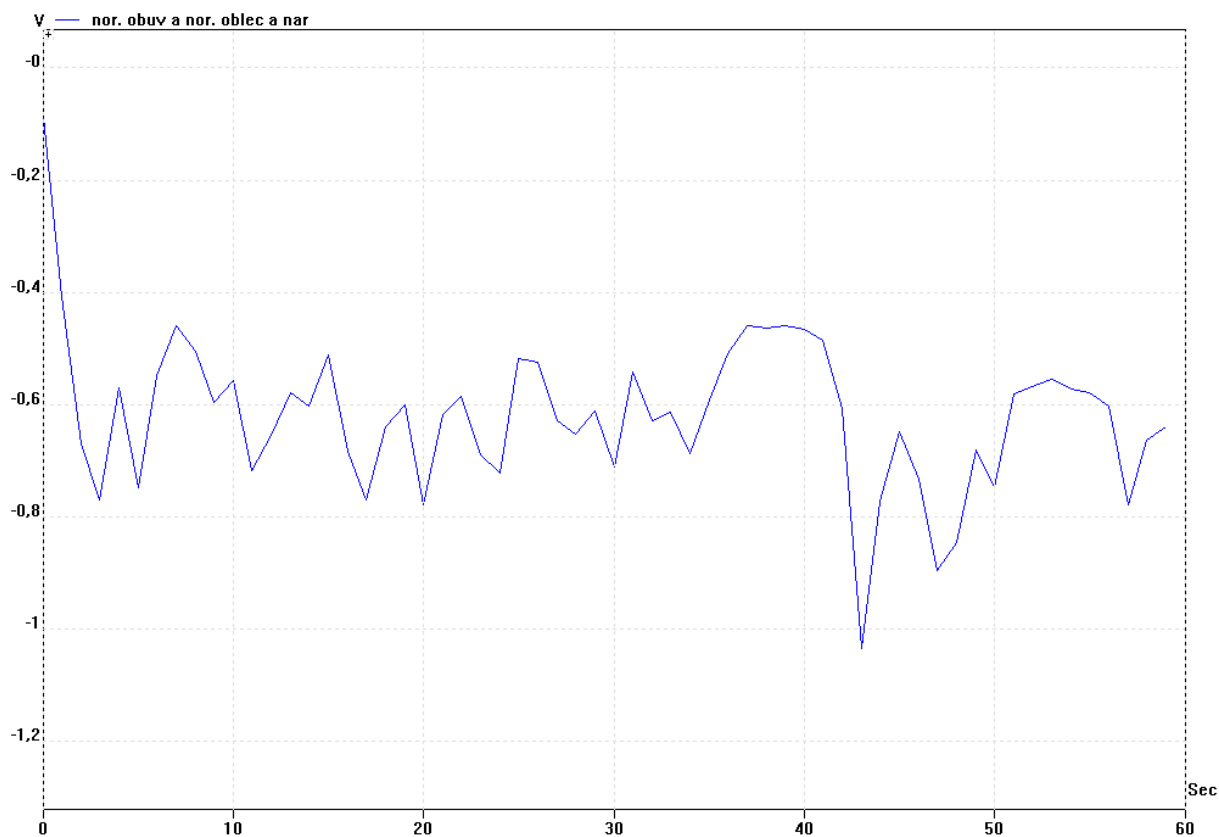
T5= -56 V

Aritmetický průměr: Tc= -58,7 V

## Příloha 2

## Měření elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahy v kombinaci s osobou

- Měření obuvi i oděvu pro každodenní nošení



Obr.28. Měření - kombinace 2

**Pět nejvyšších vrcholů:**

P1= -79 V

P2= -79,5 V

P3= -103 V

P4= -90 V

P5= -79,5 V

Aritmetický průměr: Pc= -86,2 V

**Pět nejnižších vrcholů:**

T1= -43,5 V

T2= -50 V

T3= -52 V

T4= -44 V

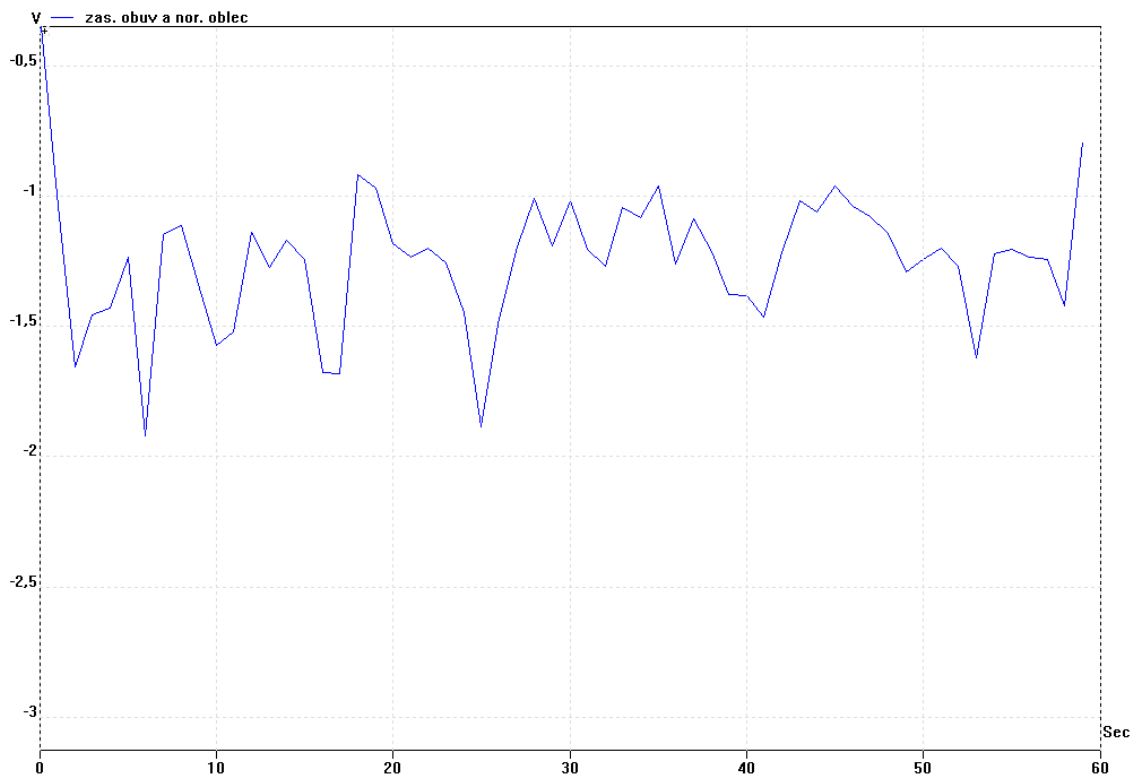
T5= -54 V

Aritmetický průměr: Tc= -48,7 V

## Příloha 3

## Měření elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahy v kombinaci s osobou

- Měření zásahové obuvi, oděvu pro každodenní nošení



Obr.29. Měření - kombinace 3

**Pět nejvyšších vrcholů:**

P1= -165 V

P2= -190 V

P3= -185 V

P4= -170 V

P5= -160 V

Aritmetický průměr: Pc= -174 V

**Pět nejnižších vrcholů:**

T1= -90 V

T2= -100 V

T3= -105 V

T4= -95 V

T5= -97 V

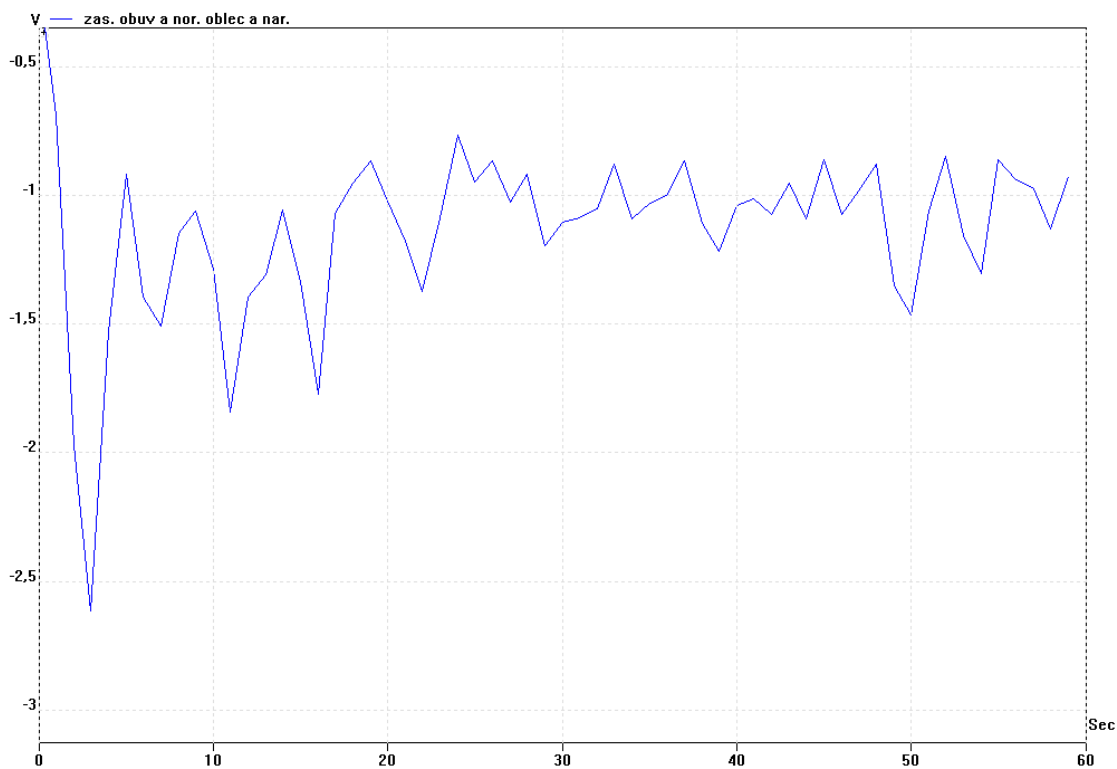
Aritmetický průměr: Tc= -97,4 V



## Příloha 4

## Měření elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahy v kombinaci s osobou

- Měření zásahové obuvi, oděvu pro každodenní nošení a náramku



Obr.30. Měření - kombinace 4

**Pět nejvyšších vrcholů:**

P1= -265 V

P2= -180 V

P3= -175 V

P4= -135 V

P5= -148 V

Aritmetický průměr: Pc= -180,6 V

**Pět nejnižších vrcholů:**

T1= -75 V

T2= -80 V

T3= -75 V

T4= -75 V

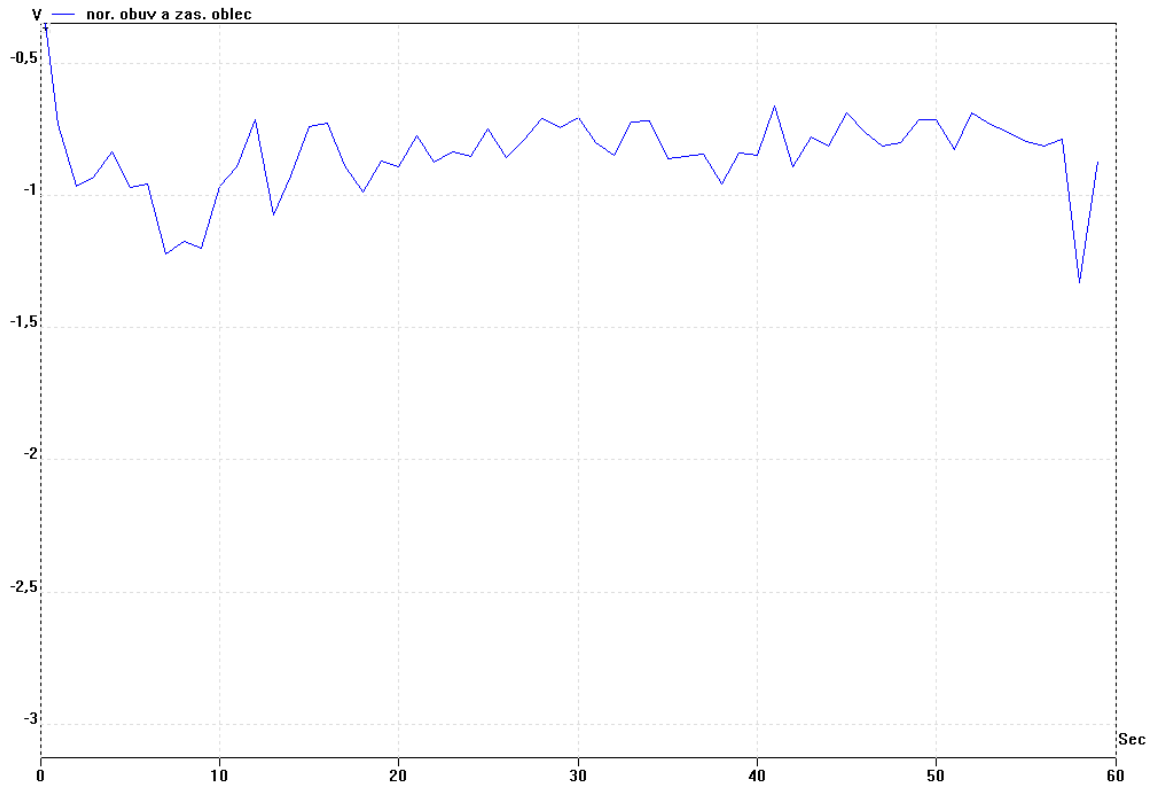
T5= -75 V

Aritmetický průměr: Tc= -76 V

## Příloha 5

## Měření elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahy v kombinaci s osobou

- Měření obuvi pro každodenní nošení, zásahového oděvu



Obr.31. Měření - kombinace 5

**Pět nejvyšších vrcholů:**

P1= -125 V

P2= -123 V

P3= -115 V

P4= -110 V

P5= -130 V

Aritmetický průměr: Pc= -120,6 V

**Pět nejnižších vrcholů:**

T1= -75 V

T2= -72 V

T3= -70 V

T4= -73 V

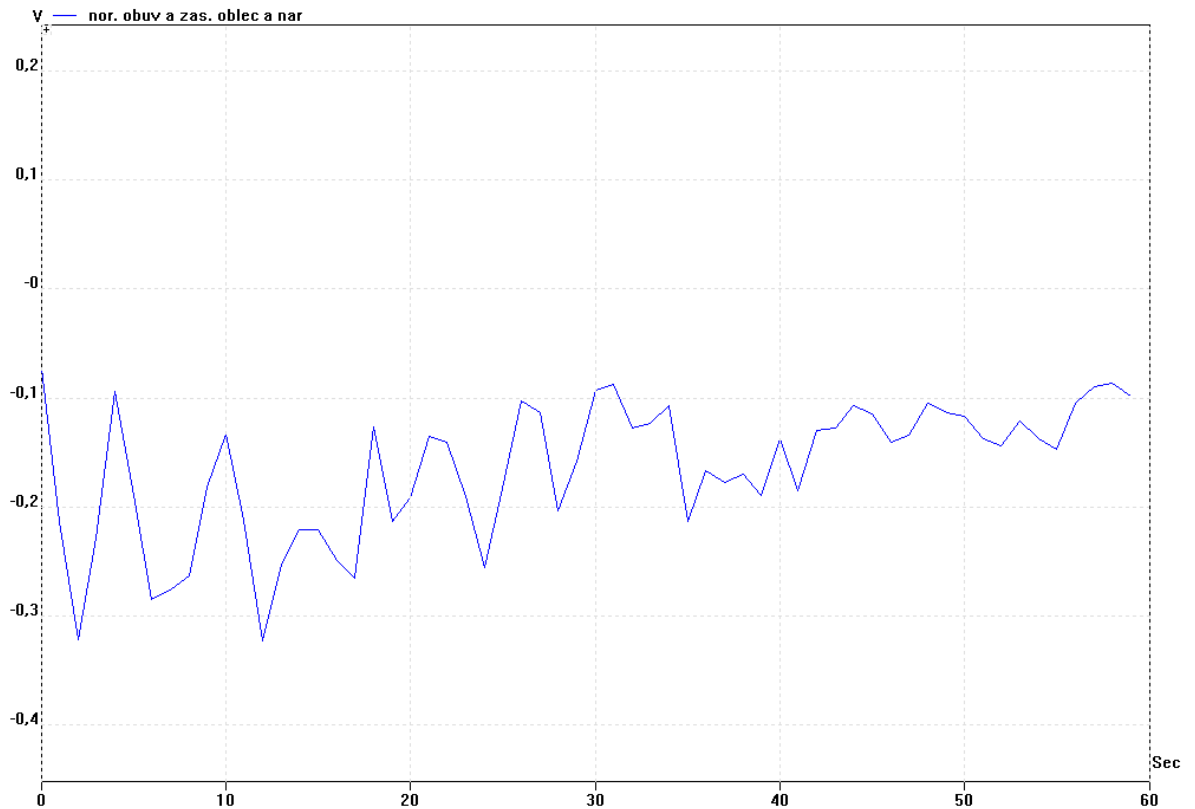
T5= -73 V

Aritmetický průměr: Tc= -72,6 V

## Příloha 6

## Měření elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahy v kombinaci s osobou

- Měření obuvi pro každodenní nošení, zásahového oděvu a náramku



Obr.32. Měření - kombinace 6

**Pět nejvyšších vrcholů:**

P1= -32 V

P2= -28 V

P3= -32 V

P4= -26 V

P5= -25 V

Aritmetický průměr: Pc= -28,6 V

**Pět nejnižších vrcholů:**

T1= -9,9 V

T2= -10 V

T3= -9,5 V

T4= -11,2 V

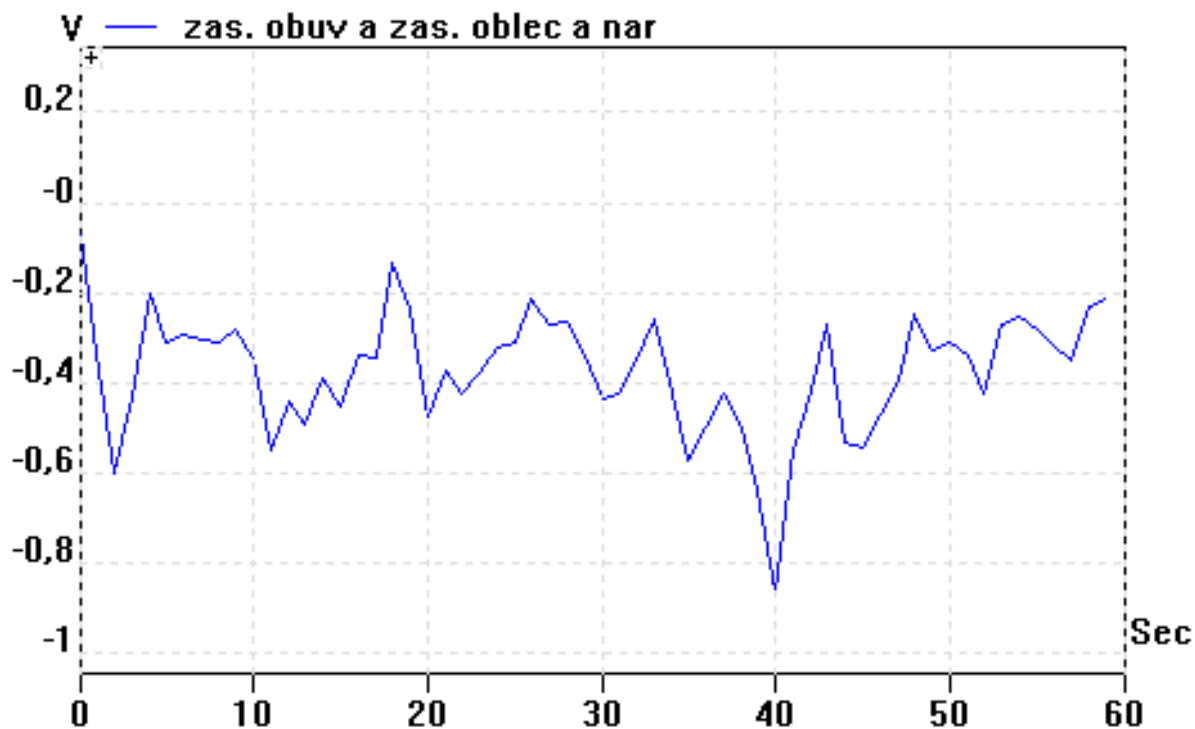
T5= -9 V

Aritmetický průměr: Tc= -9,92 V

## Příloha 7

## Měření elektrostatické ochrany mezi obuví a podlahy v kombinaci s osobou

- Měření se zásahovou obuví, zásahovým oděvem a náramkem



Obr.33. Měření - kombinace 8

**Pět nejvyšších vrcholů:**

P1= -60 V

P2= -55 V

P3= -57 V

P4= -85 V

P5= -54 V

Aritmetický průměr: Pc= -66,2 V

**Pět nejnižších vrcholů:**

T1= -20 V

T2= -12 V

T3= -21 V

T4= -25 V

T5= -23 V

Aritmetický průměr: Tc= -20,2 V